

ISSN 2226-910X
E-ISSN 2310-1202

**ВЕСТНИК ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Вестник ВГУИТ

Proceedings of VSEI

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

2022

№

1

16+

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

16+

**ВЕСТНИК
ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ВЕСТНИК ВГУИТ

2022, Том. 84, № 1

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В 1938 ГОДУ
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

**Воронеж
2022**

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

2022, Vol. 84, No. 1

SCIENTIFIC AND THEORETICAL JOURNAL

FOUNDED IN 1938
COMES 4 TIMES PER YEAR

**Voronezh
2022**

**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, почетный работник высшего профессионального образования РФ, профессор факультета биотехнологий, научный руководитель образовательной программы «Процессы и аппараты пищевых производств», Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО (г. Санкт-Петербург, Россия) ORCID- 0000-0002-2867-108X

АНТИПОВ СЕРГЕЙ ТИХОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, заслуженный изобретатель РФ, профессор кафедры 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, проректор по учебной работе, зав. кафедрой машин и аппаратов пищевых производств, 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, заведующий кафедры 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

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 Succuro Inc. (Ла-Меса, США) ORCID: 0000-0002-9377-3875

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

БРЕНЧ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ кандидат технических наук, доцент, декан инженерно-технологического факультета учреждения образования, Белорусский государственного 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)

ЙОРДАНОВ ДИНКО ГЕОРГИЕВ доктор наук, доцент кафедры мясные и рыбные технологии, Университет пищевых технологий (Пловдив, Болгария) ORCID: 0000-0002-9300-6588

КАЧАНОВА МИРОСЛАВА доктор наук, профессор кафедры плодородия, 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

МБАРГА МАНГА ДЖОЗЕФ АРСЕН магистр агрономии, научный сотрудник кафедры микробиологии и вирусологии, Российский университет дружбы народов (Москва, Россия) ORCID: 0000-0001-9626-9247

МИРОНЕСКУ МОНИКА доктор наук, доцент, факультет сельскохозяйственных наук, пищевой промышленности и охраны окружающей среды, Университет «Лучиан Блага» (Сибиу, Румыния) ORCID: 0000-0002-0515-475X

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 (Мумбай, 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, профессор кафедры 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 НУРБЕКОВНА 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 КСЕНОФОНТОВИЧ 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, профессор кафедры физики и химии, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0001-8409-024X

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, советник при ректорате по научно-методической деятельности, 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

СОВИК ЛЮДМИЛА ЕГОРОВНА доктор экономических наук, профессор, кафедра экономики и бизнеса, Полесский государственный университет (Пинск, Беларусь) ORCID: 0000-0002-427-9789

**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 09.03.2022. Подписано в печать 23.03.2022
Выход в свет: 31.03.2022
Формат 70×100 1/8.
Усл. печ. л. 54 Тираж 1500 экз. Заказ.
Цена – свободная.

© ФГБОУ ВО
«Воронеж. гос. ун-т инж.
технол.», 2022

**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, VASILII 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, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Professor of the Faculty of Biotechnology, Scientific Supervisor of the educational program "Processes and Apparatus for Food Production", St. Petersburg National Research University ITMO (St. Petersburg, Russia) ORCID- 0000-0002-2867-108X

ANTIPOV, SERGEY TIKHONOVICH Doctor of Technical Sciences, professor, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, honored inventor of the Russian Federation, Professor of the Department of Machines and Apparatuses of Food Production, 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, Professor, Vice-Rector for Academic Affairs. Head of the Department of Machines and Apparatuses of Food Production, 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, 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)

YORDANOV DINKO GEORGIEV PhD., Associate Professor, meat and fish technology, University of Food Technologies (Plovdiv, Bulgaria) ORCID: 0000-0002-9300-6588

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

MBARGA MANGA JOSEPH ARSENE master of Science in Agronomy, Researcher in the Department of Microbiology and Virology, People's Friendship University of Russia (Mocow, Russia) ORCID: 0000-0001-9626-9247

MIRONESCU MONICA PhD, Associate Professor, Faculty of Agricultural Sciences, Food Industry and Environmental Protection, Lucian Blaga University of Sibiu (Sibiu, Romania) ORCID: 0000-0002-0515-475X

OSPANOV, 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., Professor 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, professor of the Department of Physics and Chemistry, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin (Voronezh, Russia) ORCID: 0000-0001-8409-024X

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 Research and Innovation. 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)

SOVIK, LYUDMILA EGOROVNA Doctor of Economic Science, Professor, Department of Economics and Business, Polesky State University (Pinsk, Belarus) ORCID: 0000-0002-427-9789

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 09.03.2022. Signed to print 23.03.2022

The publication: 31.03.2022

Format 70×100 1/8.

Conditional Print l. 20 Circulation 1500 copies.

Price - Free.

© FSBEI HE
"Voronezh State University
of Engineering
Technologies ", 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

- Дранников А.В., Овсянников В.Ю., Ситников Н.Ю., Бубнов А.Р., Дубровин А.С.** Определение рациональных режимов работы прессгранулятора при производстве амидоминерального гранулированного свекловичного жома 17
- Бородулин Д.М.** Разработка математического обеспечения процесса регулирования температуры молока на выходе из секции охлаждения 24

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

- Родионова Н.С., Попов Е.С., Захарова Н.А., Захаров В.С., Выродов Д.М., Родионов А.Л.** Условия формирования устойчивых пробиотических эмульсий масла зародышей пшеницы 29
- Еременко В.Н., Ковтун Р.И.** Пищевые добавки и их влияние на организм студентов 35
- Rutaganira J., Glamazdin I.** Cattle Sarcocystis spp. infection Prevention and Control 40
- Устинова Ю.В., Шевченко Т.В., Попов А.М., Плотников К.Б., Ермолаева Е.О. Миллер Е.С.** Разработка рецептуры и качественных характеристик продуктов питания на основе злаков 43
- Хантургаева В.А., Хамаганова И.В.** Анализ и исследование состава белково-витаминного продукта из растительного сырья 49
- Кульнева Н.Г., Сурин П.Ю., Федорук В.А., Матвиенко Н.А.** Обоснование способа получения сахара при глубокой переработке свекловичной мелассы 58
- Ущапковский В.И., Гончарова А.А., Миневич И.Э.** Влияние переработки на белковый комплекс семян конопли 66
- Шишкина Д.И., Бордунова М.С., Звегинцева Е.Д., Клейн Е.Э., Соколов А.Ю.** Функциональные продукты из мяса: опыт внесения пищевых волокон в рубленые полуфабрикаты 73
- Патиева С.В., Патиева А.М., Рак Д.В., Зыкова А.В.** Сравнительная характеристика кур породы китайская шелковая и бройлеров 82
- Калашников Г.В., Литвинов Е.В.** Перспективы совершенствования технологий переработки яблочного сырья 86
- Кучменко Т.А., Абрамян М.К.** Изучение состава экстрактов пряных трав в процессе сушки 93
- Грибова Н.А.** Разработка желированного продукта на основе отработанного осмотического агента 99
- Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А., Тараторина О.С., Ткачева Е.Д.** Технологические параметры производства и рецептура низкокалорийного полуфабриката «Брауни» 105
- Бондарева О.В., Толкачева А.А., Некрасова Н.А., Шуваева Г.П., Черенков Д.А., Корнеева О.С.** Подбор оптимальных условий биосинтеза молочной кислоты 112
- Бабаева М.В., Жуковская С.В., Казарцев Д.А., Жиров В.М., Клейменова Н.Л., Попова Н.Н.** Инновационные безалкогольные напитки из натурального растительного сырья 118
- Тихий А.В., Баракова Н.В., Самоделькин Е.А.** Обоснование эффективности применения гидратированных порошков моркови и свеклы в технологии опары для бараночных изделий 125
- Короткова А.А., Храмова В.Н., Божкова С.Е., Картушина Ю.Н.** Оценка нутриентного профиля сырного продукта при реализации новых ресурсосберегающих технологических решений 131
- Чаплыгина О.С., Просеков А.Ю., Белова Д.Д.** Определение остаточного количества антибиотиков в продуктах животного происхождения 140
- Дерканосова А.А., Курчаева Е.Е., Востроилов А.В., Артемов Е.С., Фролова Л.Н., Звягин Р.Н.** Применение пробиотических препаратов в рациональном кормлении животных в промышленных условиях 149
- Балдынова Ф.П., Хамханова Д.Н.** Использование лечебной грязи при изготовлении ферментированной косметической маски 157
- Белокурова Е.В., Попов Е.С., Саргсян М.А.** Подбор микроэлементов для иммобилизации их коллоидных структур на природном носителе с целью обогащения основных пищевых продуктов 162
- Коротких Е.А., Новикова И.В., Покровский М.В., Автина Т.В., Коротких Н.В., Пимкин М.Ю.** Исследование возможности получения качественных вин из винограда Центрально-Чернозёмного региона 167
- Дзищоева З.Л., Сатцаева И.К., Катаев Д.В.** О целесообразности использования экстракта ячменного солода при создании современных напитков на основе спиртового брожения 174
- Ефремов Д.П., Жаркова И.М., Плотникова И.В., Иванчиков Д.В., Гизатова Н.В.** Томаты: основные направления использования в пищевой промышленности (обзор) 181
- Васюкова А.Т., Кусова И.У., Алексеев А.Е., Мошкин А.В., Любецкая Т.Р.** Влияние пищевых добавок на структуру теста 196

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- Плотникова Р.Н.** Непредельные фталаты из отходов производства как основа для синтеза пластификатора-антипирена 202
- Кузнецова И.В., Сугатов Д.С., Грызлова В.И.** Технология получения нанесенного катализатора на основе алюмосиликатной матрицы, модифицированного оксидом европия 208
- Мамай Д.С., Бабеньшев С.П., Мамай А.В., Иванец В.А., Хоха Д.С.** Методология решения проблемы очистки стоков молокоперерабатывающих предприятий 214
- Elgrafie A.A. Allah, A. Elhameed. M.O. Kasif, Yasir A. Mohamed, Ayat A. Elkhalig. H. Mahmoud** Simulation of ethylene oxide production from ethylene chlorhydrin 222
- Плотникова Р.Н.** Кинетические аспекты бромирования пластификатора фталатного типа 226
- Жуковский В.А., Хохлова В.А., Филипенко Т.С., Анущенко Т.Ю.** Придание волокнистым поликапроамидным материалам ионообменных свойств химически иницированной привитой сополимеризацией 232
- Бондарева Л.П., Гринь К.В.** Сравнение сорбентов для извлечения катионов никеля (II) из водных сред 238
- Ершова О.В., Муллина Э.Р., Бессонова Ю.А., Багреева К.В.** Исследование свойств синтетических и биоразлагаемых полимеров, с целью возможности их использования в пищевой отрасли 245
- Хузиахметова К.Р., Исламов А.М. Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К.** Особенности наполнения композиций ПВХ/АБС 252
- Папков В.Н., Юрьев А.Н., Скачков А.М., Роднянский Д.А., Щелушкина Н.И.** Разработка оптимальных условий получения бутадиен-нитрильных каучуков с повышенной морозостойкостью 259

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Болодурина М.П., Комарова Е.И.** Оптимизация управления финансовыми потоками группы компаний 265
- Кальченко О.А., Нурулин Ю.Р., Скворцова И.В.** Институциональное развитие экономики замкнутого цикла в России и Санкт-Петербурге 275
- Афанасьева Ю.С., Попова Н.Е.** «Умные» города России: риски и возможности 282
- Лапшина М.Л., Лукина О.О., Лапшин Д.Д.** Использование объектно-ориентированного моделирования при решении вопросов оптимального управления предприятием 288
- Болодурина И.П., Болодурина М.П., Абельгазина К.М.** Применение методов математической статистики для оценки инвестиционного потенциала региона 295
- Гурина М.А., Васильева С.И., Шурупова А.С.** Управление организационными изменениями предприятия на рынке домофонных систем: теоретические подходы, анализ потенциала и стратегия развития 305
- Джиббури Х.Б.В., Бутуату А., Хорев А.И., Ивлиев М.Н.** Вклад социального аудита в социальную эффективность компаний 324
- Джиббури Х.Б.В., Бутуату А., Хорев А.И., Ивлиев М.Н.** Влияние инноваций на экономический рост в странах БРИКС с использованием оценивания панельных данных 329
- Акбашева А.А., Дзахмишева И.Ш., Дзуганова М.А.** Прогнозирование уровня урожайности сельскохозяйственных культур в КабардиноБалкарской Республике 337
- Орловская Т.Н.** Исследование взаимосвязи индексов человеческого развития, качества городской среды, качества жизни и валового регионального продукта методом главной компоненты 344
- Шишелова С.А.** Совершенствование организационно-экономического механизма обеспечения комплексности застройки жилых территорий мегаполисов 351
- Егоров Г.Г., Дубовикова Е.Ю.** Проектное планирование в современном образовании 356
- Лутченко В.Г., Хорев А.И., Беляева Г.В., Адраховская Л.Л.** Методология оценки эффективности функционирования предприятия в интегрированной структуре 365
- Дзуганова М.А., Дзахмишева И.Ш.** Анализ инновационной активности сельского хозяйства в Кабардино-Балкарской Республике 372
- Мерзликина Г.С., Могхарбел Н.О.** Инновационная состоятельность: формирование понятия и критериев оценки 379
- Шагеев Д.А.** Поиск эталона измерений в модификациях МАИ первого поколения для методики выбора эффективных проектов и других областей науки 388
- Тимакова Р.Т., Ильюхина Ю.В.** Современные тенденции устойчивого развития «доступной среды» на железнодорожном транспорте 410
- Третьякова Л.А., Азарова Н.А., Пузаков Р.Н.** Формирование инновационного отраслевого развития 418

CONTENTS

PROCESSES AND APPARATUSES OF FOOD ENGINEERING

Drannikov A.V., Ovsyannikov V.Yu., Sitnikov N.Yu., Bubnov A.R., Dubrovin A.S. Determination of rational modes of operation of the press granulator in the production of amidomineral granulated beet pulp	17
Borodulin D.M. Mathematical Support to Control Milk Temperature at Cooling Outlets	24

FOOD BIOTECHNOLOGY

Rodionova N.S., Popov E.S., Zakharova N.A., Zakharov V.S., Vyrodov D.M., Rodionov A.L. Conditions for the formation of stable probiotic emulsions of wheat germ oil	29
Eremenko V.N., Kovtun R.I. Dietary supplements and their effect on the body of students	35
Rutaganira J., Glamazdin I. Cattle Sarcocystis spp.infection Prevention and Control	40
Ustinova Yu.V., Shevchenko T.V., Popov A.M., Plotnikov K.B., Ermolaeva E.O., Miller E.S. Development of recipes and qualitative characteristics of cereals-based food products	43
Khanturgaeva V.A., Hamaganova I.V. The analysis and research of the composition a protein-vitamins product from plant materials.	49
Kulneva N.G., Surin P.Yu., Fedoruk V.A., Matvienko N.A. Substantiation of a method for producing sugar during deep processing of beet molasses	58
Uschapovsky V.I., Goncharova A.A., Minevich I.E. The impact of processing on hemp seeds protein complex	66
Shishkina D.I., Bordunova M.S., Zvegintseva E.D., Klein E.E., Sokolov A.Yu. Functional meat products: experience of introducing dietary fiber into chopped semi-finished products	73
Patieva S.V., Patieva A.M., Rak D.V., Zykova A.V. Comparative characteristics of Chinese silk breed chickens and broilers	82
Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Prospects of improving technologies for apple raw materials processing	86
Kuchmenko T.A., Abramyan M.K. The study of herbs extracts composition in the drying process	93
Gribova N.A. Development of jelly based on a spent osmotic agent	99
Kovaleva A.E., Pyanikova E.A., Taratorina O.S., Tkacheva E.D. Technological parameters of production and formulation of low-calorie semifinished product "Brownie"	105
Bondareva O.V., Tolkacheva A.A., Nekrasova N.A., Shuvaeva G.P., Cherenkov D.A., Korneeva O.S. Selection of optimal conditions for the lactic acid biosynthesis	112
Babaeva M.V., Zhukovskaya S.V., Kazartsev D.A., Zhirov V.M., Kleymenova N.L., Popova N.N. Innovative soft beverages made from natural vegetable raw materials	118
Tikhiy A.V., Barakova N.V., Samodelkin E.A. The effectiveness of using hydrated carrot and beet powders in the production of round cracknels sourdough	125
Korotkova A.A., Khranova V.N., Bozhkova S.E., Kartushina Yu.N. An assessment of the cheese product's nutrient profile in implementation the new resource-saving technological solutions	131
Chaplygina O.S., Prosekov A.Yu., Belova D.D. Определение остаточного количества антибиотиков в продуктах животного происхождения	140
Derkanosova A.A., Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Artemov E.S., Frolova L.N., Zvyagin R.N. The use of probiotic preparations in the rational feeding of animals in industrial conditions	149
Baldynova F.P., Khamkhanova D.N. Use of healing mud when making a fermented cosmetic mask	157
Belokurova E.V., Popov E.S., Sargsyan M.A. Choosing microelements for the immobilization of their colloidal frames on a natural carrier in order to enrich the main food products	162
Korotkikh E.A., Novikova I.V., Pokrovskiy M.V., Avtina T.V., Korotkikh N.V., Pimkin M.Yu. Study of the possibility of obtaining quality wines from grapes of the Central Black Earth Region	167
Dzizzoeva Z.L., Sattsaeva I.K., Kataev D.V. About the performance of using the extract of barley malt in the creation of modern drinks based on alcohol fermentation	174
Efremov D.P., Zharkova I.M., Plotnikova I.V., Ivanchikov D.V., Gizatova N.V. Tomatoes: main uses in the food industry (review)	181
Vasyukova A.T., Kusova I.U., Alekseev A.E., Moshkin A.V., Lyubetskaya T.R. Effect of food additives on the structure of the dough	196

CHEMICAL TECHNOLOGY

Plotnikova R.N. Disadvantageous phthalates from production waste as the basis for the synthesis of plasticizer-antipyrin	202
Kuznetsova I.V., Sugatov D.S., Gryzlova V.I. Technology for obtaining a deposited catalyst based on an aluminosilicate matrix modified with europium oxide	208
Mamai D.S., Babenyshev S.P., Mamai A.V., Ivanets.V.A., Khokha D.S. Methodology for solving the problem of wastewater treatment of dairy processing enterprises	214
Elrafie A.A. Allah, A. Elhameed. M.O. Kasif, Yasir A. Mohamed, Ayat A. Elkhalig. H. Mahmoud Simulation of ethylene oxide production from ethylene chlorhydrin	222
Plotnikova R.N. Kinetic aspects of bromination of a phthalate-type plasticizer	226
Zhukovskiy V.A., Khokhlova V.A., Filipenko T.S., Anuschenko T.U. Imparting ion-exchange properties to fibrous polycapromamide materials by chemically initiated graft copolymerization	232
Bondareva L.P., Grin K.V. Comparison of sorbents for extraction of nickel (II) cations from aqueous media	238
Ershova O.V., Mullina E.R., Bessonova Ju.A., Bagreeva K.V. Investigation of the properties of synthetic and biodegradable polymers, with a view to the possibility of their use in the food industry	245
Khuziakhmetova K.R., Islamov A.M., Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K. Features of PVC/ABS compositions filling	252
Papkov V.N., Yuriev A.N., Skachkov A.M., Rodnyansky D.A., Schelushkina N.I. The development of optimal conditions for the synthesis of the nitrile-butadiene rubbers with enhanced frost resistance	259

ECONOMICS AND MANAGEMENT

Bolodurina M.P., Komarova E.I. Optimization of management of financial flows of a group of companies	265
Kalchenko O.A., Nurulin Yu.R., Skvortsova I.V. Institutional development of circular economy in Russia and St. Petersburg	275
Afanaseva Yu.S., Popova N.E. Russian's Smart Cities : Risks and Opportunities	282
Lapshina M.L., Lukina O.O., Lapshin D.D. Use of object-oriented simulation in solving issues of optimal enterprise management	288
Bolodurina I.P., Bolodurina M.P., Abulgazina K.M. Application of mathematical statistics methods to assess the investment potential of the region	295
Gurina M.A., Vasileva S.I., Shurupova A.S. Management of organizational changes in the enterprise in the market of intercom systems: theoretical approaches, analysis of potential and development strategy	305
Djebbouri Kh.B.V., Boutouatou A., Khorev A.I., Ivliyev M.N. The contribution of social audit to the social performance of companies	324
Djebbouri H.B.V., Boutouatou A., Khorev A.I., Ivliyev M.N. The effect of innovation on economic growth in the BRICS countries using Panel Data estimation	329
Akbasheva A.A., Dzakhmisheva I.Sh., Dzuganova M.A. Forecasting the level of crop yields in the Kabardino-Balkarian Republic	344
Orlovskaya T.N. Research interconnection of indices of human development, quality of the urban environment, quality of life and gross regional product by the method of the main component	344
Shishelova S.A. Improvement of the organizational and economic mechanism for ensuring the complexity of the development of residential areas of megacities	351
Egorov G.G., Dubovikova E.Yu. Project planning in modern education	356
Lutchenko V.G., Khorev A.I., Beliaeva G.V., Adrakhovskaya L.L. Methodology for assessing the effectiveness of the functioning of an enterprise in an integrated structure.	365
Dzuganova M.A., Dzakhmisheva I.S. Analysis of innovative activity of agriculture in the Kabardino-Balkarian republic	372
Merzlikina G.S., Mogharbel N.O. Innovative viability: formation of the concept and evaluation criteria	379
Shageev D.A. Search for a measurement standard in the modifications of the first generation AHP for the method of effective projects selection and other fields of science	388
Timakova R.T., Iliukhina Iu.V. Current trends in the sustainable development of an "accessible environment" in railway transport	410
Tretyakova L.A., Azarova N.A., Puzakov R.N. Formation of innovative industry development	418






Процессы и аппараты пищевых производств**Processes and devices for food production**DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-1-17-23>

Оригинальная статья/Research article

УДК 62-932.2

Open Access






Available online at vestnik-vsuet.ru**Определение рациональных режимов работы пресс-гранулятора при производстве амидоминерального гранулированного свекловичного жома**

Алексей В. Дранников	¹	drannikov@list.ru	 0000-0002-3060-8688
Виталий Ю. Овсянников	¹	ows2003@mail.ru	 0000-0001-9388-6303
Николай Ю. Ситников	²	sit-work@yandex.ru	 0000-0002-3690-6336
Алексей Р. Бубнов	¹	alex.bunov.97@mail.ru	 0000-0001-6532-5509
Александр С. Дубровин	¹	kenjirun@mail.ru	 0000-0003-0167-7235

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия² ООО "РУСМИТ", 396350, Воронежская область, Каширский р-он, Каширское село, ул. Мира, д.20, офис 1

Аннотация. Амидоминеральный гранулированный свекловичный жом является продуктом, который может использоваться в виде комбикорма для кормления КРС, так и как комбикормовая добавка в производстве комбикормов. Амидоминеральный гранулированный свекловичный жом по сравнению со свежим и сухим жомом, более богат и насыщен различными добавками которые положительно повлияют на аппетит и привес животных. Амидоминеральный свекловичный жом, с целью улучшения транспортировки и хранения имеет смысл в гранулировании. Таким образом для изучения взаимодействия различных факторов, влияющих на процесс гранулирования амидоминерального свекловичного жома, применяют математические методы планирования эксперимента. Математическое описание данного процесса может быть получено эмпирически. При этом его математическая модель имеет вид уравнения регрессии, найденного статистическими методами на основе экспериментов. В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие процесс гранулирования амидоминерального свекловичного жома в пресс-грануляторе Б6-ДВГ. В результате проведенных исследований предложена модернизация данного оборудования.

Ключевые слова: гранулирование, статическая модель, амидоминеральный жом, рациональные параметры, модернизация**Determination of rational modes of operation of the press granulator in the production of amidomineral granulated beet pulp**

Alexey V. Drannikov	¹	drannikov@list.ru	 0000-0002-3060-8688
Vitaly Yu. Ovsyannikov	¹	ows2003@mail.ru	 0000-0001-9388-6303
Nikolay Yu. Sitnikov	²	sit-work@yandex.ru	 0000-0002-3690-6336
Alexey R. Bubnov	¹	alex.bunov.97@mail.ru	 0000-0001-6532-5509
Alexander S. Dubrovin	¹	kenjirun@mail.ru	 0000-0003-0167-7235

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia² LLC "RUSMIT", 396350, Voronezh region, Kashirsky district, Kashirskoe village, st. Mira, 20, office 1

Abstract. Amidomineral granulated beet pulp is a product that can be used as a compound feed for feeding cattle, and as a feed additive in the production of compound feeds. Amidomineral granulated beet pulp, compared with fresh and dry pulp, is richer and saturated with various additives that will positively affect the appetite and weight gain of animals. Amidomineral beet pulp, in order to improve transportation and storage, makes sense in granulation. Thus, mathematical methods of experiment planning are used to study the interaction of various factors affecting the process of granulation of amidomineral beet pulp. A mathematical description of this process can be obtained empirically. At the same time, his mathematical model has the form of a regression equation found by statistical methods based on experiments. As a result of statistical processing of experimental data, regression equations were obtained that adequately describe the process of granulation of amidomineral beet pulp in the B6-DVG granulator. As a result of the conducted research, the modernization of this equipment is proposed.

Keywords: granulation, static model, amidomineral pulp, rational parameters, modernization**Введение**

Получение амидоминерального гранулированного свекловичного жома поможет решить ряд задач развития сельского хозяйства и защиты экологии окружающей среды.

Для цитирования

Дранников А.В., Овсянников В.Ю., Ситников Н.Ю., Бубнов А.Р., Дубровин А.С. Определение рациональных режимов работы пресс-гранулятора при производстве амидоминерального гранулированного свекловичного жома // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 17–23. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-17-23

В состав амидоминерального гранулированного свекловичного жома входит, свекловичный жом, меласса, карбамиды и соли микроэлементов.

For citation

Drannikov A.V., Ovsyannikov V.Yu., Sitnikov N.Yu., Bubnov A.R., Dubrovin A.S. Determination of rational modes of operation of the press granulator in the production of amidomineral granulated beet pulp. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 17–23. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-17-23

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

По своему химическому составу – сухой свекловичный жом это: около 45% целлюлозы, и около 50% веществ на основе пектина. Содержание протеина – около 2%, сахаров – до 0,7%. Влажность не превышает 14%. прочая доля приводится на зольные и минеральные элементы, а также органические кислоты и витаминopodobные соединения.

Основным применением представляется – использование его в кормовых целях выкармливания КРС и остальных животных. По уровню питательности, он сопоставим с силосом кукурузы. Между тем, кормление сухим свекловичным жомом особенно уместно в сочетании с пробиотиками. Это необходимо ввиду того, что в нем содержится большое процентное наличие клетчатки.

При процедуре гранулирования к сухому свекловичному жому может быть добавлена меласса и другие добавки. Эта позволяет значительно улучшить кормовую питательность продукта.

Материалы и методы

Для исследования взаимодействия различных факторов, влияющих на процесс гранулирования амидоминаерального свекловичного жома, применяются математические методы планирования эксперимента. Математическое описание данного процесса может быть получено эмпирически. При этом его математическая модель имеет вид уравнения регрессии, найденного статистическими методами на основе экспериментов.

Математическая модель изучаемого процесса представлена в виде полинома второй степени:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i X_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j}^n b_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

где b_0 – свободный член уравнения, равный средней величине отклика при условии, что рассматриваемые факторы находятся на средних, «нулевых», уровнях; X – масштабированные значения факторов, которые определяют функцию отклика и поддаются варьированию; b_{ij} – коэффициенты двухфакторных взаимодействий, показывающие, насколько изменяется степень влияния одного фактора при изменении величины другого; b_{ii} – коэффициенты квадратичных эффектов, определяющие нелинейность выходного параметра от рассматриваемых факторов; i, j – индексы факторов; n – число факторов в матрице планирования.

Выбираем следующие основные факторы, влияющие на процесс гранулирования амидоминаерального свекловичного жома:

- x_1 – зазор между вальцом и матрицей, м;
- x_2 – расход пара в пресс-гранулятор, кг/т;
- x_3 – количество поданного продукта, т/ч;
- x_4 – количество введенной мелассы, %

Все эти факторы не коррелируемы между собой. Пределы изменения исследуемых факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Пределы изменения входных факторов

Table 1.

Limits of change in input factors

Условия планирования Planning conditions	Кодированное значение Coded value	Значения факторов в точках плана Values of factors in the points of the plan			
		X_1	X_2	X_3	X_4
		δ , м,	F , кг/т	Q , т/ч	γ , %
Основной уровень | Basic level	0	403	1,15	20	2
Интервал варьирования | Variation interval	Δ	15	0,175	15	0,5
Верхний уровень | Top level	+1	418	1,325	27,5	2,5
Нижний уровень | Lower level	-1	388	0,975	7,5	1,5
Верхняя «звездная» точка | Top "star" point	+2	433	1,5	35	3
Нижняя «звездная» точка | Lower "star" point	-2	373	0,8	5	1

Результаты и обсуждение

Выбор интервалов изменения входных факторов обусловлен технологическими условиями процесса гранулирования амидоминаерального свекловичного жома, а также технико-экономическими показателями процесса [3].

Критериями оценки влияния входных факторов на процесс гранулирования амидоминаерального свекловичного жома являются: y_1 – удельные энергозатраты процесса гранулирования,

отнесенные на 1 т, (кВт×ч) / т; y_2 – крошимость гранул, %.

Выбор критериев оценки y обусловлен их наибольшей значимостью для процесса гранулирования амидоминаерального жома. Так, y_1 определяет энергоёмкость процесса и является важным показателем в оценке его энергетической эффективности, y_2 определяет крошимость гранул процесса гранулирования. Программа исследования была заложена в матрицу планирования эксперимента.

Для исследования применяем центральное композиционное ротатбельное униформпланирование и полный факторный эксперимент ПФЭ 2⁴. Число опытов в матрице планирования для четырех входных параметров равно 32. Порядок опытов рандомизировали посредством таблицы случайных чисел, что исключает влияние неконтролируемых параметров на результаты эксперимента. При их обработке применяем следующие статистические критерии: Кохрена, Стьюдента, Фишера [4]. В результате получаем нелинейные уравнения регрессии, описывающие данный процесс:

$$Y_1 = 105,2 + 0,95X_1 - 1,8558X_2 - 0,6775X_3 - 1,9875X_4 - 0,06667X_1^2 + 0,08333X_2^2 - 0,1041X_3^2 - 0,06667X_4^2 \quad (2)$$

$$Y_2 = 22,2 + 0,4612X_1 - 0,63X_2 - 0,3445X_3 + 1,3804X_4 + 0,02062X_1X_3 + 0,02062X_1X_4 - 0,0826X_1^2 + 0,0298X_2^2 - 0,0576X_3^2 + 0,0298X_4^2 \quad (3)$$

Анализ уравнений регрессии (2) и (3) позволяет выделить факторы, влияющие на рассматриваемый процесс. На критерии оценки наибольшее влияние оказывает количество введенной мелассы, наименьшее – количество

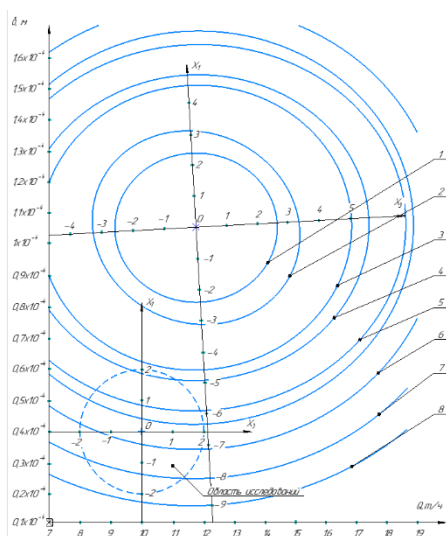


Рисунок 1. Кривые равных значений удельных энергозатрат от зазора между вальцом и матрицей δ, м и количеством поданного продукта в пресс-гранулятор, Q, т/ч: 1–100; 2–101,25; 3–102,5; 4–103,75; 5–105; 6–106,25; 7–107,5; 8–108,7; 9–110

Figure 1. Curves of equal values of specific energy consumption from the gap between the roller and the matrix δ, m and the quantity of the product fed into the press granulator, Q, t/h: 1–100; 2–101,25; 3–102,5; 4–103,75; 5–105; 6–106,25; 7–107,5; 8–108,75; 9–110

поданного продукта. Причем знак «плюс» перед коэффициентом при линейных членах указывает на то, что при увеличении входного параметра значение выходного параметра увеличивается.

Степень влияния параметров относительно друг друга в уравнении:

$$b_1 : b_2 = 0,51; b_1 : b_3 = 1,4; b_1 : b_4 = 0,47; b_3 : b_2 = 0,36; b_3 : b_4 = 0,34; b_2 : b_4 = 0,93. \quad (4)$$

Степень влияния параметров относительно друг друга в уравнении

$$b_1 : b_2 = 0,73; b_1 : b_3 = 1,338; b_1 : b_4 = 0,33; b_3 : b_2 = 0,55; b_3 : b_4 = 0,249; b_2 : b_4 = 0,45 \quad (5)$$

Полученные уравнения нелинейные.

В результате выполнения тридцати двух опытов получена информация о влиянии факторов и построена математическая модель процесса, позволяющая рассчитать удельные энергозатраты и крошимость гранул внутри выбранных интервалов варьирования входных факторов.

На рисунках 1–4. показаны кривые равных значений выходных параметров, которые несут смысл номограмм и представляют практический интерес.

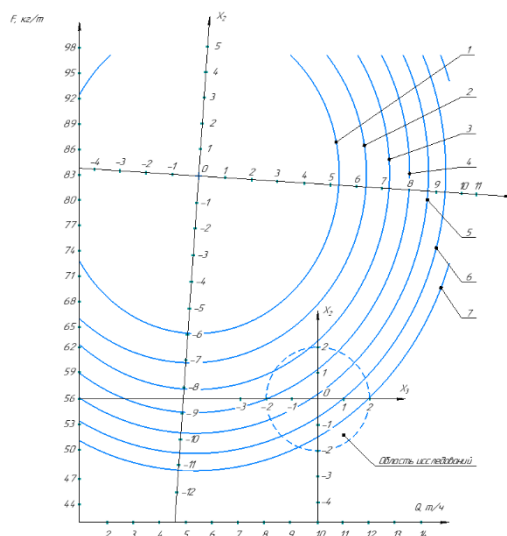


Рисунок 2. Кривые равных значений удельных энергозатрат от расхода пара F, кг/т и количеством поданного продукта в пресс-гранулятор, Q, т/ч: 1–100; 2–101,25; 3–102,5; 4–103,75; 5–105; 6–106,25; 7–107,5; 8–108,75; 9–110

Figure 2. Curves of equal values of specific energy consumption from steam consumption F, kg/t and the amount of product fed into the press granulator Q, t/h: 1–100; 2–101,25; 3–102,5; 4–103,75; 5–105; 6–106,25; 7–107,5; 8–108,75; 9–110

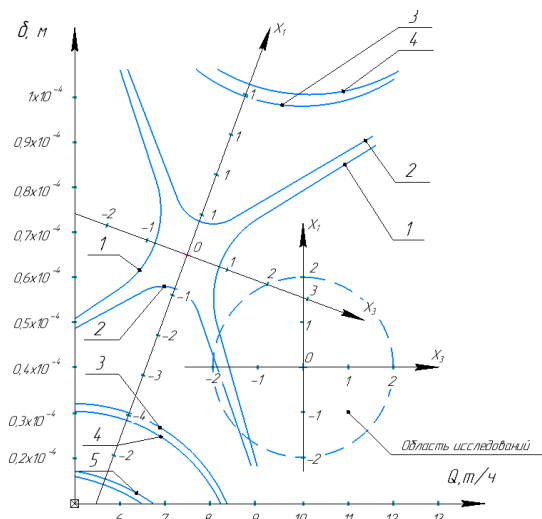


Рисунок 3. Кривые равных значений крошимости от зазора между вальцом и матрицей δ, m и количеством поданного продукта в пресс-гранулятор, $Q, t/h$: 1–19,5; 2–20,25; 3–21; 4–21,75; 5–22,5; 6–23,25; 7–24; 8–24,75; 9–25,5

Figure 3. Curves of equal values of crumbling from the gap between the roller and the matrix δ, m and the amount of product fed into the press granulator, $Q, t/h$: 1–19,5; 2–20,25; 3–21; 4–21,75; 5–22,5; 6–23,25; 7–24; 8–24,75; 9–25,5

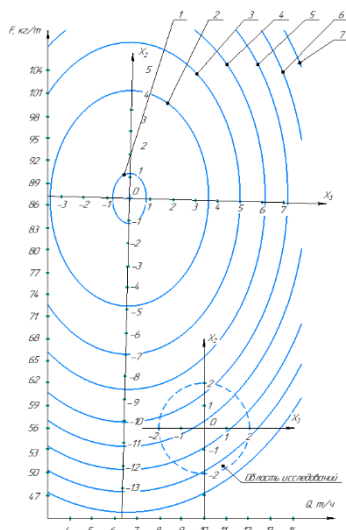


Рисунок 4. Кривые равных значений крошимости от расхода пара $F, kg/t$ и количеством поданного продукта в пресс-гранулятор, $Q, t/h$: 1–19,5; 2–20,25; 3–21; 4–21,75; 5–22,5; 6–23,25; 7–24; 8–24,75; 9–25,5

Figure 4. Curves of equal values of crumbling from steam consumption $F, kg/t$ and the amount of product fed into the press granulator, $Q, t/h$: 1–19,5; 2–20,25; 3–21; 4–21,75; 5–22,5; 6–23,25; 7–24; 8–24,75; 9–25,5

Задача оптимизации сформулирована следующим образом: найти такие режимы работы пресс-гранулятора, которые бы в широком диапазоне изменения входных параметров

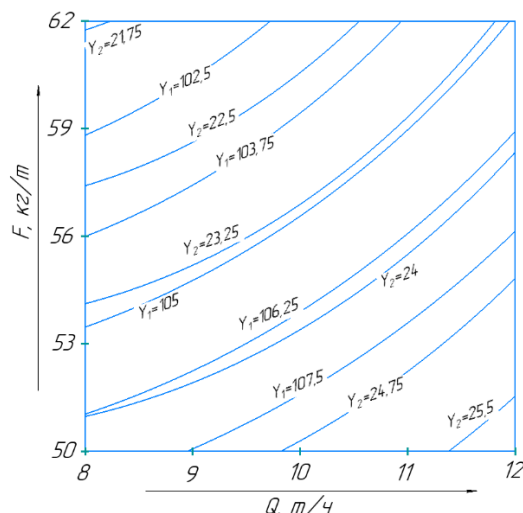


Рисунок 5. Номограмма для определения удельных энергозатрат y_1 и крошимости y_2 в зависимости от расхода пара и количества поданного продукта в пресс-гранулятор

Figure 5. Nomogram for determining specific energy consumption y_1 and crumbling y_2 depending on the steam consumption and the amount of product fed into the press granulator

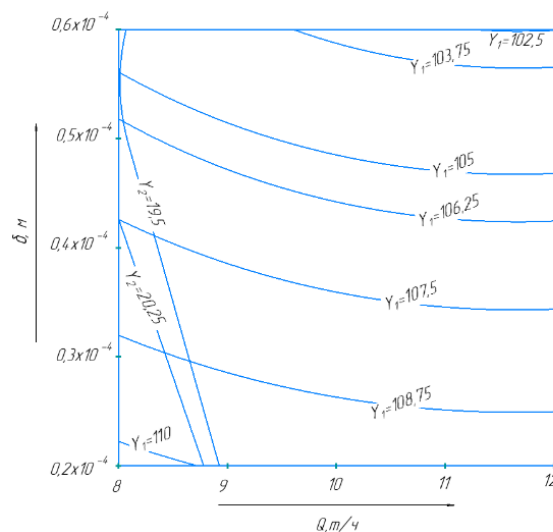


Рисунок 6. Номограмма для определения удельных энергозатрат y_1 и крошимости y_2 в зависимости от зазора между вальцом и матрицей и количества поданного продукта в пресс-гранулятор

Figure 6. Nomogram for determining specific energy consumption y_1 and crumbling y_2 depending on the gap between the rollers and the matrix and the amount of product fed into the press granulator

процесса гранулирования. На рисунках 1–4 представлены зависимости удельных энергозатрат и крошимости от входных параметров. удельных энергозатрат и максимум.

Общая математическая постановка задачи оптимизации представлена в виде следующей модели:

$$\begin{aligned}
 q &= q(Y_1, Y_2) \xrightarrow{x \in D} \text{opt}; \\
 D: Y_1(X_1, X_2, X_3, X_4) &\xrightarrow{x \in D} \text{min} \\
 Y_2(X_1, X_2, X_3, X_4) &\xrightarrow{x \in D} \text{max}; \\
 Y_i &\geq 0, i = \overline{1, 2}; X_j \in [-2; 2], j = \overline{1, 4}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Согласно критерию оптимизации для принятия окончательного решения по выбору оптимальных режимов исследуемого процесса была решена компромиссная задача (таблица 2).

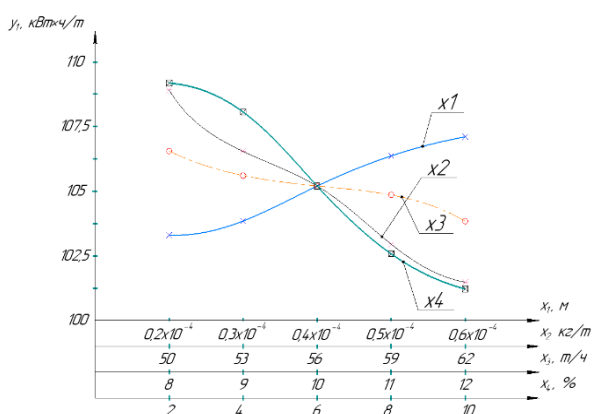


Рисунок 7. Зависимость удельных энергозатрат от входных параметров.

Figure 7. The dependence of the specific energy consumption on the input parameters.

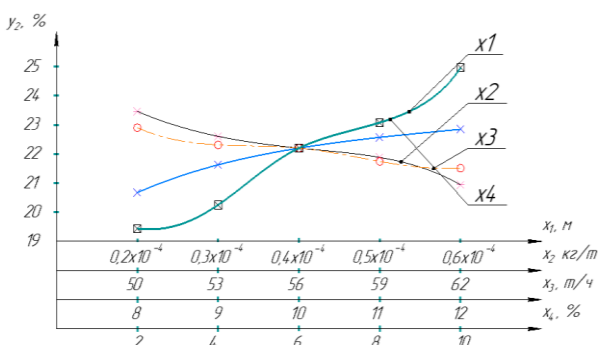


Рисунок 8. Зависимость влагонапряжения сушильного барабана от входных параметров.

Figure 8. The dependence of the moisture voltage of the drying drum on the input parameters.

Таблица 2.

Оптимальные интервалы параметров

Table 2.

Optimal parameter intervals

Y_i	x_1, M		$x_2, \text{кг/т}$		$x_3, \text{т/ч}$		$x_4, \%$	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Y_1	$0,2 \cdot 10^{-4}$	$0,4 \cdot 10^{-4}$	56	62	11	12	2	6
Y_2	$0,2 \cdot 10^{-4}$	$0,4 \cdot 10^{-4}$	59	62	10	12	6	10

В результате были получены рациональные интервалы изменения параметров:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= (0, 2 \dots 0, 4) \cdot 10^{-4} \text{ м} \\
 x_2 &= 56 \dots 62 \text{ кг / м} \\
 x_3 &= 10 \dots 12 \text{ м / ч} \\
 x_4 &= 2 \dots 10 \text{ \%}
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Для проверки правильности результатов был поставлен ряд параллельных экспериментов. Полученные результаты попадали в рассчитанные доверительные интервалы по всем критериям качества. При этом среднеквадратичная ошибка не превышала 5,4%.

Для интенсификации процесса гранулирования и повышения качества готового материала, предложена конструкция пресс-гранулятора с возможностью подачи пара непосредственно к месту контакта материала и прессующего ролика, а также возможностью регулирования силы прижатия прессующих роликов к материалу.

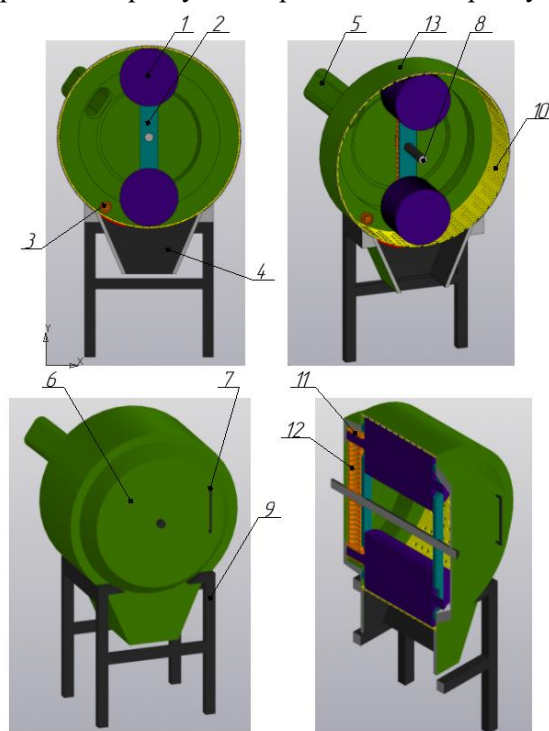


Рисунок 9. Конструкция пресс-гранулятора с подводом пара и устройством регулирования силы прижатия ролика к материалу: 1-ролик; 2-направляющая роликов; 3-форсунка для ввода пара; 4-разгрузочный патрубок; 5-загрузочное устройство; 6 – дверца; 7-ручка; 8-вал; 9-стойка; 10 – перфорированный барабан; 11-прижимная площадка; 12-пружина

Figure 9. The design of a press granulator with steam supply and a device for regulating the force of pressing the roller to the material: 1-roller; 2-roller guide; 3-steam nozzle; 4-discharge nozzle; 5-loader; 6-door; 7-handle; 8-shaft; 9-post; 10-perforated drum; 11-pressure platform; 12-spring.

Пресс-гранулятор работает следующим образом.

Материал подаётся в загрузочное устройство 5 и попадает в рабочую зону гранулятора, которая состоит из корпуса 13 и перфорированного барабана 10.

При попадании продукта на поверхность барабана, он форсунками для ввода пара размягчается, и роликами 1 продавливается через отверстия барабана, после чего по разгрузочному патрубку 4 выводится из пресс-гранулятора.

Рабочим органом пресс-гранулятора являются ролики, которые установлены на валу 8, и приводятся в вращение под действием привода.

Для очистки и промывки пресс-гранулятора имеется дверца 6, а для установки имеется стойка 9.

Пресс-гранулятор отличается тем, что:

1) имеет направляющие 2 по которым с помощью пружин 12 определяется усилие на материал роликами, так что пружина сжимается при большой загрузке материала, позволяя ролику прокатом сначала выровнять слой продукта, а далее выдавить его через отверстия в барабане. Пружины зафиксированы на прижимных площадках 11.

2) В корпус барабана вмонтирована форсунка пара, которая впрыскивает пар непосредственно в слой продукта перед воздействием ролика на продукт.

Заключение

Предложенная модель пресс-гранулятора позволит улучшить качество продукта и снизить энергозатраты при производстве гранул.

Литература

- 1 Дранников А.В., Квасов А.В., Бубнов А.Р., Костина Д.К. К вопросу разработки технологии амидоминерального гранулированного свекловичного жома // Инженерия техники будущего пищевых технологий: материалы Международной научно-технической конференции. Воронеж: ВГУИТ, 2018. С. 277–279.
- 2 Пат. № 2674609, RU, А26К 10/30, А23К 10/37. Способ производства амидоминерального гранулированного свекловичного жома и линия для его осуществления / Дранников А.В., Шевцов А.А., Квасов А.В., Бубнов А.Р., Костина Д.К. № 2017146690; Заявл. 28.12.2017; Опубл. 11.12.2018, Бюл. № 35.
- 3 Ковриков И.Т., Кириленко А.С. Повышение производительности пресс-грануляторов путем ограничения рабочего пространства дополнительными контактными поверхностями // Известия вузов пищевая технология. 2011. № 5–6.
- 4 Ладьгин Е.Л. Оптимизация конструктивных и технологических параметров одноматричного шестеренного пресса // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 4(08). С. 151–160.
- 5 Макаренко Д.А., Назаров В.И. Исследование процессов гранулирования комплексных удобрений с учетом физико-химических и реологических свойств компонентов // Вестник МГОУ. Серия «Ес – 126 тестовые науки». 2012. № 2. С. 49–54.
- 6 Скидело В.В. Технологический процесс гранулирования комбикорма шестеренным гранулятором с горизонтальными равновеликими колёсами матрицами // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 3. С. 68.
- 7 Мюллер О.Д., Мелехов В.И., Любов В.К., Тюрикова Т.В. Математическая модель процесса формирования древесных гранул // Лесной журнал. 2015. № 2. С. 104–122.
- 8 Алексеев Г.В., Гончаров М.В., Леу А.Г., Кривоустов В.В. Численные подходы к моделированию процесса жснандирования // Вестник ВГУИТ. 2017. № 79(2), С. 53–60. doi: 10.20914/2310-1202-2017-2-53-60
- 9 Новоселов А.Г., Гуляева Ю.Н., Дужий А.Б., Сивенков А.В. Разработка и проектирование ферментационного оборудования для аэробного культивирования одноклеточных микроорганизмов. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. 91 с.
- 10 Скидело В.В., Шербина В.И. Компактный гранулятор для крестьянских фермерских хозяйств // Сельский механизатор. 2011. №. 12.
- 11 Алексеев С.В., Усков Г.Е., Гончаров С.В. Влияние комбикормов с БВМК на молочную продуктивность коров // Аграрный вестник Урала. 2010. № 5 (71). С. 74–74.
- 12 Афанасьев В.А., Киселев А.А. Разработка технологии влажного прессования углеводно-витаминно-минеральных добавок с повышением содержания мелассы // Вестник ВГУИТ. 2015. № 1 (63). С. 70–73.
- 13 Афанасьев В.А., Денисов О.В., Киселев А.А. Проектирование, конструирование и разработка современного оборудования для комбикормовых предприятий // Инновационное развитие техники пищевых технологий: материалы Международной научнотехнической конференции. Воронеж, 2015. С. 220–224.
- 14 Guofeng W., Yuanjuan G., Dezhi R., Zhao J. et al. Research on dust control of mobile straw granulator // Computers and Electronics in Agriculture. 2021. V. 189. P. 106375. doi: 10.1016/j.compag.2021.106375
- 15 Ветюгов А.В., Богородский А.В., Безлепкин В.А., Романов В.П. и др. Расчет основных параметров процесса гранулирования в новой установке для получения гранул // Огнеупоры и техническая керамика. 2012. № 10. С. 32–38.
- 16 Киселев А.А., Аникин А.А., Чернухин Ю.В. Математическая модель течения расплава в канале гранулятора // Вестник ВГУИТ. 2016. № 1 (67). С. 11–15.
- 17 Ковриков И.Т., Кириленко А.С. Повышение производительности прессгрануляторов путем ограничения рабочего пространства дополнительными контактными поверхностями // Известия вузов. Пищевая технология. 2011. № 5–6. С. 78–81.
- 18 Шевцов А.А., Дранников А.В., Востроилов А.В., Курчаева Е.Е., Дерканосова А.А., Торшина А.А. Разработка технологии получения высокоэффективных полнорационных гранулированных комбикормов // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 2. С. 137–145. doi:10.20914/2310-1202-2020-2-137-145
- 19 Pelletizing //Desmet Ballestra Stolz. URL: http://www.desmetballestrastolz.com/PDF/gb_pelletizing.pdf
- 20 The Pelleting Process // California Pellet Mill Co. URL: http://www.cpm.net/images/download_files/file1251467542.pdf
- 21 Ковриков И.Т., Кириленко А.С. Математическая модель напряженного состояния растительного материала в цилиндрических фильерах матрицы прессгранулятора // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2013. № 2 (298). С. 25–34.

References

- 1 Drannikov A.V., Kvasov A.V., Bubnov A.R., Kostina D.K. On the issue of developing technology for amido-mineral granulated beet pulp. Engineering technology for the future of food technologies: materials of the International Scientific and Technical Conference. Voronezh, VSUET, 2018. pp. 277–279. (in Russian).

- 2 Drannikov A.V., Shevtsov A.A., Kvasov A.V., Bubnov A.R. et al. A method for the production of amido-mineral granulated beet pulp and a line for its implementation. Patent RF, no. 2674609, 2018. (in Russian).
- 3 Kovrikov I.T., Kirilenko A.S. Improving the productivity of press granulators by limiting the working space with additional contact surfaces. Izvestiya vuzov pishchevaya tekhnologiya. 2011. no. 5–6. (in Russian).
- 4 Ladygin E.L. Optimization of design and technological parameters of a single-matrix gear press. Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2012. no. 4(08). pp. 151–160. (in Russian).
- 5 Makarenkov D.A., Nazarov V.I. Study of the processes of granulation of complex fertilizers, taking into account the physicochemical and rheological properties of the components. Vestnik MGOU. Series "EU - 126 natural sciences". 2012. no. 2. pp. 49–54. (in Russian).
- 6 Skidelo V.V. Technological process of compound feed granulation by a gear granulator with horizontal equal-sized wheels matrices. Bulletin of the APK of Stavropol. 2016. no. 3. pp. 68. (in Russian).
- 7 Muller O.D., Melekhov V.I., Lyubov V.K., Tyurikova T.V. Mathematical model of the wood pellet formation process. Forest Journal. 2015. no. 2. pp. 104–122. (in Russian).
- 8 Alekseev G.V., Goncharov M.V., Leu A.G., Krivopustov V.V. Numerical approaches to modeling the process of zhsnandirovaniya. Proceedings of VSUET. 2017. no. 79(2). pp. 53–60. doi: 10.20914/2310-1202-2017-2-53-60 (in Russian).
- 9 Novoselov A.G., Gulyaeva Yu.N., Duzhiy A.B., Sivenkov A.V. Development and design of fermentation equipment for aerobic cultivation of unicellular microorganisms. St. Petersburg, NRU ITMO; IKiBT, 2014. 91 p. (in Russian).
- 10 Skidelo V.V., Shcherbina V.I. Compact granulator for peasant farms. Rural mechanic. 2011. no. 12. (in Russian).
- 11 Alekseev S.V., Uskov G.E., Goncharov S.V. Influence of compound feeds with BVMK on the milk productivity of cows. Agrarian Bulletin of the Urals. 2010. no. 5 (71). pp. 74–74. (in Russian).
- 12 Afanasiev V.A., Kiselev A.A. Development of technology for wet pressing of carbohydrate-vitamin-mineral additives with an increase in the content of molasses. Proceedings of VSUET. 2015. no. 1 (63). pp. 70–73. (in Russian).
- 13 Afanasiev V.A., Denisov O.V., Kiselev A.A. Design, construction and development of modern equipment for feed mills. Innovative development of food technology technology: materials of the International Scientific and Technical Conference. Voronezh, 2015. pp. 220–224. (in Russian).
- 14 Guofeng W., Yuanjuan G., Dezhi R., Zhao J. et al. Research on dust control of mobile straw granulator. Computers and Electronics in Agriculture. 2021. vol. 189. pp. 106375. doi: 10.1016/j.compag.2021.106375
- 15 Vetyugov A.V., Bogorodsky A.V., Bezlepkin V.A., Romanov V.P. Calculation of the main parameters of the granulation process in a new installation for the production of granules. Refractory materials and technical ceramics. 2012. no. 10. pp. 32–38. (in Russian).
- 16 Kiselev A.A., Anikin A.A., Chernukhin Yu.V. Mathematical model of the melt flow in the granulator channel. Proceedings of VSUET. 2016. no. 1 (67). pp. 11–15. (in Russian).
- 17 Kovrikov I.T., Kirilenko A.S. Improving the productivity of press granulators by limiting the working space with additional contact surfaces. Izvestiya vuzov. Food technology. 2011. no. 5–6. pp. 78–81. (in Russian).
- 18 Shevtsov A.A., Drannikov A.V., Vostroilov A.V., Kurchaeva E.E., Derkanosova A.A., Torshina A.A. Development of technology for obtaining highly efficient complete granulated feed stuff. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 2. pp. 137–145. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-2-137-145
- 19 Pelletizing. Desmet Ballestra Stolz. Available at: http://www.desmetballestrastolz.com/PDF/gb_pelletizing.pdf
- 20 The Pellet Process. California Pellet Mill Co. Available at: http://www.cpm.net/images/download_files/file1251467542.pdf
- 21 Kovrikov I.T., Kirilenko A.S. Mathematical model of the stress state of plant material in the cylindrical die of the press granulator matrix. Fundamental and applied problems of engineering and technology. 2013. no. 2 (298). pp. 25–34. (in Russian).

Сведения об авторах

Information about authors

Алексей В. Дранников д.т.н., декан, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, drannikov@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3060-8688>

Виталий Ю. Овсянников д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ovs2003@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9388-6303>

Николай Ю. Ситников к.т.н., директор по комбикормовому производству, ГК РУСМИТ, ул. Мира, Каширское, Воронежская обл., 396350, Россия, sit-work@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3690-6336>

Алексей Р. Бубнов аспирант, ассистент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alex.bunov.97@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6532-5509>

Александр С. Дубровин студент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kenjirun@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0167-7235>

Alexey V. Drannikov Dr. Sci. (Engin.), dean, machines and apparatuses of food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, drannikov@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3060-8688>

Vitaly Yu. Ovsyannikov Dr. Sci. (Engin.), professor, machines and apparatuses of food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ovs2003@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9388-6303>

Nikolay Yu. Sitnikov Cand. Sci. (Engin.), feed production director, GK RUSMIT, st. Mira, Kashirskoe, Voronezh region, 396350, Russia, sit-work@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3690-6336>

Alexey R. Bubnov graduate student, assistant, machines and apparatuses of food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, alex.bunov.97@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6532-5509>

Alexander S. Dubrovin student, machines and apparatuses of food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kenjirun@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0167-7235>

Вклад авторов

Contribution

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

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

Конфликт интересов

Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 13/01/2022	После редакции 07/02/2022	Принята в печать 28/02/2022
Received 13/01/2022	Accepted in revised 07/02/2022	Accepted 28/02/2022

Разработка математического обеспечения процесса регулирования температуры молока на выходе из секции охлаждения


Дмитрий М. Бородулин¹ borodulin_dmitry@list.ru  0000-0003-3035-0354

¹ Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия

Аннотация. Автоматизация любых производств невозможно без соответствующего математического обеспечения систем автоматизации. Системы автоматического регулирования используются для различных параметров технологических процессов. Одним из основных технологических параметров в молочном производстве является температура, в связи с этим важной задачей автоматизации молочных производств является ее контроль и регулирование на различных участках технологических линий. Для этого была создана информационная схема технологического объекта управления с обозначением регулируемых технологических параметров. В результате анализа штатной эксплуатации технологического объекта управления установлены следующие параметры: температура холодной воды, коэффициент передачи данного канала; температура исходного молока, коэффициент передачи данного канала; температура окружающего воздуха, коэффициент передачи данного канала; давление холодной воды, коэффициент передачи данного канала; расход исходного молока, коэффициент передачи данного канала. Расчет одноконтурной системы автоматического регулирования температуры молока на выходе из секции охлаждения выполнена в программе IPC-CAD. В результате обработки полученных данных выяснилось, что переходные процессы «аперидический» и «с умеренным затуханием» обладают достаточным запасом устойчивости, так как степень затухания больше 0,75. Динамические ошибки в режимах настройки и проверки на грубость указанных процессов различаются на 0,02, то есть различия незначительны. Запас устойчивости «аперидического» процесса выше, а динамическая ошибка несущественно превышает остальные варианты, поэтому для дальнейшего применения выбран именно этот вид переходного процесса. Таким образом, применение системы автоматического регулирования на основе разработанного математического обеспечения является целесообразным и эффективным, так как позволит сократить брак и повысить качество выпускаемой продукции за счет своевременного качественного регулирования основного технологического параметра – температуры молочного сырья. Из этого следует, что применение данной одноконтурной системы автоматического регулирования является целесообразным в молочной промышленности.

Ключевые слова: молоко, автоматизация производств, технологический процесс, математическое обеспечение, молочное предприятие

Mathematical Support to Control Milk Temperature at Cooling Outlets

Dmitriy M. Borodulin¹ borodulin_dmitry@list.ru  0000-0003-3035-0354

¹ Kemerovo State University, Krasnaya str., 6, Kemerovo, 650000, Russia

Abstract. Automation of any production is impossible without the appropriate software for automation systems. Automatic control systems are used for various parameters of technological processes. Temperature is one of the main technological parameters in dairy production. Therefore, its control and regulation in various parts of technological lines is an important task for the automation of dairy production. For this, an information scheme of the technological control object was created with the designation of the controlled technological parameters. The following parameters were established as a result of the analysis of the normal operation of the technological control object: cold water temperature, transmission coefficient of this channel; the temperature of the source milk, the transmission coefficient of this channel; ambient air temperature, transmission coefficient of a given channel; cold water pressure, transmission coefficient of this channel; raw milk consumption, transmission coefficient of this channel. Calculation of a single-loop system for automatic control of milk temperature at the outlet of the cooling section was made using the IPC-CAD program. As a result of processing the obtained data, it was found that the transient processes "aperiodic" and "with moderate attenuation" have a sufficient margin of stability, since the degree of attenuation is greater than 0,75. Dynamic errors in the modes of tuning and checking for roughness of these processes differ by 0,02, that is, the differences are insignificant. The margin of stability of the "aperiodic" process is higher, and the dynamic error does not significantly exceed the other options, so this type of transient process was chosen for further application. Thus, the use of an automatic control system based on the developed software is expedient and effective, as it will reduce rejects and improve the quality of products due to timely quality control of the main technological parameter - the temperature of raw milk. From this it follows that the use of this single-circuit automatic control system is appropriate in the dairy industry.

Keywords: milk, automation of production, technological process, mathematical support, dairy enterprise

Введение

Главной задачей автоматизации производственных процессов на молочных предприятиях является внедрение полностью автоматизированного производственного участка [1–3].

Основные результаты этого:

- реализация заданного технологического режима, обеспечение высокой точности дозировки компонентов;

- контроль качества продукции на различных этапах производства [4];
- своевременное обнаружение и сигнализация выхода за допустимые пределы значения параметров технологического процесса, результатом чего является сокращение количества брака продукции, расхода сырья и, как следствие, себестоимости единицы продукта;
- расширение возможностей статистического и экономического анализа [5–10]

Для цитирования

Бородулин Д.М. Разработка математического обеспечения процесса регулирования температуры молока на выходе из секции охлаждения // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 24–28. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-24-28

For citation

Borodulin D.M. Mathematical Support to Control Milk Temperature at Cooling Outlets. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 24–28. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-24-28

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

Одним из основных технологических параметров в молочном производстве является температура, в связи с этим важной задачей автоматизации молочных производств является ее контроль и регулирование на различных участках технологических линий.

Материалы и методы

Таблица 1. Требования к системам автоматического регулирования (САР)

Table 1. Requirements for automated control systems (ACS)

Параметр Parameter	Значение Value	Допустимые значения прямых показателей качества регулирования Permissible values of direct regulation metrics			
		Y _{ст}	Y _{дин}	t _p	ψ
Температура молока на выходе из секции охлаждения, °С Milk temperature at the outlet from the cooling	54	±1	±4	5 мин	0,75

Информационная схема технологического объекта управления (ТОУ) представлена на рисунке 1.

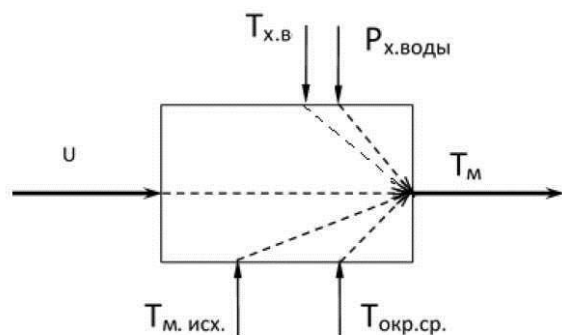


Рисунок 1. Информационная схема ТОУ
Figure 1. Schematic flow diagram for milk temperature control

На рисунке 1 приняты обозначения: регулируемый параметр ТМ – температура молока на выходе секции охлаждения, °С; U – положение регулирующего клапана на трубопроводе холодной воды, % х.р.о.; ТХ – температура холодной воды, °С; Рх. воды – давление холодной воды, МПа; Токр. ср. – температура окружающего воздуха, °С; Тм. исх. – исходная температура молока, °С; Рм. исх. – расход молока исходного, м³/ч.

Результаты

Для описания управляющего канала выбрана передаточной функцией апериодического звена второго порядка с запаздыванием [3,11] (1):

$$W(S) = \frac{k_0}{(T_3S + 1)(T_4S + 1)} e^{-\tau S} \quad (1)$$

где k₀ – коэффициент усиления, °С/%х.р.о.; T₃, T₄ – постоянные времени объекта, мин; τ – время запаздывания, мин. [12]

Параметры передаточной функции приведены в таблице 2.

Таблица 2. Параметры передаточной функции по управляющему каналу

Table 2. Transfer function parameters for control channel

к ₀ , °С/%х.р.о.	T ₃ , мин T ₃ , min	T ₄ , мин T ₄ , min	τ, мин τ, min
-0,7	0,69	0,73	0,52

В результате анализа штатной эксплуатации технологического объекта управления установлено:

- температура холодной воды меняется в пределах 10–15 °С, коэффициент передачи данного канала k_{Тхол.воды} = 1,5 °С / °С;
 - температура исходного молока меняется в пределах 88–92 °С, коэффициент передачи данного канала k_{Тисх. мол.} = 1,8 °С / °С;
 - температура окружающего воздуха меняется в пределах 15–35 °С, коэффициент передачи данного канала k_{Токр.возд} = 0,5 °С / °С;
 - давление холодной воды изменяется в пределах 4–6 МПа, коэффициент передачи данного канала k_{Рхол. воды} = 0,4 °С / МПа;
 - расход исходного молока меняется в пределах 18–22 м³/ч, коэффициент передачи данного канала k_{Рисх. мол.} = 2 °С / м³ / ч;
- Диапазоны изменения возмущающих воздействий: ДТ.хол. воды. = 15–10 = 5 °С; ДТ.исх. мол. = 92–88 = 4 °С; ДТ.окр. возд. = 35–15 = 20 °С; ДР.хол. воды. = 6–4 = 2 МПа; ДР.исх. мол. = 22–18 = 4 МПа.

Максимальное возмущающее воздействие 8,8 % х.р.о.

Расчет одноконтурной САР температуры молока на выходе из секции охлаждения выполнена в программе IPC-CAD. Исходные данные для расчета приведены в таблице 2. Результаты расчета показателей настройки регулятора и качества регулирования приведены в таблице 3 [13].

Таблица 3.

Результаты расчета системы автоматического регулирования

Table 3.

Automated control system engineering

	Вид переходного процесса Type of transition	Параметры регулятора Controller parameters			Показатели качества Quality indices			Показатели качества при грубости Quality indices for roughness		
		K_p	$T_{из}$	$T_{пр}$	U_0	ψ	1_p	U_d	ψ	t_p
ПИД PID control	Апериодический Aperiodic	2,279	1,217	0,304	0,302	0,99	4,03	0,376	0,97	3,3
	С умерен. Затуханием Medium attenuation	2,84	1,13	0,28	0,28	0,99	3,18	0,35	0,86	5,99
	Колебательный Wave	3,954	1,234	0,309	0,257	0,76	5,14	0,329	0,29	-

В таблице 3 обозначены: k_p – коэффициент усиления регулятора, %х.р.о. / %шк. у; $T_{из}$ – время изодрома, мин; $T_{пр}$ – время предварения, мин; U_d – динамическая ошибка, %шк. у; ψ – степень затухания; 1_p – время регулирования, мин [11].

Как видно из таблицы, переходные процессы «апериодический» и «с умеренным затуханием» обладают достаточным запасом устойчивости, так как степень затухания больше 0,75. Динамические ошибки в режимах настройки и проверки на грубость указанных процессов различаются на 0,02, то есть различия незначительны [14].

Запас устойчивости «апериодического» процесса выше, а динамическая ошибка несущественно превышает остальные варианты, поэтому для дальнейшего применения выбран именно этот вид переходного процесса.

График переходных процессов для данных настроек показан на рисунке 2.

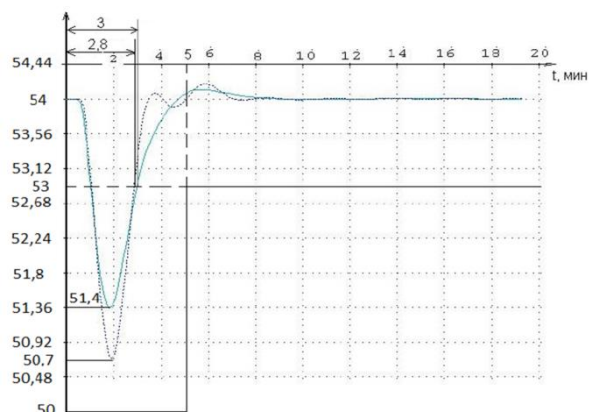


Рисунок 2. Графики переходных процессов в замкнутой САР для ПИД-регулятора «апериодический» (–) и при проверке на грубость (…)

Figure 2. Transient graphs in a closed automatic control system for “aperiodic” PID controller (–) and test for roughness (…)

Допустимые пределы показателей регулирования взяты из норм технологического регламента и технического задания на разработку математического обеспечения.

Из графика на рисунке 2 определяем прямые качественные показатели:

- динамическая ошибка $U_d = 2,6^\circ\text{C} < U_d = 4^\circ\text{C}$;
- динамическая ошибка при «проверке на грубость» $U_d = 3,3^\circ\text{C} < U_d = 4^\circ\text{C}$;
- время регулирования – $t_{пр} = 3 \text{ мин} < t_p = 5 \text{ мин}$;
- время регулирования при «проверке на грубость» $t_{пр} = 2,8 \text{ мин} < t_p = 5 \text{ мин}$.

Обсуждение

Из приведенных выше результатов расчета и анализа САР следует, что она является устойчивой, робостной и полностью соответствует техническому заданию по показателям качества регулирования [15].

Из этого можно сделать вывод, что применение данной одноконтурной САР является целесообразным

Передаточная функция регулятора будет выглядеть следующим образом:

$$W(P) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_{из} \Delta S} + T_{пр} \Delta S \right) = \quad (2)$$

$$= 2,279 \times 7 \Delta S + 0,3041 \Delta S$$

Заключение

Разработанное математическое обеспечение процесса регулирования температуры молока на выходе из секции охлаждения показало полное соответствие техническому заданию. САР построенная на основе проведенных изысканий показала высокую надежность, устойчивость, достаточное время регулирования. Таким образом применение САР на основе разработанного математического обеспечения является целесообразным и эффективным, так как позволит сократить брак и повысить качество выпускаемой продукции за счет своевременного качественного регулирования основного технологического параметра – температуры молочного сырья [16–20].

Литература


- 1 Славянский А.А., Семенов Е.В., Алексеев А.А., Антипов С.Т. Математическое моделирование процесса центробежного промывания осадка паром (на примере сахарного производства) // Вестник ВГУИТ. 2019, Т. 81. № 1. С. 82–87. doi: 10.20914/2310-1202-2019-1-82-87
- 2 Русанов В.В., Перов В.И., Самойлов М.А. Автоматизация предприятий общественного питания с использованием современных цифровых технологий: программ Arduino IDE, OPC Modbus и Master Scada // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 38–44. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-38-44
- 3 Бабенко М.С. Разработка способа ИК пастеризации молока и комплексная оценка качества полученного продукта // Вестник ВГУИТ. №. 4. С. 130–134. doi: 10.20914/2310-1202-2013-4-130-134
- 4 Антипов С.Т., Жучков А.В., Овсянников В.Ю., Бабенко М.С. Математическое моделирование процесса инфракрасной пастеризации молока // Вестник ВГУИТ. №. 4. С. 67–72. doi: 10.20914/2310-1202-2013-4-67-72
- 5 Sipka S., Beres A., Bertok L., Varga T. et al. Comparison of endotoxin levels in cow's milk samples derived from farms and shops // *Innate Immunity*. 2015. V. 21. №. 5. P. 531-536. doi: 10.1177/1753425914557100
- 6 Indumathy M., Sobana S., Panda R.C. Modelling of fouling in a plate heat exchanger with high temperature pasteurisation process // *Applied Thermal Engineering*. 2021. V. 189. P. 116674. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2021.116674
- 7 Попов А.М., Плотников К.Б., Иванов П.П. и др. Моделирование мехатронных систем производства инстантированных напитков с добавлением амарантовой муки // *Техника и технология пищевых производств*. 2020. Т. 50. № 2. С. 273–281. doi: 10.21603/2074-9414-2020-2-273-281
- 8 Харитонов В.Д., Бородулин Д.М., Сухоруков Д.В., Комаров С.С. Моделирование смесительного агрегата центробежного типа на основе кибернетического подхода // *Молочная промышленность*. 2013. № 7. С. 77–79.
- 9 Бородулин Д.М. Разработка и математическое моделирование непрерывно-действующих смесительных агрегатов центробежного типа для переработки сыпучих материалов. Обобщенная теория и анализ (кибернетический подход). Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), 2013. 201 с.
- 10 Новосельцева М.А., Гугова С.Г., Каган Е.С. и др. Структурно-параметрическая идентификация модели процесса получения экстракта хмеля на роторно-пульсационной машине // *Журнал пищевой промышленности и консервирования*. 2020. Т. 44. № 7. С. 14546. doi: 10.1111/jfpp.14546
- 11 Жолдасбаев Е.Б. Расчет и анализ системы автоматического регулирования температуры растительного масла на выходе теплообменника // *Холодильная техника и биотехнологии*. 2019. С. 140-142.
- 12 Дмитриева Н. Сборник задач по теории автоматического управления. Линейные системы. Litres, 2018.
- 13 Приянка М.П.С., Субрамани П. Исследование схемы нагрева при тепловой обработке молока омическим нагревом // *Ж Фармакогн. Фитохим*. 2018. № 7. № 2. С. 3033-3036.
- 14 Аль-Хилфи А. Р., Абдулстар А. Р., Гавахян М. Пастеризация молока в непрерывном потоке в умеренном электрическом поле: влияние параметров процесса, энергопотребления и определения срока годности // *Инновационная наука о продуктах питания и новые технологии*. 2021. Т. 67. С. 102568.
- 15 Арья П. Новая техника в пищевой промышленности: Свет высокой интенсивности, Импульсное электрическое поле и инфракрасное излучение. 2020.
- 16 Килик-Акылмаз М. и др. Влияние термической обработки на микроэлементы, жирные кислоты и некоторые биологически активные компоненты молока // *Международный молочный журнал*. 2022. Т. 126. С. 105231.
- 17 Niamsuwan S., Kittisupakorn P., Mujtaba I.M. Control of milk pasteurization process using model predictive approach // *Computers & Chemical Engineering*. 2014. V. 66. P. 2-11. doi: 10.1016/j.compchemeng.2014.01.018
- 18 Kayalvizhi M., Manamalli D., Bhuvanithaa K. Cascade control of HTST milk pasteurization process with and without pre-cooling stage // 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS). IEEE, 2017. P. 1807-1812. doi: 10.1109/ICECDS.2017.8389760
- 19 Nguyen V., Rimaux T., Truong V., Dewettinck K. et al. The effect of cooling on crystallization and physico-chemical properties of puff pastry shortening made of palm oil and anhydrous milk fat blends // *Journal of Food Engineering*. 2021. V. 291. P. 110245. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110245
- 20 Perano K.M., Usack J.G., Angenent L.T., Gebremedhin K.G. Production and physiological responses of heat-stressed lactating dairy cattle to conductive cooling // *Journal of Dairy Science*. 2015. V. 98. №. 8. P. 5252-5261. doi: 10.3168/jds.2014-8784

References

- 1 Slavyansky A.A., Semenov E.V., Alekseev A.A., Antipov S.T. Mathematical modeling of the process of centrifugal washing of sludge with steam (on the example of sugar production). Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 82–87. doi: 10.20914/2310-1202-2019-1-82-87 (in Russian).
- 2 Rusanov V.V., Perov V.I., Samoilov M.A. Automation of catering establishments using modern digital technologies: Arduino IDE, OPC Modbus and Master Scada programs. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 38–44. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-38-44 (in Russian).
- 3 Babenko M.S. Development of a method for IR pasteurization of milk and a comprehensive assessment of the quality of the resulting product. Proceedings of VSUET. no. 4. pp. 130–134. doi: 10.20914/2310-1202-2013-4-130-134 (in Russian).
- 4 Antipov S.T., Zhuchkov A.V., Ovsyannikov V.Yu., Babenko M.S. Mathematical modeling of the process of infrared pasteurization of milk. Proceedings of VSUET. no. 4. pp. 67–72. doi: 10.20914/2310-1202-2013-4-67-72 (in Russian).
- 5 Sipka S., Beres A., Bertok L., Varga T. et al. Comparison of endotoxin levels in cow's milk samples derived from farms and shops. *Innate Immunity*. 2015. vol. 21. no. 5. pp. 531-536. doi:10.1177/1753425914557100
- 6 Indumathy M., Sobana S., Panda R.C. Modeling of fouling in a plate heat exchanger with high temperature pasteurization process. *Applied Thermal Engineering*. 2021. vol. 189. pp. 116674. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2021.116674

- 7 Popov A.M., Plotnikov K.B., Ivanov P.P. Modeling of mechatronic systems for the production of instant drinks with the addition of amaranth flour. 2020. vol. 50. no. 2. pp. 273–281. doi: 10.21603/2074-9414-2020-2-273-281 (in Russian).
- 8 Kharitonov V.D., Borodulin D.M., Sukhorukov D.V., Komarov S.S. Modeling of a centrifugal type mixing unit based on a cybernetic approach. Dairy industry. 2013. no. 7. pp. 77–79. (in Russian).
- 9 Borodulin D.M. Development and mathematical modeling of continuously operating centrifugal mixing units for processing bulk materials. Generalized theory and analysis (cybernetic approach). Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University), 2013. 201 p. (in Russian).
- 10 Novoseltseva M.A., Gutova S.G., Kagan E.S. et al. Structural-parametric identification of the model of the process of obtaining hop extract on a rotary-pulsation machine. Journal of Food Industry and Canning. 2020. vol. 44. no. 7. pp. 14546. doi: 10.1111/jfpp.14546 (in Russian).
- 11 Zholdasbaev E.B. Calculation and analysis of the system for automatic control of the temperature of vegetable oil at the outlet of the heat exchanger. Kholodilnaya tekhnika i biotekhnologii. 2019. pp. 140-142. (in Russian).
- 12 Dmitrieva N. Collection of tasks on the theory of automatic control. Linear systems. Letters, 2018. (in Russian).
- 13 Priyanka M.P.S., Subramani P. Investigation of the heating scheme in the heat treatment of milk by ohmic heating. J Pharmacogn. Phytochem. 2018. no. 7. no. 2. pp. 3033-3036. (in Russian).
- 14 Al-Khilfi A. R., Abdulstar A. R., Gavakhyan M. Pasteurization of milk in a continuous flow in a moderate electric field: the influence of process parameters, energy consumption and determining the shelf life. Innovative science of food products and new technologies. 2021. vol. 67. pp. 102568. (in Russian).
- 15 Arya P. New technology in the food industry: High intensity light, pulsed electric field and infrared radiation. 2020. (in Russian).
- 16 Kilik-Akylmaz M. et al. Influence of heat treatment on trace elements, fatty acids and some biologically active components of milk. International Dairy Journal. 2022. vol. 126. pp. 105231. (in Russian).
- 17 Niamsuwan S., Kittisupakorn P., Mujtaba I.M. Control of milk pasteurization process using model predictive approach. Computers & Chemical Engineering. 2014. vol. 66. pp. 2-11. doi: 10.1016/j.compchemeng.2014.01.018
- 18 Kayalvizhi M., Manamalli D., Bhuvanithaa K. Cascade control of HTST milk pasteurization process with and without pre-cooling stage. 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS). IEEE, 2017. pp. 1807-1812. doi:10.1109/ICECDS.2017.8389760
- 19 Nguyen V., Rimaux T., Truong V., Dewettinck K. et al. The effect of cooling on crystallization and physico-chemical properties of puff pastry shortening made of palm oil and anhydrous milk fat blends. Journal of Food Engineering. 2021. vol. 291. pp. 110245. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110245
- 20 Perano K.M., Usack J.G., Angenent L.T., Gebremedhin K.G. Production and physiological responses of heat-stressed lactating dairy cattle to conductive cooling. Journal of Dairy Science. 2015. vol. 98. no. 8. pp. 5252-5261. doi:10.3168/jds.2014-8784

Сведения об авторах

Дмитрий М. Бородулин д.т.н., кафедра инженерного дизайна, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, borodulin_dmitry@list.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3035-0354>


Вклад авторов

Дмитрий М. Бородулин написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Dmitriy M. Borodulin Dr. Sci. (Engin.), engineering design department, Kemerovo State University, Krasnaya str., 6, Kemerovo, 650000, Russia, borodulin_dmitry@list.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3035-0354>

Contribution







Dmitriy M. Borodulin 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 26/12/2021	После редакции 20/01/2022	Принята в печать 08/02/2022
Received 26/12/2021	Accepted in revised 20/01/2022	Accepted 08/02/2022

Условия формирования устойчивых пробиотических эмульсий масла зародышей пшеницы







Наталья С. Родионова	1	rodionovast@mail.ru	 0000-0002-6940-7998
Евгений С. Попов	1	e_s_popov@mail.ru	 0000-0003-3303-3434
Наталья А. Захарова	1	pastukhova_na@mail.ru	 0000-0002-8127-6986
Вадим С. Захаров	1	zakharov_vs@bk.ru	 0000-0003-2389-9250
Дмитрий М. Выродов	1	notpp@mail.ru	 0000-0001-5335-3844
Александр Л. Родионов	1	alexandr1959-2011@mail.ru	 0000-0002-8773-7886

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

Аннотация. Представлены результаты формирования эмульсий биологически активной добавки - масла зародышей пшеницы в обезжиренной кисломолочной среде, ферментированной консорциумом пробиотических микроорганизмов *B. bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. fermentum*. Дисперсионная среда содержала не менее 10^9 КОЕ в 1 г, pH составляла 3,65-3,75, титруемая кислотность 120-130°Т. Показана возможность получения устойчивых эмульсий с концентрацией масла зародышей пшеницы до 50%. Установлено увеличение емкости и устойчивости эмульсий в 1,1-5,9, 1,3-10,6, 1,5-4,0, 1,7-4,7, 1,3-9,7, 1,2-5,1 при введении в дисперсионную среду от 0,5 до 3,5 % яичного белка, ксантановой камеди, яичного порошка, лецитина, гуаровой камеди, сухого обезжиренного молока соответственно. Установлено влияние скорости вращения рабочего органа эмульгатора в диапазоне 1000-3000 об/мин на эмульгирующую способность дисперсионной среды и седиментационную устойчивость эмульсий. Получена аппроксимирующая зависимость эмульгирующей способности от концентрации эмульгатора, учитывающая линейное, квадратичное и кубическое влияние фактора. Полученные результаты дают научное обоснование процесса получения биологически высокоактивных пробиотических эмульсий на основе масла зародышей пшеницы для алиментарной коррекции метаболических процессов организма человека. Высокую эмульгирующую способность и седиментационную устойчивость обеспечивает дополнительное введение эмульгирующих веществ в ферментированную дисперсионную среду. Полученные эмульсии имели высокие органолептические свойства, обладают более выраженным биокорректирующим эффектом в отношении ряда важнейших функций организма, благодаря комбинированию в составе МЗП с лакто- и бифидобактериями.

Ключевые слова: пробиотики, эмульсия, масло, зародыши пшеницы, биокорректоры, эмульгаторы

Conditions for the formation of stable probiotic emulsions of wheat germ oil

Natalya S. Rodionova	1	rodionovast@mail.ru	 0000-0002-6940-7998
Evgeny S. Popov	1	e_s_popov@mail.ru	 0000-0003-3303-3434
Natalya A. Zakharova	1	pastukhova_na@mail.ru	 0000-0002-8127-6986
Vadim S. Zakharov	1	zakharov_vs@bk.ru	 0000-0003-2389-9250
Dmitry M. Vyrodov	1	notpp@mail.ru	 0000-0001-5335-3844
Alexander L. Rodionov	1	alexandr1959-2011@mail.ru	 0000-0002-8773-7886

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

Abstract. The results of the formation of emulsions of a biologically active additive - wheat germ oil in a defatted fermented milk medium fermented by a consortium of probiotic microorganisms *B. bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. fermentum*. The dispersion medium contained at least 10^9 CFU in 1 g, the pH was 3.65-4.75, the titratable acidity was 120-130°Т. The possibility of obtaining stable emulsions with a concentration of wheat germ oil up to 50% is shown. An increase in the capacity and stability of emulsions was established in 1.1-5.9, 1.3-10.6, 1.5-4.0, 1.7-4.7, 1.3-9.7, 1.2-5.1 when introduced into the dispersion medium 0.5-3.5% of egg white, xanthan gum, egg powder, lecithin, guar gum, skimmed milk powder, respectively. The effect of the speed of rotation of the working body of the emulsifier in the range of 1000-3000 rpm on the emulsifying ability of the dispersion medium and the sedimentation stability of emulsions has been established. An approximating dependence of the emulsifying ability on the concentration of the emulsifier was obtained, taking into account the linear, quadratic and cubic influence of the factor. The results obtained provide a scientific basis for the process of obtaining biologically highly active probiotic emulsions based on wheat germ oil for the alimentary correction of metabolic processes in the human body. High emulsifying ability and sedimentation stability are ensured by the additional introduction of emulsifying substances into the fermented dispersion medium. The resulting emulsions had high organoleptic properties, have a more pronounced biocorrective effect on a number of important body functions, due to the combination of MZP with lacto- and bifidobacteria.

Keywords: probiotics, emulsion, oil, wheat germ, biocorrectors, emulsifiers

Введение

Биокорректирующие, профилактические, терапевтические свойства масла зародышей пшеницы известны и подтверждены рядом клинических исследований. Отечественными и зарубежными медиками опубликованы материалы,

посвященные влиянию масла зародыша пшеницы (МЗП) на количественные и качественные характеристики липидного обмена. Установлено более выраженное снижение содержания холестерина в печени и крови крыс при употреблении ими МЗП в сравнении с соевым или хлопковым

Для цитирования

Родионова Н.С., Попов Е.С., Захарова Н.А., Захаров В.С., Выродов Д.М., Родионов А.Л. Условия формирования устойчивых пробиотических эмульсий масла зародышей пшеницы // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 29–34. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-29-34

For citation

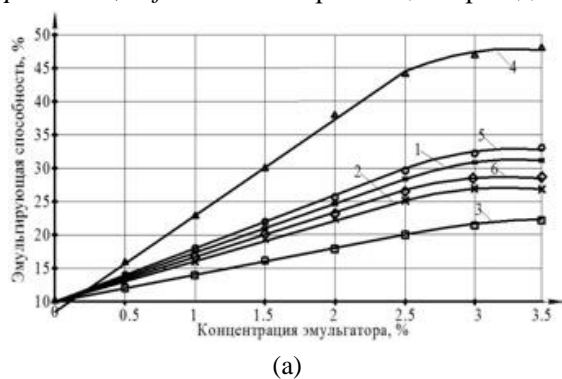
Rodionova N.S., Popov E.S., Zakharova N.A., Zakharov V.S., Vyrodov D.M., Rodionov A.L. Conditions for the formation of stable probiotic emulsions of wheat germ oil. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 29–34. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-29-34

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

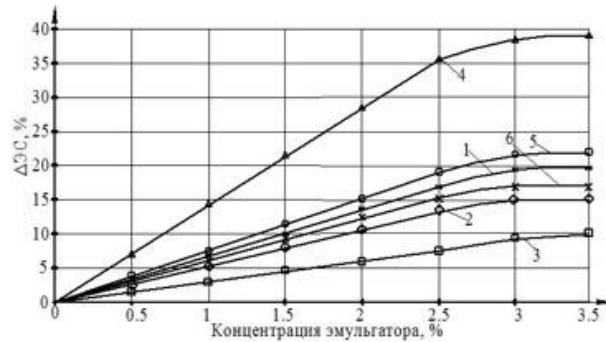
маслом [3]. У людей отмечено снижение содержания холестерина в крови на 5–10% больше по сравнению с контрольной группой при введении 7% МЗП в рацион питания [2, 8]. У больных ишемической болезнью сердца со стабильной стенокардией II и III функциональных классов получены достоверные положительные результаты влияния МЗП на липидограмму крови. Гиполипидемическое и кардиопротекторное действие МЗП клинически доказано медиками Харькова, Челябинска, Новосибирска, Москвы [2, 8–20]. В терапии ожогов клинически подтверждены регенерирующие и заживляющие свойства МЗП, что обусловлено его уникальным витаминным составом. Благодаря наличию в составе поликозанола, МЗП проявляет аналогичное статинам действие на организм, при зафиксированном отсутствии побочных негативных последствий [2, 5]. Несмотря на множество положительных клинических эффектов, применение масла зародышей пшеницы в рационе питания населения носит очень ограниченный характер. Пищевых продуктов – носителей МЗП на рынке практически не представлено. Кроме того, известно, что эффективность усвоения биоактивных компонентов из пищи преимущественно определяется состоянием индигенной микрофлоры кишечника. Экспериментально установлено, что положительный коррекционный эффект биологически активных веществ возрастает при комбинировании их с пробиотиками [4]. Разработка технологии устойчивых эмульсий масла зародышей пшеницы на кисломолочной пробиотической основе позволит получить инновационные эубиотические продукты с усиленным эффектом.

Пробиотическую кисломолочную эмульсионную среду получали в результате ферментирования обезжиренного коровьего молока консорциумом пробиотических микроорганизмов, состоящим из *B. bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. fermentum*. Ферментацию проводили

при определенных условиях, обеспечивающих активный синтез микробных влаговсвязывающих метаболитов, до достижения концентрации активных клеток пробиотиков не ниже 10^9 КОЕ/мл, pH = 3,65–3,75, титруемая кислотность составляла 120–130° Т. Показатели эмульсий (эмульгирующую способность ЭС и устойчивость эмульсий) определяли в соответствии с рекомендациями профессора Л.В. Антиповой [1]. Микроструктуру эмульсий изучали с помощью электронного микроскопа JSM-6380LV. Экспериментально методом термогравиметрического анализа на модельных системах было выявлено наличие выраженных эмульгирующих веществ в пробиотических кисло-молочных системах, ферментированных консорциумами пробиотических микроорганизмов [6, 7]. На модельных системах были получены эмульсии с концентрацией МЗП до 11,2%. Для обеспечения более высоких параметров концентрации и устойчивости эмульсии МЗП в пробиотической кисло-молочной среде было исследовано влияние ряда известных ПАВ и стабилизирующих агентов, применяемых в пищевых технологиях. В качестве эмульгаторов и стабилизаторов структуры исследовали яичный порошок, яичный белок, лецитин, сухое обезжиренное молоко, ксантановую и гуаровую камеди. Введение перечисленных веществ в эмульсионную среду в диапазоне концентраций 0,5–3,5% привело к росту устойчивости эмульсий в 1,1–5,9, 1,3–10,6, 1,5–4,0, 1,7–4,7, 1,3–9,7, 1,2–5,1 раза для яичного белка, ксантановой камеди, яичного порошка, лецитина, гуаровой камеди, сухого обезжиренного молока соответственно (рисунок 1). Установлено, что эмульгирующая способность исследуемых веществ в пробиотической эмульсии, достигает максимальных значений в диапазоне концентраций 2,0–3,5% при вращении рабочего органа 1500 об/мин. Отмечена специфичность действия эмульгаторов, максимально эффективным действием обладали лецитин, гуаровая камедь, яичный белок (таблица 1).



(a)



(b)

Рисунок 1. Влияние концентрации эмульгатора (1 – яичный белок, 2 – ксантановая камедь; 3 – яичный порошок, 4 – лецитин, 5 – гуаровая камедь, 6 – сухое обезжиренное молоко) на эмульгирующую способность пробиотической среды с маслом зародышей пшеницы (a), прирост ЭС (b)

Figure 1. The effect of the concentration of the emulsifier (1 – egg white, 2 – xanthan gum; 3 – egg powder, 4 – lecithin, 5 – guar gum, 6 – skim milk powder) on the stability of the probiotic emulsion with wheat germ oil (a), growth ES (b)

Обоснование концентрации эмульгаторов

Table 1.

Justification of the concentration of emulsifiers

Растительное масло Vegetable oil	Эмульгатор Emulsifier	Концентрация, % Concentration, %	Эмульгирующая способность, % Emulsifying ability, %
Зародышей пшеницы Breathe the wheat	Лецитин | Lecithin	3,0	47,2
	Гуаровая камедь | Guar gum	3,0	32,2
	Яичный белок | Egg white	3,0	31,6

На основании результатов микроскопических исследований выявлены изменения микроструктуры пробиотических систем в процессе эмульгирования. Установлено влияние концентрации лецитина на микроструктуру эмульсий, устранения агломератов жировых шариков и уменьшения их размеров на 25–40% – с 55–65 мкм до 30–40 мкм при повышении концентрации лецитина от 1,5 до 3,0%, что доказывает целесообразность и эффективность применения эмульгаторов в качестве компонентов, обеспечивающих дополнительную эмульгирующую емкость пробиотических систем.

В процессе эмульгирования кисломолочную систему подвергали интенсивному механическому воздействию с помощью различных типов перемешивающих устройств, частоту вращения рабочих органов которых варьировали в диапазоне 1000 – 3000 об/мин. Наличие широкого диапазона интенсивности воздействующего фактора приводит к получению гетерогенных структур с различной площадью дисперсной

фазы, что обуславливает необходимость введения различных количеств эмульгаторов для достижения максимальной эмульгирующей емкости и седиментационной устойчивости системы. Установлено, что эмульгирующая способность исследуемых эмульгаторов возрастает до максимума при увеличении их концентрации в дисперсионной среде от 2,5 до 5,0%, при увеличении скорости вращения рабочего органа в процессе гомогенизации в исследуемом диапазоне (рисунок 2). Полученные данные позволяют констатировать рост площади межфазных адсорбционных слоев, как следствие, увеличение требуемой концентрации вводимого эмульгатора на 25–35% при увеличении частоты вращения рабочего органа в 1,5–1,7 раза. Концентрация эмульсии возросла до 55%, а седиментационная устойчивость увеличилась в 3–5 раз. Микроскопические исследования показали снижение размеров стабилизированных капелек масла в эмульсии до 20–30 мкм.

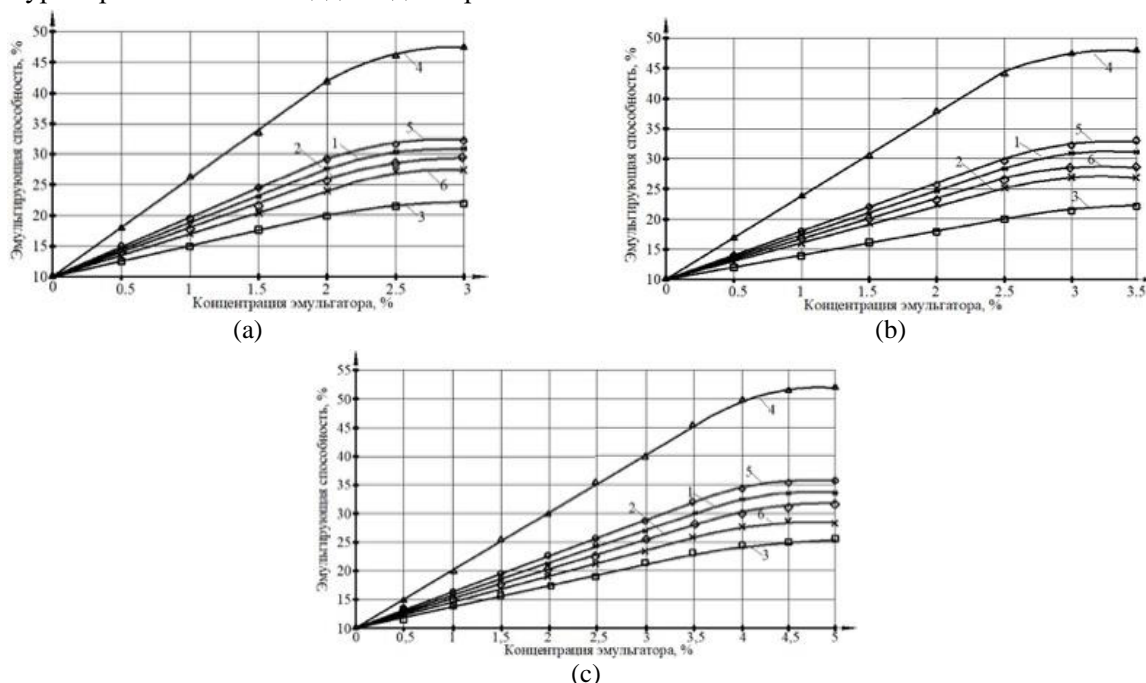


Рисунок 2. Влияние концентрации эмульгатора (1 – яичный белок, 2 – ксантановая камедь; 3 – яичный порошок, 4 – лецитин, 5 – гуаровая камедь, 6 – сухое обезжиренное молоко) на устойчивость пробиотических эмульсий с маслом зародышей пшеницы полученных при различной частоте вращения рабочего органа, об/мин: (а) – 1000; (б) – 2000; (с) – 3000

Figure 2. The effect of the concentration of the emulsifier (1 – egg white, 2 – xanthan gum; 3 – egg powder, 4 – lecithin, 5 – guar gum, 6 – skim milk powder) on the stability of probiotic emulsions with wheat germ oil obtained with different working body rotation frequency, rpm: (a) – 1000; (b) – 2000; (c) – 3000

Обработку экспериментальных данных проводили с применением регрессионного анализа. Расчет коэффициента парной корреляции независимой величины (концентрация эмульгатора (C), %) и зависимой величины (эмульгирующая способность (ЭС), %) проводили для каждого сочетания масла (50%) с эмульгаторами в различной концентрации (1) [3]

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

где N – число наблюдений, x_i – i-е значение независимой величины, y_i – i-е значение зависимой величины, \bar{x} , \bar{y} – средние значения

наблюдаемых величин, рассчитанные по формулам (2), (3)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (2)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \quad (3)$$

Численные значения коэффициента парной корреляции между C (%) и ЭС (%) для исследуемых образцов пробиотических эмульсий приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Значения коэффициента парной корреляции

Table 2.

Pair correlation coefficient values

Растительное масло Vegetable oil	Эмульгатор Emulsifier	Коэффициент парной корреляции Pair correlation coefficient
Зародышей пшеницы Breathe the wheat	Яичный белок (3,0%) | Egg white (3.0%)	0,998
	Лецитин (3,0%) | Lecithin (3,0%)	0,976
	Гуаровая камедь (3,0%) | Guar gum (3,0%)	0,953

Установлено, что между C (%) и ЭС (%) существует статистически значимая связь, так как коэффициент парной корреляции близок к 1.

Структура аппроксимирующей зависимости учитывает линейное, квадратичное и кубическое влияние фактора C (%) на ЭС (%) (4)

$$ЭС = a_0 + a_1 C + a_2 C^2 + a_3 C^3 \quad (4)$$

где a_0 , a_1 , a_2 , a_3 – параметры, определяемые из экспериментальных данных.

Оценку параметров зависимости (4) проводили методом Левенберга библиотеки Mathcad 15, на основе минимизации критерия вида (5), представляющего собой сумму квадратов отклонений расчетных значений от экспериментальных данных

$$S = \sum_{i=1}^N [\mathcal{E}C_{\text{экс}} - \mathcal{E}C(C)]^2 \xrightarrow{a_0, a_1, a_2, a_3} \min \quad (5)$$

где i – номер эксперимента, $\mathcal{E}C_{\text{экс}}$ – опытное значение эмульгирующей способности, %, N – количество опытов.

Результаты анализа чувствительности изменений модуля разности минимальных значений критерия (5) к последовательному добавлению слагаемых (4) показали, что достаточно использовать 4 слагаемых для обеспечения приемлемой средней абсолютной и относительной погрешностей. Получены аппроксимирующие зависимости $\mathcal{E}C = f(C)$ для пробиотической эмульсии с маслом зародышей пшеницы следующего вида (6)–(8)

$$\mathcal{E}C = 8,904 + 6,793 C + 0,716 C^2 - 0,209 C^3 \quad (6)$$

$$\mathcal{E}C = 3,779 + 15,6 C + 2,96 C^2 - 1,081 C^3 \quad (7)$$

$$\mathcal{E}C = 8,218 + 6,545 C + 1,296 C^2 - 0,459 C^3 \quad (8)$$

Средняя абсолютная ошибка составила – 0,24, 1,40, 0,76; средняя относительная ошибка – 1,88, 8,56, 6,23%; максимальная ошибка не превысила – 5,6, 25,6, 18,7% соответственно.

Заключение

Полученные данные дают научное обоснование процесса получения устойчивых пробиотических эмульсий, содержащих МЗП в концентрациях до 55%. Высокую эмульгирующую способность и седиментационную устойчивость обеспечивает дополнительное введение эмульгирующих веществ в ферментированную дисперсионную среду. Полученные эмульсии имели высокие органолептические свойства, обладают более выраженным биокорректирующим эффектом в отношении ряда важнейших функций организма, благодаря комбинированию в составе МЗП с лакто- и бифидобактериями.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации (регистрационный номер – МД-5536.2021.5).

Литература

- 1 Остриков А.Н., Горбатова А.В., Филиппов П.В. Анализ жирнокислотного состава масла зародышей пшеницы // В сборнике: Устойчивое развитие, экологически безопасные технологии и оборудование для переработки пищевого сельскохозяйственного сырья. 2016. С. 83-85.
- 2 Сизова Н.В. Кинетический метод определения витамина Е в маслах зародышей пшеницы // Химия растительного сырья. 2015. №. 2. С. 113-117.
- 3 Саякова Г.М., Шияева М.С., Шияева Е.С. Перспективы производства и применения масла зародышей пшеницы в Республике Казахстан // Инновационные процессы в современной науке. 2017. С. 575-581.
- 4 Самойлова Т.В., Зинчук Ю.А., Белоглазкин А.А., Сергеева Е.Ю. Использование масла зародышей пшеницы в технологии творожного крема // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. 2018. С. 144-147.
- 5 Родионова Н.С., Исаев В.А., Вишняков А.Б., Попов Е.С. и др. Влияние масла и муки из жмыха зародышей пшеницы на показатели липидного обмена студентов и преподавателей вуза // Вопросы питания. 2016. Т. 85, № 6. С. 60-66.
- 6 Родионова Н.С., Попов Е.С., Захарова Н.А., Ефременко И.А. Оценка технологических свойств и биопотенциала новых синбиотических пищевых систем // Современные достижения биотехнологии. Техника, технологии и упаковка для реализации инновационных проектов на предприятиях пищевой и биотехнологической промышленности: материалы VII Международной научно-практической конференции. Краснодар: СКФУ, 2020. С. 94-97.
- 7 Родионова Н.С., Разинкова Т.А., Полянский К.К., Попов Е.С. и др. Экзополисахаридная активность пробиотических микроорганизмов при разных режимах ферментации // Молочная промышленность. 2020. № 4. С. 10-12
- 8 ГУ Городская поликлиника № 230. Отчет об исследовании эффективности масла зародышей пшеницы. Москва, 2004. 2 с.
- 9 Самойлова Т.В., Горькова И.В. Современные технологии масла зародышей пшеницы в биотехнологии // Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса арктических территорий. 2021. С. 156-159.
- 10 Смольникова Ф.Х. Переработка зародыша зерна пшеницы // Актуальные проблемы биотехнологии и ветеринарной медицины. 2017. С. 73-79.
- 11 Ghafoor K., Özcan M.M., AL-Juhaimi F., Babiker E.E. et al. Nutritional composition, extraction, and utilization of wheat germ oil: a review // European Journal of Lipid Science and Technology. 2017. V. 119. №. 7. P. 1600160. doi: 10.1002/ejlt.201600160
- 12 Kumar G.S., Krishna A.G. Studies on the nutraceuticals composition of wheat derived oils wheat bran oil and wheat germ oil // Journal of food science and technology. 2015. V. 52. №. 2. P. 1145-1151. doi: 10.1007/s13197-013-1119-3
- 13 Mahmoud A.A., Mohdaly A.A., Elneairy N.A. Wheat germ: an overview on nutritional value, antioxidant potential and antibacterial characteristics // Food and Nutrition Sciences. 2015. V. 6. №. 02. P. 265. doi: 10.4236/fns.2015.62027
- 14 Yazicioglu B., Sahin S., Sumnu G. Microencapsulation of wheat germ oil // Journal of food science and technology. 2015. V. 52. №. 6. P. 3590-3597. doi: 10.1007/s13197-014-1428-1
- 15 Giménez I., Herrera M., Escobar J., Ferruz E. et al. Distribution of deoxynivalenol and zearalenone in milled germ during wheat milling and analysis of toxin levels in wheat germ and wheat germ oil // Food Control. 2013. V. 34. №. 2. P. 268-273. doi: 10.1016/j.foodcont.2013.04.033
- 16 Zou Y., Gao Y., He H., Yang T. Effect of roasting on physico-chemical properties, antioxidant capacity, and oxidative stability of wheat germ oil // LWT. 2018. V. 90. P. 246-253. doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.038
- 17 Gili R.D., Palavecino P.M., Cecilia Penci M., Martinez M.L. et al. Wheat germ stabilization by infrared radiation // Journal of Food Science and Technology. 2017. V. 54. №. 1. P. 71-81. doi: 10.1007/s13197-016-2437-z
- 18 Ling B., Ouyang S., Wang S. Radio-frequency treatment for stabilization of wheat germ: Storage stability and physicochemical properties // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2019. V. 52. P. 158-165. doi: 10.1016/j.ifset.2018.12.002
- 19 Barros J.C., Munekata P.E., de Carvalho F.A.L., Domínguez R. et al. Healthy beef burgers: Effect of animal fat replacement by algal and wheat germ oil emulsions // Meat Science. 2021. V. 173. P. 108396.
- 20 Özcan M.M., Rosa A., Dessi M.A., Marongiu B. et al. Quality of wheat germ oil obtained by cold pressing and supercritical carbon dioxide extraction // Czech Journal of Food Sciences. 2013. V. 31. №. 3. P. 236-240.

References

- 1 Ostrikov A.N., Gorbatova A.V., Filiptsov P.V. Analysis of the fatty acid composition of wheat germ oil. In the collection: Sustainable development, environmentally friendly technologies and equipment for processing agricultural food raw materials. 2016. pp. 83-85. (in Russian).
- 2 Sizova N.V. Kinetic method for the determination of vitamin E in wheat germ oils. Chemistry of vegetable raw materials. 2015. no. 2. pp. 113-117. (in Russian).
- 3 Sayakova G.M., Shilyaeva M.S., Shilyaeva E.S. Prospects for the production and use of wheat germ oil in the Republic of Kazakhstan. Innovative processes in modern science. 2017. pp. 575-581. (in Russian).
- 4 Samoilova T.V., Zinchuk Yu.A., Beloglazkin A.A., Sergeeva E.Yu. The use of wheat germ oil in the technology of curd cream. Scientific and technical progress: current and promising directions of the future. 2018. pp. 144-147. (in Russian).
- 5 Rodionova N.S., Isaev V.A., Vishnyakov A.B., Popov E.S. Influence of oil and flour from wheat germ oil cake on the indicators of lipid metabolism of students and university teachers. Problems of nutrition. 2016. vol. 85. no. 6. pp. 60-66. (in Russian).
- 6 Rodionova N.S., Popov E.S., Zakharova N.A., Efremenko I.A. Evaluation of technological properties and biopotential of new synbiotic food systems. Modern achievements of biotechnology. Technique, technology and packaging for the implementation of innovative projects in the food and biotechnology industry: materials of the VII International Scientific and Practical Conference. Krasnodar: NCFU, 2020. pp. 94-97. (in Russian).
- 7 Rodionova N.S., Razinkova T.A., Polyansky K.K., Popov E.S. and others. Exopolysaccharide activity of probiotic microorganisms under different fermentation regimes. Dairy industry. 2020. no. 4. pp. 10-12. (in Russian).

- 8 State Institution City Polyclinic No. 230. Report on the study of the effectiveness of wheat germ oil. Moscow, 2004. 2 p. (in Russian).
- 9 Samoilova T.V., Gorkova I.V. Modern technologies of wheat germ oil in biotechnology. Scientific and educational environment as a basis for the development of the agro-industrial complex of the Arctic territories. 2021. pp. 156-159. (in Russian).
- 10 Smolnikova F.Kh. Processing of wheat germ. Actual problems of biotechnology and veterinary medicine. 2017. pp. 73-79. (in Russian).
- 11 Ghafoor K., Özcan M.M., AL-Juhaımi F., Babiker E.E. et al. Nutritional composition, extraction, and utilization of wheat germ oil: a review. European Journal of Lipid Science and Technology. 2017. vol. 119. no. 7. pp. 1600160. doi: 10.1002/ejlt.201600160
- 12 Kumar G.S., Krishna A.G. Studies on the nutraceuticals composition of wheat derived oils wheat bran oil and wheat germ oil. Journal of food science and technology. 2015. vol. 52. no. 2. pp. 1145-1151. doi: 10.1007/s13197-013-1119-3
- 13 Mahmoud A.A., Mohdaly A.A., Elneairy N.A. Wheat germ: an overview on nutritional value, antioxidant potential and antibacterial characteristics. Food and Nutrition Sciences. 2015. vol. 6. no. 02. pp. 265. doi: 10.4236/fns.2015.62027
- 14 Yazicioglu B., Sahin S., Sumnu G. Microencapsulation of wheat germ oil. Journal of food science and technology. 2015. vol. 52. no. 6. pp. 3590-3597. doi: 10.1007/s13197-014-1428-1
- 15 Giménez I., Herrera M., Escobar J., Ferruz E. et al. Distribution of deoxynivalenol and zearalenone in milled germ during wheat milling and analysis of toxin levels in wheat germ and wheat germ oil. Food Control. 2013. vol. 34. no. 2. pp. 268-273. doi: 10.1016/j.foodcont.2013.04.033
- 16 Zou Y., Gao Y., He H., Yang T. Effect of roasting on physico-chemical properties, antioxidant capacity, and oxidative stability of wheat germ oil. LWT. 2018. vol. 90. pp. 246-253. doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.038
- 17 Gili R.D., Palavecino P.M., Cecilia Penci M., Martinez M.L. et al. Wheat germ stabilization by infrared radiation // Journal of Food Science and Technology. 2017. vol. 54. no. 1. pp. 71-81. doi: 10.1007/s13197-016-2437-z
- 18 Ling B., Ouyang S., Wang S. Radio-frequency treatment for stabilization of wheat germ: Storage stability and physicochemical properties. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2019. vol. 52. pp. 158-165. doi: 10.1016/j.ifset.2018.12.002
- 19 Barros J.C., Munekata P.E., de Carvalho F.A.L., Domínguez R. et al. Healthy beef burgers: Effect of animal fat replacement by algal and wheat germ oil emulsions. Meat Science. 2021. vol. 173. pp. 108396.
- 20 Özcan M.M., Rosa A., Dessi M.A., Marongiu B. et al. Quality of wheat germ oil obtained by cold pressing and supercritical carbon dioxide extraction. Czech Journal of Food Sciences. 2013. vol. 31. no. 3. pp. 236-240.

Сведения об авторах

Наталья С. Родионова д.т.н., профессор, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, rodionovast@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6940-7998>

Евгений С. Попов д.т.н., профессор, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, e_s_popov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3303-3434>

Наталья А. Захарова к.т.н., ассистент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, pastukhova_na@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8127-6986>

Вадим С. Захаров студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zakharov_vs@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2389-9250>

Дмитрий М. Выродов студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, notpp@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5335-3844>

Александр Л. Родионов студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alexandr1959-2011@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8773-7886>

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

Natalya S. Rodionova Dr. Sci. (Engin.), professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, rodionovast@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6940-7998>

Evgeny S. Popov Dr. Sci. (Engin.), professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, e_s_popov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3303-3434>

Natalya A. Zakharova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, pastukhova_na@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8127-6986>

Vadim S. Zakharov student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zakharov_vs@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2389-9250>

Dmitry M. Vyrodov student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, notpp@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5335-3844>

Alexander L. Rodionov student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, alexandr1959-2011@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8773-7886>

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 17/01/2022	После редакции 08/02/2022	Принята в печать 01/03/2022
Received 17/01/2022	Accepted in revised 08/02/2022	Accepted 01/03/2022

Пищевые добавки и их влияние на организм студентов



Вера Н. Еременко¹ vera_er_ko@mail.ru  0000-0001-5439-6168
Римма И. Ковтун¹ rimmach-ka16@ya.ru  0000-0002-8018-2224

¹ Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия

Аннотация. Мир не стоит на месте. Мы ежедневно сталкиваемся с достижениями современной науки: мы способны связаться с человеком с другого континента посредством Интернета, мы беспрепятственно минуем любые расстояния благодаря разным видам транспорта. И все же существуют вещи, которые автоматизировать, улучшить, ускорить пока нельзя. Человеку все также нужно спать, иметь некоторую физическую активность в течение дня и, конечно, есть. Весь день человека может легко подчиниться ритму: завтрак, обед, ужин, а еще, конечно, перекусы, полдник, бранч, поздний ужин. И отказаться от еды все сложнее и сложнее, так как полки магазинов ломятся от товаров, которые готовы лежать там годами, пока мы с Вами их не купим. Так происходит потому, что большинство продуктов, которые мы потребляем, содержат в своем составе различные пищевые добавки. Главная цель которых состоит в том, чтобы они были вкуснее, дольше хранились и т. д. Несомненно, питание всех групп населения может быть подвержено воздействию пищевых добавок, однако в этой статье мы рассмотрим молодежь: студентов 2 и 3 курса. Конечно, учеба, написание курсовых проектов, большое количество практических и других занятий лишает возможности, а точнее сил и желания, питаться правильно. Поэтому эта возрастная группа представляет особый интерес. Насколько студенты осведомлены о наличии пищевых добавок в их пище? Сколько из респондентов опроса следят за своим рационом? И вообще: настолько ли вредны пищевые добавки, как пишут в средствах массовой информации? В этой статье мы проанализируем данные опроса студентов, а также разберемся в том, что такое пищевые добавки и как они влияют на организм.

Ключевые слова: пищевые добавки, студенты, организм, влияние, питание, рацион

Dietary supplements and their effect on the body of students

Vera N. Eremenko¹ vera_er_ko@mail.ru  0000-0001-5439-6168
Rimma I. Kovtun¹ rimmach-ka16@ya.ru  0000-0002-8018-2224

¹ Kuban State Technological University, Moskovskaya str., 2, Krasnodar, 350072, Russia

Abstract. The world does not stand still. We are daily confronted with the achievements of modern science: we are able to communicate with a person from another continent via the Internet, we easily bypass any distance thanks to different modes of transport. And yet there are things that cannot be automated, improved, accelerated yet. A person still needs to sleep, have some physical activity during the day and, of course, eat. The whole day of a person can easily obey the rhythm: breakfast, lunch, dinner, and, of course, snacks, afternoon tea, brunch, late dinner. And it's getting harder and harder to give up food, as store shelves are bursting with goods that are ready to lie there for years until we buy them. This is because most of the foods we consume contain various dietary supplements in their composition. The main purpose of which is to make them tastier, stored longer, etc. Undoubtedly, the nutrition of all population groups can be affected by food additives, but in this article we will consider young people: 2nd and 3rd year students. Of course, studying, writing course projects, a large number of practical and other classes deprive you of the opportunity, or rather the strength and desire, to eat right. Therefore, this age group is of particular interest. To what extent are students aware of the presence of food additives in their food? How many of the survey respondents monitor their diet? And in general: are dietary supplements as harmful as they say in the media? In this article, we will analyze the survey data of students, as well as understand what dietary supplements are and how they affect the body.

Keywords: nutritional supplements, students, body, impact, nutrition, diet

Introduction

One of the main criteria for the well-being of the population is the citizens state of health of [1, 2, 3], including their nutrition. The nutrition of a modern young person – a student – is not able to meet the body's needs for many biologically active substances: proteins, fats, amino acids, dietary fibers, flavonoids, vitamins, trace elements, phenolic compounds and other vital components [4], which are the basis for maintaining health in the body. Proper nutrition is the main condition for the existence, growth and development of the human

body. According to many authors, a rational and balanced diet ensures the normal functioning of the human body, increases resistance to various harmful environmental influences [5], allows a person to develop normally.

The purpose of this work is a comprehensive study of the problem of the widespread use of biologically active additives in food products and their effect on the human body (student). The age group selected for the analysis is characterized by increased mental performance. This is due to the fact that studying implies continuous assimilation of new material, which requires a lot of effort, including

Для цитирования

Еременко В.Н., Ковтун Р.И. Пищевые добавки и их влияние на организм студентов // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 35–39. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-35-39

For citation

Eremenko V.N., Kovtun R.I. Dietary supplements and their effect on the body of students. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 35–39. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-35-39

perseverance [7], with such a load, it is interesting to find out how students eat, how their food meets the needs of the body.

Human food is a complicated complex of thousands of chemical compounds, including natural substances inherent to the food product, food pollutants, as well as food additives intentionally introduced into food. At this stage of production development, hundreds of FA (FA – food additives) are used in all branches of the modern food industry. On labels, they are sometimes indicated by the letter E with three – or four-digit numeric numbers.

FA is natural, identical to natural or artificial substances that are obtained from mineral, animal or vegetable raw materials, as well as (much less often) by microbiological or chemical synthesis. They are not consumed as a food product, but are purposefully used in food systems for technological reasons [6].

Food additives are specially introduced into food products during their manufacture in order to give them certain properties and preserve the quality of food products.

The increasing use of food additives requires their clear classification. The Food and Agriculture Organization of the United Nations (UN – United Nations), together with WHO (WHO – World Health Organization), have developed a global system of food additives codification. Assigning the status of a food additive and the E index to a substance means that this substance does not impair the quality of the product, has been tested for safety and can be used without misleading the consumer about the composition and type of food product [6]. The presence of food additives is necessarily recorded on the labels.

The addition of food additives into food has the following objectives:

- increasing the stability during storage, improving the structure of food products or their organoleptic properties;

- preservation of the natural qualities of the food product;

- improving the technology of preparation and processing of food raw materials, storage, manufacture, packaging and transportation of food.

In accordance with the technological purpose, food additives are divided into groups [6]:

- substances that improve the appearance of food products (dyes, color stabilizers, bleaches);

- substances that regulate the taste of the product (flavoring additives, sweeteners, acids and acidity regulators);

- substances that regulate the consistency and form the texture of the product (thickeners, gelling agents, stabilizer, emulsifiers, etc.);

- substances that increase the safety of food and increase their shelf life (preservatives, antioxidants, etc.).

A detailed acquaintance with the purposes of FA use, as well as with groups of FA, depending on their technological purpose, allows us to come to a simple conclusion – the goal justifies the means. The modern beauty industry dictates its own rules and people adapt to it, there are problems with understanding what physical activity is [8], it also forces many people to scrupulously assess the quality of their lives, including nutrition. This leads people to desire a new kind of food. Such foods, for example, should contain a reduced content of lipids and fast carbohydrates (for example, do not contain sugar), have a low calorie content, and also differ in a balanced chemical composition (for example, have a composition enriched with micro – and macroelements). The desires of consumers are closely monitored by food manufacturers. Wanting to expand the sale of their products, they, avoiding production losses, use a simple, cheap and easily implemented method – the use of food additives. It is thanks to the FA that it is possible to achieve satisfaction of the interests of all parties, but only at first glance.

Any medicine in the wrong dose is poison. The effectiveness and safety of FA is determined by the technological feasibility of introducing a specific substance into a food product (improving taste, color, smell, increasing shelf life, etc.).

Safety is established according to a scheme similar to that for medicinal substances. At the beginning, animal tests are carried out, then the obtained data is analyzed on a group of volunteers by transfer, which allows you to set the value of the permissible daily consumption (PDC) of this FA

A specialized scientific committee of experts, the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives and Contaminants (JECFA), is responsible for the application of FA, which is managed by: The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the World Health Organization (WHO).

Quality control of FA is carried out on the basis of specifications that represent the structure of the pharmacopoeia article. FA specifications have been developed by the FAO/WHO Committee of Experts since 1956 and are published in the Compendium of Food Additive specifications (Compendium of Food additive specifications), which is periodically updated [9].

Despite the strict selection of FA acceptable in food, the general trend of their influence on the human body is disappointing. Firstly, due to the fact that almost every food product has one or another

dose of FA, we can talk about the possibility of accumulation different types of harmful effects on humans: toxic, carcinogenic, mutagenic, teratogenic.

Secondly, the desire of people to simplify life by using fast types of food, for example, frozen semi-finished products, which can both contain a large number of different FA and lose their nutritional properties due to the use of physical methods of exposure (improper freezing with the loss of important food components of the product), fast food can also be attributed to this item, makes the body get used to the consumption of destructive substances and deprives it of the ability to fight them.

So antibiotics used with food affect the gastrointestinal tract, as they can disrupt the normal ratio of microorganisms, which causes allergies, and, as a result, skin diseases. The consumption of some artificial sweeteners leads to the fact that an initially healthy body may stop producing enzymes capable of splitting natural sugars, which causes an increase in glucose in the blood and, as a consequence, leads to a prediabetic state [6].

Methods

During the analysis of the young people nutrition (students), such research methods as analysis, interpretation, generalization were used. A survey was conducted among students of the 2–3 courses of the Kuban State Technological University. The purpose of our study was to evaluate the diet of students with the establishment of a daily load of dietary supplements and to determine the possible health risk as a result of their influence.

A study conducted among students using a questionnaire on healthy eating showed that approximately 230 women and 270 men participated in the survey. The average age of students ranged from 19 to 21 years.

To the question of the importance of a healthy diet in life, 60% of students answered that it is necessary; for 25% of students, this question is important, but not the most important in life; 10% answered that it is not necessary; the remaining 5% answered that they are not interested in it.

When asked about the sources of information about a healthy lifestyle, about 35% of students answered that they receive most of the necessary information in the classroom; 45% of students receive information from the Internet, and the remaining 20% from the media.

In the next paragraph, the students had to answer the question whether their lifestyle was healthy. Only 30% of students were able to answer "yes" with confidence, 50% answered "partially", 10% – "no", 10% – "I don't know".

When asked about eating fast food, 85% of students answered that they eat fast food; the remaining 15% do not.

Then it was asked how often students eat fast food. 24% of them answered that they consume once a week; 12% replied that they consume fast food several times a week; 22% replied that they consume fast food once a month; 24% answered "other", 18% of students replied that they consume once a fortnight.

The results of this question were quite unexpected: 40% of students answered that they eat fresh food and vegetables every day; and 54% – 1–3 times a week, 6% – do not use.

The next question showed that 82% of students eat dairy products every day, and 13% – 1–3 a week, and the remaining 5% do not eat at all.

It also turned out that 63% of students eat fish or fish products once a month; 21% – 1–3 times a week; 16% – do not use.

Confectionery is consumed every day by 51% of students; 30% – consume 1–3 times a week; 11% – consume once a month, 8% – does not consume.

In the next question, 73% of students answered that they use chips, crackers and carbonated water every day, 14% – use 1–3 times a week, 11% – once a month, and the remaining 2% – do not use.

The results of further questions indicate that almost all students are aware of the existence of food additives and 80% of them do not pay attention to the label and composition of the product.

It also turned out that students are aware of the existence of useful food additives, but most students found it difficult to answer the question about adding FA to food, some still considered it correct.

The last question showed that the majority of students (60%) believe that dairy products need to be enriched with food additives, and the remaining 40% chose the option "confectionery".

Research results and discussion

It follows from the survey that most students have an idea about the content of FA in their usual food products, but they do not pay much attention to the label and are not interested in the effect of FA on their health. The question of the enrichment of FA of various food products also allows us to come to this conclusion. The opinion about enriching dairy products with FA is incorrect, since in many mass-consumption food products it is not allowed to use certain functional classes of FA, which, of course, makes one think about their safety and expediency of use. For example, it is forbidden to use preservatives in milk, butter, flour, bread (except packaged for long-term storage), baby food products, etc.

The question of whether the lifestyle of students is healthy is indicative (figure 1). Only a third of respondents were able to answer this question in the affirmative. The same conclusion can be reached when analyzing the nutrition of the respondents. 73% of students on a daily basis consume products with the highest FA content in the composition: chips, crackers and carbonated water. Thus, most of the students may be at risk due to the possible consequences of an unbalanced diet (figure 2).

However, there are a number of positive trends in a more thorough examination of student

nutrition trends. Most of the respondents (more than 90%) consume fresh fruits and vegetables, 40% of them on a daily basis. In addition, more than 80% are aware of the importance of a healthy diet in human life.

Based on this questionnaire, we found out whether our students are aware of what dietary supplements are and how they affect our body. Analyzing the results of the questionnaire, we can say with confidence that most of our students monitor their health and adhere to the principles of proper nutrition.

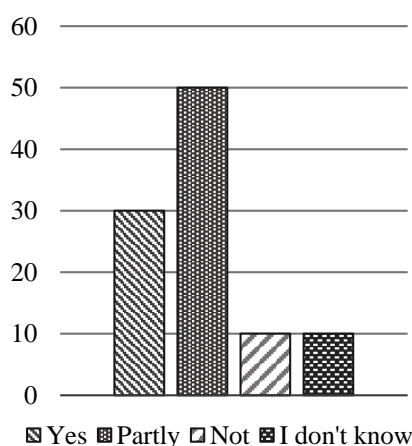


Figure 1. Is Your lifestyle healthy

Conclusion

Undoubtedly, chemistry does not stand still, especially food chemistry. The use of FA has improved production in many ways, however, in order to consume such products, you should analyze your diet and bring in at least 2/3 of products that do not contain FA. The students who took part in the survey, for the most part, realize the importance of proper nutrition, which would be diverse and balanced, however, many do not know the possible impact of FA on the body, continuing to eat foods that can rightfully be called "food garbage".

Our opinion is as follows: the study of substances unknown to us should be approached comprehensively, starting with a small one, for example, reading the label of the product you are going to buy. Because health implies qualitative changes

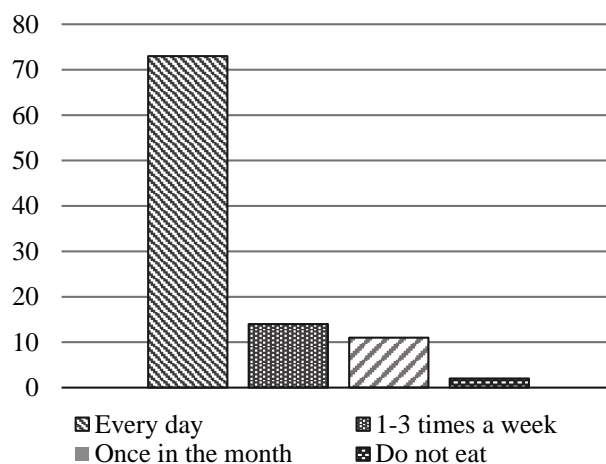


Figure 2. How often do you eat chips, crackers, carbonated water?

in all spheres of life: both in regular physical exertion, which would prevent the occurrence of deconditioning of the body [10], and in maintaining a stable psycho-emotional state, and, of course, in nutrition, which will strengthen the result of the above efforts made to preserve the harmonious state of the body.

Thus, today there are products on sale that contain dangerous and safe food additives. It is necessary to analyze the labels on food products, since not all of them have information about the food additives contained in them. Unfortunately, very dangerous ingredients are found in some products. But today you need to understand that you can not do without food additives, so you should not be afraid of them in the product. Always pay attention to the labeling and shelf life of the product. If you are prone to allergic reactions, exclude from your diet foods containing additives that cause allergies.

References

- 1 Ivanova N.G., Sinelnikova N.A. The solution of some problems in the process of achieving high results in sports through the use of biomedical technologies. Scientific notes of the P.F. Lesgaft University. 2018. no. 9. pp. 129–133.
- 2 Ivanova N.G., Khrebtiiiv V.N. Vision security standard of living and its impact on mental and physical health of the younger generation. Baltic humanitarian journal. 2020. vol. 9. no. 3. pp. 88–90.
- 3 Eremenko V.N., Grinchenko V.S., Tsaava S.V., Pitkin V.A. et al. Optimization of food recipes for people of mental work and their lifestyle. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. vol. 659. no. 1. pp. 012136.
- 4 Maughan R.J., Burke L.M., Dvorak J., Larson-Meyer D.E. et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2018. vol. 28. no. 2. pp. 104-125. doi: 10.1123/ijsnem.2018-0020

5 Eremenko V.N., Lytkin A.V., Sinko O.V., Tyupenkova G.E. et al. Physiology of digestion and the basics of rational nutrition. Proceedings of VSUET. 2019. pp.159–165.

6 Nechaev A.P., Traubenberg S.E., Kochetkova A.A. et al. Food chemistry. St. Petersburg, GIORD, 2015. 672 p.

7 Eremenko V.N., Levchenko A.A. The influence of physical exercises on the mental performance of students. Physical culture and sport in higher educational institutions: topical issues of theory and practice : a collection of articles based on the materials of the national scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the formation of the Department of Physical Education of the Kuban State University, Krasnodar, October 28–29, 2020. Krasnodar, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2020. pp. 507–512.

8 Eremenko V.N., Medvedeva A.S., Levchenko A.A. The role of physical culture in human life. Azimut of scientific research: pedagogy and psychology. 2019. vol. 8. no. 3(28). pp. 353–355. doi: 10.26140/anip-2019-0803-0091

9 Shaulina L.P., Korsun L.N. Quality and safety control of food products and food raw materials: studies. manual. Irkutsk, Publishing House: IGU, 2011. pp. 63.

10 Eremenko V.N., Sinko O.V., Fedorova N.P. The role of physical education in the life of youth. E-Scio. 2019. no. 6(33). pp. 303–310.

11 Ivanova N.G., Sinelnikova N.A. The solution of some problems in the process of achieving high results in sports through the use of biomedical technologies. Scientific notes of the P.F. Lesgaft University. 2018. no. 9. pp. 129–133.

12 Ivanova N.G., Khrebtii V.N. Vision security standard of living and its impact on mental and physical health of the younger generation. Baltic humanitarian journal. 2020. vol. 9. no. 3. pp. 88–90.

13 Eremenko V.N., Grinchenko V.S., Tsaava S.V., Pitkin V.A. et al. Optimization of food recipes for people of intellectual labor and their lifestyle. International Conference on Engineering Research and Cooperation in Global Agricultural Production. 2020. pp. 140.

14 Maughan R.J., Greenhaff P.L., Hespel P. Dietary supplements for athletes: emerging trends and recurring themes. Food, Nutrition and Sports Performance III. 2013. pp. 65-74.

15 Bucci L.R. Dietary supplements as ergogenic aids. Nutrition in exercise and sport. CRC Press, 2022. pp. 315-368.

16 Navarro V.J., Barnhart H., Bonkovsky H.L., Davern T. et al. Liver injury from herbals and dietary supplements in the US Drug-Induced Liver Injury Network. Hepatology. 2014. vol. 60. no. 4. pp. 1399-1408. doi: 10.1002/hep.27317

17 Bagchi D. Nutraceutical and functional food regulations in the United States and around the world. Elsevier, 2014.


18 Kerkisick C.M., Wilborn C.D., Roberts M.D., Smith-Ryan A. et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2018. vol. 15. no. 1. pp. 1-57. doi: 10.1186/s12970-018-0242-y

19 Santana-Gálvez J., Cisneros-Zevallos L., Jacobo-Velázquez D.A. Chlorogenic acid: Recent advances on its dual role as a food additive and a nutraceutical against metabolic syndrome. Molecules. 2017. vol. 22. no. 3. pp. 358. doi: 10.3390/molecules22030358


20 Amiot M.J., Riva C., Vinet A. Effects of dietary polyphenols on metabolic syndrome features in humans: a systematic review. Obesity reviews. 2016. vol. 17. no. 7. pp. 573-586. doi: 10.1111/obr.12409

Сведения об авторах

Вера Н. Еременко старший преподаватель, кафедра физкультуры, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия, vera_er_ko@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5439-6168>

Римма И. Ковтун старший преподаватель, кафедра физического воспитания и спорта, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия, rimmach-ka16@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8018-2224>

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

Vera N. Eremenko senior lecturer, physical education department, Kuban State Technological University, Moskovskaya street, 2, Krasnodar, 350072, Russia, vera_er_ko@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5439-6168>

Rimma I. Kovtun senior lecturer, physical education and sports department, Kuban State Technological University, Moskovskaya street, 2, Krasnodar, 350072, Russia, rimmach-ka16@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8018-2224>

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 17/01/2022	После редакции 09/02/2022	Принята в печать 25/02/2022
Received 17/01/2022	Accepted in revised 09/02/2022	Accepted 25/02/2022

Cattle Sarcocystis spp.infection Prevention and Control

Joseph Rutaganira ¹ rutaganirajoseph@yahoo.com  0000-0001-5939-8365
 Igor Glamazdin ¹ glamazdin@yandex.ru

¹Moscow State University of Food Production (MSUFP); Volokolamskoye Shosse, 11, Moscow, Russia, 125080

Summary. Cattle Sarcocystis spp. Are protozoa. They often parasitise tissues of Cattle. Few of these species are zoonoses. Therefore, they are foodborne parasites associated with consumption of raw or insufficiently thermally treated sarcocystic beef meat. Swallowing oocysts from environmental objects primarily contaminated water, garden crops, grazing on contaminated pasture, etc. can cause Cattle sarcocystosis. Sarcocystis spp specific to Cattle include *S.hominis*, *S.heydorni*, *S.cruzi*, *S.hirsuta*, *S.rommeli* & *S.bovifelis*. Among them, *S.hominis* and *S.heydorni* are zoonotic and pathogenic agents. Human Intestinal/ Muscular Sarcocystosis is a disease that caused by eating raw or poorly cooked Cattle meat infected by Sarcocystis zoonoses (*S.hominis*&*S.heydorni*). Intestinal Sarcocystosis was reported almost from all corners of the world. This has been well documented but no powerful Preventive and control methods available to public yet. With the world growing population, researchers should provide or suggest practical solution to supply safe food to the consumers. During our research work we tried to compare the effectiveness of all available documented Cattle sarcocystis spp. Testing methods to recommend the best one to the public for screening health from infected Cattle before slaughter in the slaughter house. Though culture and society play a fundamental role in foodborne control, we also came up with additional control safety measures recommendations all along the beef meat supply chain.

Keywords: beef meat parasites, cattle sarcocystosis, foodborne parasites, human intestinal sarcocystosis, pcr test.

Introduction

The globalization of the food supply, combined with a greater risk of eating poorly cooked or raw beef meat, can expose human to the infection which may lead to the disease with chronic or acute forms of Intestinal Sarcocystosis (Macpherson and Bidaisee, 2015a).

The genus “**Sarcocystis**” is an obligate parasite in the living body of an intermediate and final host to ensure its life cycle. The genus Sarcocystis contains more than 200 species but six species among others are specific to Cattle where Cattle serve as intermediate hosts of those species. *S.hominis*, *S.heydorni*, *S.cruzi*, *S.hirsuta*, *S.rommeli* & *S.bovifelis* are so far known as sarcocystis species specific to Cattle (Fayer et al., 2015) (Lindsay and Dubey, 2020). Clinically *S.cruzi* is the most pathogenic species for Cattle. Clinical signs of infected Cattle are fever, anemia, emaciation, and hair loss (especially on the rump and tail of the cattle) (Lindsay and Dubey, 2020), and sometimes Cattle may die. Pregnant Cattle may abort, and growth is slowed down or arrested due to sarcocystosis. Sarcocystis species are more specific to the intermediate host than to the definitive host. *S.hominis* and *S.heydorni* are the only zoonotic agents and human serves as a definitive host to them. During *S.heydorni* & *S.hominis* lifecycle, the human beings excrete oocysts and the Cattle contain sarcocyst (Lindsay and Dubey, 2020). Oocysts are passed fully sporulated by the definitive host (predator). The sexual stages develop only in the human (definitive host) whereas asexual stages develop only in the Cattle (intermediate host). Sarcocystis species are more specific to the intermediate host than to the definitive host.

Для цитирования

Rutaganira J., Glamazdin I. Cattle Sarcocystis spp.infection Prevention and Control // Вестник ВГУИТ. 2022. Т 84. № 1. С. 40–42. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-40-42

1 Specificity of Cattle Sarcocystis spp.

From the table below, Sarcocystis spp. Share Cattle as common intermediate host but definitive hosts are different.

Sarcocystis spp. name	Intermediate host	Definitive host
<i>S.hominis</i>	Cattle	Human
<i>S.heydorni</i>	Cattle	Human
<i>S.cruzi</i>	Cattle	Canids (dog)
<i>S.rommeli</i>	Cattle	Felids (Cat,)
<i>S.hirsuta</i>	Cattle	Felids (Cat,)
<i>S.bovifelis</i>	Cattle	Felids (Cat,)

The human beings (definitive host) become infected by intestinal sarcocystosis after ingesting poorly cooked Cattle meat tissues containing *S. hominis* in the form of mature sarcocysts (Khieu et al., 2017). symptoms include nausea, muscle pain, stomachache, abdominal discomfort, diarrhea and itching skin. Bradyzoites liberated from the sarcocyst by ingestion in the stomach and intestinal epithelial tissue penetrate the mucosa of the small intestine and transform into male (micro) and female (macro) stages and after fertilization of a macrogamete by a microgamete a wall develops around the zygote and an oocyst is formed (Lindsay and Dubey, 2020). Oocysts of sarcocystis *hominis* sporulate & release the sporocysts into the intestinal lumen from which they are passed in the feces. Sporocysts are shed two weeks after ingesting the infected beef meat (Lindsay and Dubey, 2020). Cattle fed with water or grass seeded with sporocysts become infected and develop sarcocystosis disease.

For citation

Rutaganira J., Glamazdin I. Cattle Sarcocystis spp.infection Prevention and Control. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84 no. 1. pp. 40–42.. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-40-42

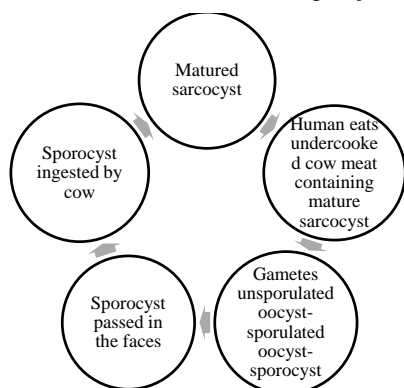


Figure 1. *S.hominis* Lifecycle

The diagnosis of intestinal *Sarcocystis* infection in human can be made by fecal examination. Since it is not possible to distinguish one species of *sarcocystis* from another by structure of sporocysts in the faces, PCR on sporocysts can be used to determine the species present in human.

In Cattle before slaughter diagnosis of muscular sarcocystosis can only be made by histological examination of muscle collected by biopsy or at necropsy. The finding of immature sarcocysts with metrocytes suggests recently acquired infection but if only mature sarcocysts are present then the infection is chronic. An inflammatory response associated with sarcocysts may help to distinguish an active disease process from incidental finding of sarcocysts. Serologic Test and PCR are the best for distinguishing *Sarcocystis* spp in Cattle (Lindsay and Dubey, 2020).

Materials and methods

During our research, the internet was used as tool of searching necessary information with specific websites including ScienceDirect.com, National Center for Biotechnology Information (NCBI), PubMed, Google Scholar, etc.

Results and discussions

Sarcocystis infection is common in Cattle worldwide. Several factors contribute to the high prevalence in muscular infections in Cattle. Six species are so far specific to Cattle as intermediate host but each of them is having its own definitive host (Rubiola et al., 2020). Each infected definitive host can shed millions of infectious sporocysts over several months contaminating the environment (Lindsay and Dubey, 2020). *Sarcocystis* sporocysts and oocysts remain viable for many days in the environment, they are resistant to freezing, and they can withstand winter on pasture. *Sarcocystis* oocysts, unlike those of many other species of coccidia, are passed in feces in the infective form freeing them

from dependence on warm moist weather conditions for maturation to infectivity. There is no vaccine so far to protect Cattle against sarcocystosis (Lindsay and Dubey, 2020). Shedding of *Sarcocystis* oocysts and sporocysts in feces of the definitive hosts is the key factor in the spread of *Sarcocystis* infection; to interrupt this cycle, Religions integrate preventive measures in society. For instance, Cow is a sacred animal in Hinduism. Therefore, it is forbidden for Hindus to slaughter and consume beef meat (Matsuo et al., 2014). Feed, water and bedding for Cattle should be hygienic. Cattle should not graze on pasture. Carnivorous animals should not be allowed on the cattle pasture. people caring for animals should be examined for harboring parasites, toilets should be equipped with modern cleanliness tools on farms. Alternatively, cattle should not graze on pasture. Raw or semi-raw meat should be consumed only in expensive restaurants that buy beef on certified farms and can pay for additional studies for the presence of parasites. Beef meat can be frozen to inhibit sarcocysts activities and prevent them to grow and develop disease. Exposure to heat at 60° C for 20 minutes kills sarcocysts (Lindsay and Dubey, 2020). Dead livestock should be buried or incinerated (Lindsay and Dubey, 2020). Above all educational programs for parasitic zoonoses have to contend with the cultural factors that favor the propagation of the infections. For example, the cultural traditions and values attached to food choices, preparation, and consumption challenge a system of beliefs and practices against health management. The educational efforts must therefore offer sustainable, and affordable solutions to inform relevant behavioral changes to traditional practices (Macpherson and Bidaisee, 2015b). Though globalisation may expose a wide range of people to the foodborne parasites, it enables research teams from a range of disciplines to combine and disseminate their knowledge and skills to serve as the greatest resource for combating these pathogens (Robertson et al., 2014).

Conclusion

Cattle meat related Foodborne parasites may have a serious economic consequences and loss of human lives. No Vaccine to the Cattle sarcocystosis known to public so far and no serious control and preventive measures have been yet taken globally. Therefore, Serological Testing method and PCR are the recommended reliable Intestinal and Muscular *Sarcocystosis* testing methods. More serious studies on Technological Testing methods are needed.

References

- 1 Fayer R., Esposito D.H., Dubey J.P. Human Infections with Sarcocystis Species. Clin. Microbiol. Rev. 2015. vol. 28. pp. 295–311. doi: 10.1128/CMR.00113–14
- 2 Khieu V., Marti H., Chhay S., Char M.C. et al. First report of human intestinal sarcocystosis in Cambodia. Parasitology International. 2017. vol. 66. pp. 560–562. doi: 10.1016/j.parint.2017.04.010
- 3 Lindsay D.S., Dubey J.P. Neosporosis, Toxoplasmosis, and Sarcocystosis in Ruminants. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. 2020. vol. 36. pp. 205–222. doi: 10.1016/j.cvfa.2019.11.004
- 4 Macpherson C.N.L., Bidaisee S. Role of society and culture in the epidemiology and control of foodborne parasites, in: Foodborne Parasites in the Food Supply Web. Elsevier. 2015a. pp. 49–73. doi: 10.1016/B978-1-78242-332-4.00004-7
- 5 Macpherson C.N.L., Bidaisee S. Role of society and culture in the epidemiology and control of foodborne parasites, in: Foodborne Parasites in the Food Supply Web. Elsevier. 2015b. pp. 49–73. doi: 10.1016/B978-1-78242-332-4.00004-7
- 6 Matsuo K., Kamai R., Uetsu H., Goto H. et al. Seroprevalence of Toxoplasma gondii infection in cattle, horses, pigs and chickens in Japan. Parasitology International. 2014. vol. 63. pp. 638–639. doi: 10.1016/j.parint.2014.04.003
- 7 Robertson L.J., Sprong H., Ortega Y.R., van der Giessen J.W.B. et al. Impacts of globalisation on foodborne parasites. Trends in Parasitology. 2014. vol. 30. pp. 37–52. doi: 10.1016/j.pt.2013.09.005
- 8 Rubiola S., Civera T., Ferroglio E., Zanet S. et al. Molecular differentiation of cattle Sarcocystis spp. by multiplex PCR targeting 18S and COI genes following identification of Sarcocystis hominis in human stool samples. Food and Waterborne Parasitology. 2020. vol. 18. pp. e00074. doi: 10.1016/j.fawpar.2020.e00074
- 9 Januškevičius V., Januškevičienė G., Prakas P., Butkauskas D. et al. Prevalence and intensity of Sarcocystis spp. infection in animals slaughtered for food in Lithuania. Veterinárni medicína. 2019. vol. 64. no. 4. pp. 149–157. doi: 10.17221/151/2017-VETMED
- 10 Mirzaei M., Rezaei H. A survey on Sarcocystis spp. infection in cattle of Tabriz city, Iran. Journal of Parasitic Diseases. 2016. vol. 40. no. 3. pp. 648–651. doi: 10.1007/s12639-014-0551-2
- 11 El-Kady A.M., Hussein N.M., Hassan A.A. First molecular characterization of Sarcocystis spp. in cattle in Qena Governorate, Upper Egypt. Journal of parasitic diseases. 2018. vol. 42. no. 1. pp. 114–121. doi: 10.1007/s12639-017-0974-7
- 12 Mavi S.A., Teimouri A., Mohebbi M., Yazdi M.K.S. et al. Sarcocystis infection in beef and industrial raw beef burgers from butcheries and retail stores: A molecular microscopic study. Heliyon. 2020. vol. 6. no. 6. pp. e04171. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04171
- 13 Lau Y.L., Chang P.Y., Tan C.T., Fong M.Y. et al. Sarcocystis nesbitti infection in human skeletal muscle: possible transmission from snakes. The American journal of tropical medicine and hygiene. 2014. vol. 90. no. 2. pp. 361. doi: 10.4269/ajtmh.12-0678
- 14 Amairia S., Amdouni Y., Rjeibi M.R., Rouatbi M. et al. First molecular detection and characterization of Sarcocystis species in slaughtered cattle in North-West Tunisia. Meat science. 2016. vol. 122. pp. 55–59. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.07.021
- 15 Portella L.P., Fernandes F.D.A., Rodrigues F.D.S., Minuzzi C.E. et al. Macroscopic, histological, and molecular aspects of Sarcocystis spp. infection in tissues of cattle and sheep. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária. 2021. vol. 30. doi: 10.1590/S1984-29612021050
- 16 Nouroollahi-Fard S.R., Kheirandish R., Sattari S. Prevalence and histopathological finding of thin-walled and thick-walled Sarcocysts in slaughtered cattle of Karaj abattoir, Iran. Journal of Parasitic Diseases. 2015. vol. 39. no. 2. pp. 272–275. doi: 10.1007/s12639-013-0341-2
- 17 Amairia S., Rouatbi M., Rjeibi M.R., Gomes J. et al. Molecular detection of Toxoplasma gondii and Sarcocystis spp. co-infection in Tunisian Merguez, a traditional processed sausage beef meat. Food Control. 2021. vol. 121. pp. 107618. doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107618
- 18 Faghiri E., Davari A., Nabavi R. Histopathological Survey on Sarcocystis Species Infection in Slaughtered Cattle of Zabol-Iran/Zabol-Iran'da Kesilen Sigirlarda Sarcocystis Turlerinin Yol Actigi Enfeksiyonlar Uzerine Histopatolojik Inceleme. Turkish Journal of Parasitology. 2019. vol. 43. no. 4. pp. 182–187.
- 19 Mousa M.M., El Sokkary M.Y., Hamouda Abd El Naby W.S., Hegazy M.A. The Prevalence of Sarcocystis Affecting Slaughtered Cattle and Buffalo at SirsElia Abattoir in Egypt. Alexandria Journal for Veterinary Sciences. 2021. vol. 69. no. 2.
- 20 Chauhan R.P., Kumari A., Nehra A.K., Ram H. et al. Genetic characterization and phylogenetic analysis of Sarcocystis suihominis infecting domestic pigs (Sus scrofa) in India. Parasitology Research. 2020. vol. 119. no. 10. pp. 3347–3357. doi: 10.1007/s00436-020-06857-3

Information about authors

Joseph Rutaganira PhD Candidate, Veterinary Medicine department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoye Shosse, 11, Moscow, Russia, 125080, rutaganirajoseph@yahoo.com

Igor Glamazdin professor, Veterinary Medicine department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoye Shosse, 11, Moscow, Russia, 125080, glamazdin@yandex.ru

Contribution

Joseph Rutaganira wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Igor Glamazdin consultation during the study







Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 1.27.2022

Accepted 3.1.2022

Разработка рецептуры и качественных характеристик продуктов питания на основе злаков







Юлия В. Устинова	1	yul48888048@yandex.ru	 0000-0002-1649-889X
Татьяна В. Шевченко	1	tatyana.shevchenko@mail.com	 0000-0002-8115-6909
Анатолий М. Попов	1	popov4116@yandex.ru	 0000-0003-0728-7211
Константин Б. Плотников	1	k.b.plotnikov.rf@gmail.com	 0000-0003-4145-0027
Евгения О. Ермолаева	1	eeo38191@mail.ru	 0000-0003-2312-7955
Екатерина С. Миллер	1	klyakca@mail.ru	 0000-0002-7538-8076

1 Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия

Аннотация. В настоящее время овес получил значительное внимание за высокое содержание пищевых волокон, фитохимических веществ и питательную ценность. Считается, что потребление овса обладает различными преимуществами для здоровья, такими как гиполипидемические и противораковые свойства. Овес также в последнее время считается подходящим в рационе пациентов с целиакией. Благодаря своей высокой питательной ценности, пищевые продукты на основе овса, такие как хлеб, печенье, печенье, пробиотические напитки, сухие завтраки, хлопья и детское питание, получают все большее внимание. Исследования и разработки овса и продуктов из него могут быть полезны в борьбе с различными заболеваниями, известными человечеству. Цель работы – получение функциональных продуктов с улучшенными свойствами, за счет использования овсяных отрубей и цельных овсяных хлопьев. Данное исследование было направлено на разработку продуктов питания на основе овса с использованием овсяных отрубей и цельных овсяных хлопьев. Для этой цели были разработаны завтраки путем замены пшеничной муки различными уровнями овсяных отрубей (30; 50; 80 %), в то время как овсяные хлопья были включены на разных уровнях (10; 15; 20%) в рецептуру. Был проанализирован приблизительный состав (влажность, зола, жир, клетчатка, белок, углеводы) сырья и продуктов из овса. Обогащение овсяных отрубей и овсяных хлопьев способствовало повышению содержания клетчатки и минералов в обоих разработанных продуктах. Добавление продуктов из овса не повлияло на органолептические показатели продукции.

Ключевые слова: овес, вафли, завтраки, хлопья, рецептура, пшеничная мука

Development of recipes and qualitative characteristics of cereals-based food products

Yulia V. Ustinova	1	yul48888048@yandex.ru	 0000-0002-1649-889X
Tatiana V. Shevchenko	1	tatyana.shevchenko@mail.com	 0000-0002-8115-6909
Anatoly M. Popov	1	popov4116@yandex.ru	 0000-0003-0728-7211
Konstantin B. Plotnikov	1	k.b.plotnikov.rf@gmail.com	 0000-0003-4145-0027
Evgenia O. Ermolaeva	1	eeo38191@mail.ru	 0000-0003-2312-7955
Ekaterina S. Miller	1	klyakca@mail.ru	 0000-0002-7538-8076

1 Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia

Abstract. Currently, considerable attention is drawn to oats for its high content of dietary fiber, phytochemicals and nutritional value. The consumption of oats is believed to have various health benefits such as cholesterol-lowering and anti-cancer properties. Recently, oats have also been considered suitable in the diet of celiac patients. Due to their high nutritional value, oat-based food products such as bread, biscuits, probiotic drinks, breakfast cereals, flakes and baby food are gaining more and more popularity. Research and development of oats and oat products can be useful in the fight against various diseases known to mankind. The aim of the work is to obtain functional products with improved properties through the use of oat bran and whole oat flakes. This research focused on the development of oat-based food products with oat bran and whole oatmeal. For this purpose, breakfasts have been developed by replacing wheat flour with various levels of oat bran (30%; 50%; 80%) while oatmeal has been included at various levels (10%; 15%; 20%) in the recipe. The approximate composition of raw materials and products from oats (moisture, ash, fat, fiber, protein, carbohydrates) was analyzed in the work. The enrichment of oat bran and oatmeal increased the fiber and mineral content of both developed products. The addition of oat products did not affect the organoleptic characteristics of the product.

Keywords: oats, waffles, breakfasts, cereals, recipes, wheat flour

Введение

Овес (*Avena sativa*) обладает уникальными свойствами, которые отличают его помол от других злаковых зерен – их оболочка не связана с эндоспермом, они имеют более высокое

содержание жира, чем большинство злаковых зерен, и содержат высокий уровень растворимых пищевых волокон [1–3]. Овес обрабатывается как цельное зерно, поскольку его крупа мягче, чем другие зерна, такие как пшеница.

Для цитирования

Устинова Ю.В., Шевченко Т.В., Попов А.М., Плотников К.Б., Ермолаева Е.О., Миллер Е.С. Разработка рецептуры и качественных характеристик продуктов питания на основе злаков // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 43–48. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-43-48

For citation

Ustinova Yu.V., Shevchenko T.V., Popov A.M., Plotnikov K.B., Ermolaeva E.O., Miller E.S. Development of recipes and qualitative characteristics of cereals-based food products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 43–48. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-43-48

Внешний слой крупы является важным источником белка, нейтральных липидов, β -глюкана, фенолов и ниацина. Внутренний эндосперм состоит из белков, крахмала и β -глюкана, в то время как зародыш содержит в основном липиды и белки [4].

В процессе измельчения существует множество этапов, наиболее важными из которых являются очистка от шелухи, термическая обработка для инактивации ферментов, вызывающих прогорклость, резка, прокатка или измельчение, чтобы превратить крупу в продукт, который можно быстро приготовить и / или включить в другие пищевые продукты. Так, основными продуктами, получаемыми после переработки овса, являются овсяные хлопья, овсяная мука, овсяные отруби, концентрированный β -глюкан, овсяная шелуха и т. д. [5–8].

Отруби являются съедобной продукцией, самый внешний слой ядра овса получают путем измельчения чистой крупы или овсяных хлопьев для разделения полученной муки путем просеивания. В нем содержится общее количество β -глюкана, пищевых волокон менее 5,5 и 16,0% соответственно, при этом по меньшей мере одна треть общего количества пищевых волокон содержит растворимые волокна. Отруби овса содержат 17,1% белка, 67,9% углеводов, 8,6% жира, 15–22% пищевых волокон, 10,4% β -глюкана, 1,3 мг ниацина, 171 мг магния, 6,4 мг железа, 0,17 мг меди, 441 мг калия и α -токоферола менее 0,5 мг [9–12].

Цельная овсяная крупа содержит большое количество важных питательных веществ, таких как растворимые волокна, белки, ненасыщенные жирные кислоты, витамины, минералы и фитохимические вещества. Комплекс пищевых волокон с антиоксидантами и другими фитохимическими веществами эффективен против сердечно-сосудистых заболеваний и многих других заболеваний [13–15].

Пищевые волокна овса содержат важный компонент β -D глюкан. Очищенный β -глюкан овса представляет собой линейный, неразветвленный полисахарид, состоящий из 1–4-О-связанных (70%) и 1–3-О-связанных (30%) β -D глюкопиранозильных единиц. Физиологические эффекты β -глюкана связаны с его вязкостью [16–17].

В последние годы рынок продемонстрировал заметный интерес к разработке продуктов питания, содержащих функциональные ингредиенты, поэтому интерес к овсу также возрос.

В связи с растущим спросом на более здоровые продукты, хлебопекарная промышленность направляет свои усилия на разработку функциональных продуктов питания. Питательные батончики, гранулированные завтраки стали решением для быстрых перекусов в современной жизни. Овес – это зерновая культура, которая обычно принимается потребителями во всем мире [18–20].

Цель работы – получение функциональных продуктов с улучшенными свойствами, за счет использования овсяных отрубей и цельных овсяных хлопьев.

Материалы и методы

В качестве объектов исследований использовали пшеничную муку, овсяные отруби, оливковое масло, бикарбонат натрия, соль, порошок из сушеных овощей, сушеные яблоки, молотые грецкие орехи, малиновый сироп, сахар, вафли, завтраки.

В работе использовали следующие методы исследования: отбор и подготовка проб проводили по ГОСТ 5904; определение органолептических показателей, массы единичного изделия по ГОСТ 5897; определение влаги по ГОСТ 5900; определение массовой доли золы по ГОСТ 5901; определение жиров, белков и углеводов, клетчатки по ГОСТ 31902–2012.

Результаты

Приготовление вафель. Были приготовлены четыре образца вафель путем замены пшеничной муки на овсяные отруби (0–80%) (таблица 1). Количество дополнительного сырья, использованного для образцов, следующее: оливковое масло (32%), бикарбонат натрия (0,8%), соль (1,5%), порошок из сушеных овощей (5%) и вода (200%). Основные характеристики пшеничной муки, используемой для приготовления вафель: массовая доля золы 0,510%, массовая доля сырой клейковины 28,0, влажность 13,48% и содержание белка 11,28% (% сухого вещества). Ингредиенты были тщательно перемешаны в сбивальной машине. Чтобы получить рисунок (похожий на сетку) с глубокими углублениями с каждой стороны, тесто было сформовано в металлическом приборе.

Тесто выпекалось в вафельнице – печи при температуре 350 С в течение 3-х минут. Вафли охлаждали при комнатной температуре, упаковывали в алюминированные пакеты, запечатывали и хранили в прохладном, сухом месте. Рецептуры вафель представлены в таблице 1.

Таблица 1.
Смеси для вафель, полученные путем замены пшеничной муки овсяными отрубями

Table 1.
Waffle mixes made by replacing wheat flour with oat bran

Ингредиент, % Ingredient, %	Образец | Sample			
	1	2	3	4
Пшеничная мука | Wheat flour	100	70	50	20
Овсяные отруби | Oat bran	0	30	50	80

Завтраки были получены в трех экспериментальных образцах.

Образцы были приготовлены путем смешивания ингредиентов, нагревания смородинового сиропа до температуры кипения и тщательного смешивания с предварительно смешанными сухими ингредиентами. Полученную смесь взвешивали, прессуя в прямоугольные бруски (25 × 75 × 10 мм) и оставляли охлаждаться в течение 6 часов. Завтраки в виде батончиков упаковывали в асептические пакеты и хранились в прохладном, сухом месте. Рецептуры завтраков представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Рецептуры завтраков, полученные с использованием различных количеств овсяных хлопьев (10; 15; 20%)

Table 2.
Breakfast recipes made using various amounts of oatmeal (10; 15; 20%)

Ингредиент, %	Образец | Sample		
	1	2	3
Овсяные хлопья | Oat flakes	10,00	15,00	20,00
Сушеные яблоки | Dried apples	50,00	45,00	40,00
Молотый грецкий орех Chopped walnuts	12,00	12,00	12,00
Малиновый сироп Raspberry syrup	8,00	8,00	8,00
Сахар | Sugar	20,00	20,00	20,00

Химический состав разработанных на основе овса вафель и завтраков

Chemical composition of waffles and breakfasts developed on the basis of oats

Содержание, % Content, %	Образец | Sample Вафли | Waffles				Образец | Sample Завтрак | Breakfast		
	1	2	3	4	1	2	3
Влажность | Humidity	3,25	3,46	3,91	4,32	21,65	23,41	24,43
Зола | Ash	2,16	2,39	2,71	3,10	0,98	1,12	1,62
Жиры | Fats	11,33	11,49	11,61	11,78	10,78	11,05	11,23
Клетчатка | Fiber	1,24	2,15	3,21	4,34	4,97	5,25	5,45
Белки | Protein	7,90	9,87	11,01	12,56	5,74	6,91	7,87
Углеводы | Carbohydrates	73,67	70,52	67,67	64,35	55,88	52,27	49,26

Были проанализированы состав овсяных отрубей, овсяных хлопьев, вафель и завтраков.

Показатели качества готовых изделий определяли в соответствии с требованиями нормативной документации.

Средние значения химического состава овсяных отрубей и овсяных хлопьев показаны на рисунке 1.



Рисунок 1. Химический состав овсяных отрубей и овсяных хлопьев: 1-влажность; 2 – зола; 3 – жиры; 4 – клетчатка; 5 – белки; 6 – углеводы

Figure 1. The chemical composition of oat bran and oatmeal: 1 humidity; 2 – ash; 3 – fats; 4 – fiber; 5 – proteins; 6 – carbohydrates

Овсяные отруби показали улучшенное содержание сырого жира (10,00%) и белка (10,10%) по сравнению с овсяными хлопьями. Содержание жира в овсяных отрубях было в 1,5 раза выше, чем в овсяных хлопьях.

Химический состав разработанных продуктов на основе овса приведены в таблице 3.

Содержание влаги в вафлях варьировалось между 3,25% (Образец № 1) и 4,32% (Образец № 4). Добавление овсяных отрубей от 30% до 80% привело к небольшому увеличению содержания влаги, как видно из таблицы 3, это объясняется влагоудерживающей способности волокон овсяных отрубей.

Таблица 3.

Table 3.

Что касается завтраков, увеличение добавления овсяных хлопьев в закусочные (Образцы 1; 2; 3) не оказало существенного влияния на содержание влаги в продуктах (таблица 3).

На содержание золы, клетчатки и белка в завтраках значительно повлияло увеличение добавления овсяных хлопьев. В образце № 3 зафиксировано самое высокое содержание золы (1,62%), клетчатки (5,45%) и белка (7,87%). В образцах 1; 2; 3 отмечено относительно высокое содержание белка.

Органолептическую оценку образцов проводили по пятибалльной шкале. В основу шкалы положена 5-балльная система: каждый показатель имеет пять степеней качества, соответствующих оценке «отлично» (5); «хорошо» (4); «удовлетворительно» (3); «плохо» (2), и «очень плохо» («неудовлетворительно») (1).

Органолептическая оценка овсяных вафель существенно не отличалась, но были обнаружены значительные различия между контрольным образцом № 1 и образцом, содержащим овсяных отрубей 80%, что позволяет предположить, что присутствие овсяных отрубей благоприятно влияло на качество продукции (таблица 4).

Образец № 4 (вафли) показал самые высокие значения органолептических показателей (вкус, запах, поверхность, форма, цвет). Результаты показали, что использование овсяных отрубей и овсяных хлопьев не оказало негативного влияния на потребительскую оценку продуктов на основе овса.

Поверхность завтраков показала низкие баллы по всем органолептическим показателям. Это может быть связано с высоким содержанием влаги в образцах.

Таблица 4.

Органолептическая оценка вафель и завтраков

Table 4.

Organoleptic evaluation of waffles and breakfasts

Показатель Indicator	Образец | Sample Вафли | Waffles				Образец | Sample Завтрак | Breakfast		
	1	2	3	4	1	2	3
Вкус и запах | Taste and smell	4,1	4,3	4,5	4,9	3,8	4,0	4,0
Поверхность | Surface	3,9	4,0	4,5	4,8	3,7	4,1	4,1
Форма | Shape	3,8	4,1	4,7	4,8	3,7	4,1	3,9
Цвет | Color	3,9	4,1	4,8	4,9	3,9	4,2	4,0

В этом исследовании были разработаны два вида продуктов на основе овса с использованием овсяных отрубей и овсяных хлопьев в рецептурах вафель и завтраков. Исследование показало, что добавление овсяных отрубей до 80% в рецептуру вафель возможно для получения продукта с хорошими качественными характеристиками.

Также смесь овсяных хлопьев приводят к созданию завтраков с улучшенными питательными и сенсорными характеристиками.

Оба продукта показали хорошую сенсорную и пищевую ценность, обеспечив высокое количество минералов и белков.

Заключение

При использовании овсяных отрубей и овсяных хлопьев в составе полученных продуктов появляется возможность сконструировать новый ассортимент изделий здорового питания. На сегодняшний день особенно сухие завтраки являются превосходной альтернативой традиционным бутербродам для быстрого и полезного перекуса.

Литература

- 1 Пономарева Е.И., Лукина С.И., Кустов В.В., Габелко Е.А. Обоснование рациональной влажности пшеничного хлеба, обогащенного мукой из овсяных отрубей // Вестник ВГУИТ. 2017. № 2 (72). С. 121–125. doi:10.20914/2310-1202-2017-2-121-125
- 2 Гематдинова В.М., Канарский А.В., Канарская З.А., Сметанская И.И. Влияние щелочной и ферментативной обработки зерна овса и овсяных отрубей на выход β -глюкана // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 3. С. 164–168. doi:10.20914/2310-1202-2017-3-164-168
- 3 Конева М.С., Бугаец Н.А. Использование пророщенного зерна злаковых культур в технологии изготовления продукции общественного питания // Наука Кубани. 2017. № 2. С. 55-62.
- 4 Wilvert E., Olson O., Wallenhammar AS. et al. Scientific data on sustainable strategies for protecting oats from plant diseases in Sweden: a systematic map // Environ Evid. 2021. V. 10. P. 24. doi: 10.1186/s13750-021-00239-7
- 5 Decker E.A., Rose, D., Stewart D. Oat processing and the impact of processing operations on nutrition and health benefits // Br J Nutr. 2014. V. 112. P. 58–64.
- 6 Newell M.A., Asato F.G., Scott M.P. et al. Genome-wide associative study of oats (*Avena sativa* L.) of β -glucan concentration using germ plasma of world origin // Theor Appl Genet. 2012. V. 125. P. 1687–1696.


- 7 Чекина М.С., Меледина Т.В., Баталова Г.А. Перспективы использования овса в производстве продуктов специального назначения // Известия СПбГАУ. 2016. № 43. С. 20–25.
- 8 Лоскутов И.Г., Полонский В.И. Селекция на содержание β -глюканов в зерне овса как перспективное направление для получения продуктов здорового питания, сырья и фуража (обзор) // С.-х. биол., Сельхозбиология. 2017. № 4. С. 646–657.
- 9 Khanna P. Oats: Understanding the Science // International Journal of Food Science and Nutrition. 2016.
- 10 Clemens R., Van Klinken B. Oats, more than just whole grains: an introduction // British Journal of Nutrition. 2014. V. 112 (S2). P. 1–3. doi:10.1017/S0007114514002712
- 11 Tosh S.M., Bordenave N. Emerging science on benefits of whole grain oat and barley and their soluble dietary fibers for heart, glycemic response, and gut microbiota // Nutrition Reviews. 2020. V. 78. P. 13–20. doi: 10.1093/nutrit/nuz085
- 12 Gates F.K., Dobraszczyk B. Mechanical properties of oats and oat products // Agricultural and Food Sciences. 2004. V. 13(1–2). P. 113–123. doi: 10.2137/1239099041837978
- 13 Ur R.T., Mian S., Ali I., Muhammad H. et al. Development and Quality Characteristics of Cereals-Legumes Blended Muffins // Journal of Environmental and Agricultural Sciences. 2016.
- 14 Das A., Raychaudhuri U., Chakraborty R. Cereal functional food of the Indian subcontinent: a review // J Food Sci Technol. 2012. V. 49(6). P. 665–672. doi:10.1007/s13197-011-0474-1
- 15 Baublis A.J., Lu C., Clydesdale F.M., Decker E.A. Potential of wheat-based breakfast cereals as a source of dietary antioxidants // J Am Coll Nutr. 2000. V. 19(3). P. 308–311.
- 16 Островерхова Т.Н. Некоторые аспекты производства безглютеновых изделий // Кондитерское производство. 2012. № 5. С. 22–23.
- 17 Хосни Р.К. Зерно зернопереработка; пер. с англ. под общ. ред Н.П. Черныяева. СПб: Профессия, 2006. 336 с.
- 18 Janatuinen E.K., Kemppainen T.A., Julkunen R.J. A comparison of diets with and without oats in adults with celiac disease // Gut. 2002. V. 50. P. 332–335.
- 19 Lovegrove A., Edwards C.H., De Noni I. Role of polysaccharides in food, digestion, and health // Critical reviews in food science and nutrition. 2017. V. 57 (2). P. 237–253.
- 20 Lundin K.E., Nilsen E.M., Scott H.G., Loberg E.M. et al. Oats induced villous atrophy in coeliac disease // Gut. 2003. V. 52. P. 1649–1652.

References


- 1 Ponomareva E.I., Lukina S.I., Kustov V.V., Gabelko E.A. Substantiation of the rational moisture content of wheat bread enriched with oat bran flour. Proceedings of VSUET. 2017. no. 2 (72). pp. 121–125. doi:10.20914/2310-1202-2017-2-121-125 (in Russian).
- 2 Gematdinova V.M., Kanarsky A.V., Kanarskaya Z.A., Smetanskaya I.I. Influence of alkaline and enzymatic treatment of oat grain and oat bran on the yield of β -glucan. Proceedings of VSUET. 2017. vol. 79. no. 3. pp. 164–168. doi:10.20914/2310-1202-2017-3-164-168 (in Russian).
- 3 Koneva M.S., Bugaets N.A. The use of germinated grain of cereal crops in the technology of manufacturing public catering products. Science of the Kuban. 2017. no. 2. pp. 55–62. (in Russian).
- 4 Wilvert E., Olson O., Wallenhammar A.S. et al. Scientific data on sustainable strategies for protecting oats from plant diseases in Sweden: a systematic map. Environ Evid. 2021. vol. 10. pp. 24. doi: 10.1186/s13750-021-00239-7
- 5 Decker E.A., Rose, D., Stewart D. Oat processing and the impact of processing operations on nutrition and health benefits. Br J Nutr. 2014. vol. 112. pp. 58–64.
- 6 Newell M.A., Asato F.G., Scott M.P. et al. Genome-wide associative study of oats (*Avena sativa* L.) of β -glucan concentration using germ plasma of world origin. Theor Appl Genet. 2012. vol. 125. pp. 1687–1696.
- 7 Chekina M.S., Meledina T.V., Batalova G.A. Prospects for the use of oats in the production of special-purpose products. Izvestiya SPbGAU. 2016. no. 43. pp. 20–25. (in Russian).
- 8 Loskutov I.G., Polonsky V.I. Breeding for the content of β -glucans in oat grain as a promising direction for obtaining healthy food products, raw materials and fodder (review). S.-kh. biol., Agricultural biology. 2017. no. 4. pp. 646–657. (in Russian).
- 9 Khanna P. Oats: Understanding the Science. International Journal of Food Science and Nutrition. 2016.
- 10 Clemens R., Van Klinken B. Oats, more than just whole grains: an introduction. British Journal of Nutrition. 2014. vol. 112 (S2). pp. 1–3. doi:10.1017/S0007114514002712
- 11 Tosh S.M., Bordenave N. Emerging science on benefits of whole grain oat and barley and their soluble dietary fibers for heart, glycemic response, and gut microbiota. Nutrition Reviews. 2020. vol. 78. pp. 13–20. doi: 10.1093/nutrit/nuz085
- 12 Gates F.K., Dobraszczyk B. Mechanical properties of oats and oat products. Agricultural and Food Sciences. 2004. vol. 13(1–2). pp. 113–123. doi: 10.2137/1239099041837978
- 13 Ur R.T., Mian S., Ali I., Muhammad H. et al. Development and Quality Characteristics of Cereals-Legumes Blended Muffins. Journal of Environmental and Agricultural Sciences. 2016.
- 14 Das A., Raychaudhuri U., Chakraborty R. Cereal functional food of the Indian subcontinent: a review. J Food Sci Technol. 2012. vol. 49(6). pp. 665–672. doi:10.1007/s13197-011-0474-1
- 15 Baublis A.J., Lu C., Clydesdale F.M., Decker E.A. Potential of wheat-based breakfast cereals as a source of dietary antioxidants. J Am Coll Nutr. 2000. vol. 19(3). pp. 308–311.
- 16 Островерхова Т.Н. Some aspects of the production of gluten-free products. Confectionery production. 2012. no. 5. pp. 22–23. (in Russian).
- 17 Hosny R.K. Grain grain processing; per. from English. under total ed N.P. Chernyaev. St. Petersburg, Profession, 2006. 336 p. (in Russian).
- 18 Janatuinen E.K., Kemppainen T.A., Julkunen R.J. A comparison of diets with and without oats in adults with celiac disease. Gut. 2002. vol. 50. pp. 332–335.
- 19 Lovegrove A., Edwards C.H., De Noni I. Role of polysaccharides in food, digestion, and health. Critical reviews in food science and nutrition. 2017. vol. 57 (2). pp. 237–253.
- 20 Lundin K.E., Nilsen E.M., Scott H.G., Loberg E.M. et al. Oats induced villous atrophy in coeliac disease. Gut. 2003. vol. 52. pp. 1649–1652.

Сведения об авторах


Юлия В. Устинова к.т.н., доцент, кафедра управления качеством, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, yul48888048@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1649-889X>


Татьяна В. Шевченко д.т.н., профессор, кафедра общей и неорганической химии, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, tatyana.shevchenko@mail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8115-6909>


Анатолий М. Попов д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов технологических систем, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, popov4116@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0728-7211>


Константин Б. Плотников к.т.н., доцент, кафедра машины и аппараты технологических систем, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, k.b.plotnikov.rf@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4145-0027>

Евгения О. Ермолаева д.т.н., профессор, кафедры управление качеством, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, eeo38191@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2312-7955>

Екатерина С. Миллер аспирант, кафедры мехатроники и автоматизации технологических систем, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, г. Кемерово 650000, Россия, klyaksa@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7538-8076>

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. Ustinova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, yul48888048@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1649-889X>


Tatiana V. Shevchenko Dr. Sci. (Engin.), professor, general and inorganic chemistry department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, tatyana.shevchenko@mail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8115-6909>


Anatoly M. Popov Dr. Sci. (Engin.), professor, machines and apparatuses of technological systems department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, popov4116@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0728-7211>


Konstantin B. Plotnikov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, machines and apparatuses of technological systems department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, k.b.plotnikov.rf@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4145-0027>

Evgenia O. Ermolaeva Dr. Sci. (Engin.), quality management department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, eeo38191@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2312-7955>

Ekaterina S. Miller graduate student, mechatronics and automation of technological systems department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, klyaksa@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7538-8076>

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 19/01/2022	После редакции 08/02/2022	Принята в печать 01/03/2022
Received 19/01/2022	Accepted in revised 08/02/2022	Accepted 01/03/2022

Анализ и исследование состава белково-витаминного продукта из растительного сырья

Валентина А. Хантургаева¹ khanturgaeva95@mail.ru  0000-0001-5099-2501
Инга В. Хамаганова¹ xiv@mail.ru  0000-0002-9953-7654

¹ Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, ул. Ключевская, д.40, строение 1, г. Улан-Удэ, 670013, Россия

Аннотация. Согласно новому отчету Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) в мире существует проблема нехватки продуктов, богатых белком, из-за влияния COVID-19 и других факторов. Недостаток белка в организме приводит к нарушениям процессов, в которых участвует белок и снижению иммунитета. Так как основная нехватка белка связана с падениями темпов производства продуктов, содержащих животный белок, актуальным является применение современных технологий для создания альтернатив в виде растительных источников белка. Для решения данной проблемы нами был разработан продукт, полученный из кедрового жмыха путем измельчения и последующей его обработки этиловым спиртом в СВЧ установке под вакуумом в течении 5–10 мин. В статье приведены результаты исследования химического состава и обоснована биологическая ценность белково-витаминного продукта. Исследования химического состава разработанного продукта показали высокое содержание эссенциальных веществ, а именно белка 47%. Также анализ аминокислотного состава установил наличие 18 аминокислот, незаменимые и условно незаменимые аминокислоты обнаружены в количестве 43%. Расчёты показателей биологической ценности белка разработанного продукта указывают на полноценность и сбалансированность аминокислотного состава. Что свидетельствует о высокой биологической ценности белка, содержащегося в белково-витаминном продукте. Минеральный состав разработанного продукта способен на 50% удовлетворить суточную потребность в минеральных веществах необходимых организму человека. Также в продукте были идентифицированы водорастворимые витамины группы В и витамин С. Полученные данные указывают на возможность применения белково-витаминного продукта в качестве, как самостоятельного продукта для профилактики белково-энергетической недостаточности, так и в качестве функциональной добавки при производстве продуктов питания, для повышения их пищевой ценности.

Ключевые слова: химический состав, белок, растительный белок, аминокислотный состав, биологическая ценность, кедровый жмых, мясные продукты

The analysis and research of the composition a protein-vitamins product from plant materials

Valentina A. Khanturgaeva¹ khanturgaeva95@mail.ru  0000-0001-5099-2501
Inga V. Hamaganova¹ xiv@mail.ru  0000-0002-9953-7654

¹ East Siberia State University of Technology and Management, Klyuchevskaya St., 40V-1, Ulan-Ude, 670013, Russia

Abstract. According to a new report from the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), there is a problem of a shortage of protein-rich foods in the world due to the influence of COVID-19 and other factors. Lack of protein in the body leads to disturbances in the processes in which protein is involved and a decrease in immunity. Since the main protein deficiency is associated with a drop in the rate of manufacturing of products containing animal protein, it is relevant to use modern technologies to create alternatives in the form of plant protein sources. To solve this problem, we have developed a product obtained from cedar oilcake by grinding and then processing it with ethyl alcohol in a microwave installation under vacuum for 5-10 minutes. The article presents results of the study of the chemical composition and substantiates the biological value of the protein-vitamins product. Research of the chemical composition of the developed product showed a high content of essential substances, protein 47%. The analysis of the amino acid composition established the presence of 18 amino acids, nonessential and conditionally essential amino acids were found in an amount of 43%. The indicators of the biological value of the protein of the developed product indicate the completeness and balance of the amino acid composition. This proves the high biological value of the protein contained in the protein-vitamin product. The mineral composition of the developed product is capable of meeting the daily requirement for minerals necessary for the human body by 50%. In the product identified water-soluble vitamins group B and vitamin C. The obtained data indicate the possibility of using a protein-vitamin product as an independent product for the prevention of protein-energy malnutrition, and as a functional additive in food production, to increase their nutritional value.

Keywords: chemical composition, protein, plant protein, amino acid composition, biological value, cedar oilcake, meat products

Введение

Продукты питания являются важной частью жизнедеятельности человека. Без возможности потребления качественных продуктов снижается уровень жизни, а также здоровье людей. Мясные продукты играют наиважнейшую роль в формировании адекватного и сбалансированного питания, так как содержат необходимые

организму белки животного происхождения. Но в связи с ухудшением экономической ситуации на фоне пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19, потребление мяса и мясопродуктов снижается, так согласно исследованиям рынка в 2020 году расходы россиян на мясные продукты составили только 14% от общей потребительской корзины [1]. Недостаток белка ведёт к ухудшению состояния всего организма.

Для цитирования

Хантургаева В.А., Хамаганова И.В. Анализ и исследование состава белково-витаминного продукта из растительного сырья // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 49–57. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-49-57

For citation

Khanturgaeva V.A., Hamaganova I.V. The analysis and research of the composition a protein-vitamins product from plant materials. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 49–57. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-49-57

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

Известно, что белок обладает иммуномодулирующим действием и является основой всех химических процессов, протекающих в организме, ученые также нашли связь в нехватки белка с тяжелым течением коронавирусной инфекции у пациентов [2–4].

Так как у людей не всегда есть возможность купить мясо или мясные продукты и в тоже время не все из них хотят перейти на веганские или вегетарианские аналоги, связывая это с тем, что продукты животного происхождения являются неотъемлемой частью их традиционного рациона. Возникает потребность в создании комбинированных мясных продуктов с включением от 20–50% растительного сырья. Введение растительных источников способно благотворно повлиять на качественные и пищевые свойства мясных продуктов, а именно обогатить их пищевыми волокнами, а также способствовать лучшему усвоению белков животного происхождения. Также добавление растительного сырья будет способствовать снижению стоимости мясных продуктов, что сделает их доступными для всех слоев населения [5].

В качестве растительного сырья при создании комбинированных мясных продуктов применяют сырьё с высоким содержанием белка. Чаще всего в качестве такого сырья выступают зернобобовые культуры.

Так известен способ создания мясного продукта, где в роли функционального компонента используется мука из зернобобовой культуры – маш [6].

Традиционно источником растительного белка является соя или соевая мука, полученная в результате переработки семян. Стоит отметить, что большинство видов сои, произрастающих в данное время на планете, являются генетически модифицированными, и так как до сих пор недосказана безопасность употребления ГМО в пищу, применение данного источника сырья ставится под сомнение [7].

Существует и технология получения комбинированного мясного продукта с нутовой мукой, полученной путём размола бобов нута, но вследствие специфического привкуса и запаха свойственные нутовой муке, полученной традиционным способом, они остаются и в готовом продукте. Что оказывает негативное влияние на органолептические показатели [8].

Используют в качестве источника белка также фасоль, известен способ производства мясорастительного паштета с 8% вносимой фасоли, доказано, что фасоль содержит перины, а продукты их распада способствуют выделению мочевой кислоты в организме, негативно влияющей на почки [9].

При проектировании продуктов важно использовать не только общеизвестные виды

сырья, но и нетрадиционные источники. Удовлетворяющих требованиям качества, а также обладающих ценными ресурсами биологически активных веществ.

Таким сырьем может стать кедровый орех, согласно U.S. Food pyramid (nutrition) орехи стоят на одной позиции с мясом, птицей, рыбой, бобами и яйцами.

В качестве белковосодержащего растительного сырья мы предлагаем использовать продукт переработки ядра кедрового ореха, полученный в результате холодного прессования – кедровый жмых. Согласно литературным данным, в кедровом жмыхе содержится около 36,6% белков и несмотря на процесс извлечения кедрового масла из ядра в жмыхе остается 14,46% его остатков. Помимо прочего он содержит пищевые волокна, являющиеся незаменимыми компонентами сбалансированного питания [10].

Цель работы – исследование химического состава и обоснование использования разработанного продукта из кедрового жмыха в создании функциональных мясных продуктов.

Материалы и методы

Объектом исследования служил разработанный белково-витаминный продукт из кедрового жмыха. Для обоснования целесообразности применения разработанного белково-витаминного продукта при производстве мясных продуктов были изучены: физико-химические свойства, аминокислотный состав и определено содержание макро- и микроэлементов. Физико-химические показатели определяли по стандартным методикам. Минеральные вещества определяли атомно-абсорбционным методом. Аминокислотный состав исследовали на аминокислотном анализаторе LC 3000 фирмы «Eppendorf-Biotronik» с использованием автоматической программы Weanpeak. Содержание витаминов определяли по методике М04-72-2011 с применением капиллярного электрофореза «Капель-105/105М».

Биологическую ценность белка исследуемого продукта рассчитывали по показателям:

1. Аминокислотный (химический) скор.

$$AC = \frac{A_i}{A_{ik}} \times 100\% \quad (1)$$

где A_i – содержание аминокислоты в 100 г. исследуемого белка, мг; A_{ik} – содержание аминокислоты в 100 г. «эталонного» белка, мг; 100% – коэффициент перерасчета.

2. Коэффициент утилитарности (КУНА).

$$AC = \frac{C_{\min}}{C_i} \quad (2)$$

где C_i – скор i -незаменимой аминокислоты исследуемого белка, % или доли единицы; C_{\min} – минимальный скор незаменимой аминокислоты исследуемого белка, % или доли единицы.

3. Обобщенный коэффициент утилитарности (U) [13].

$$U = \frac{C_{\min} \sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n A_{ik}} = \frac{C_{\min} \sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n C_i A_i} \quad (3)$$

4. Показатель Карпаца-Линдера-Варги (K) [13].

$$K = 75n \sqrt{\prod_{i=1}^m C_i \left(\prod_{i=1}^m \frac{1}{C_i} \right)} + 25 \times \left(2 - \frac{1 - \sum_{i=1}^n C_i A_i}{1 - \sum_{i=1}^n A_i} \right) \quad (4)$$

где n – число незаменимых аминокислот; m – число незаменимых аминокислот, содержание которых меньше, чем в эталонном («идеальном») белке; $1 - \sum C_i A_i$ – суммарное содержание незаменимых аминокислот в рассматриваемом белке; $1 - \sum A_i$ – суммарное содержание незаменимых аминокислот в эталонном («идеальном») белке.

Для «идеального» белка при $C_i = 1$, $K = 100$, для неполноценного белка $C_{\min} = 0$:

$$K = 25 \times \left(2 - \frac{1 - \sum_{i=1}^n C_i A_i}{1 - \sum_{i=1}^n A_i} \right) \quad (5)$$

Для «хорошего» белка:

$$K = 75C_{\min} + 25 \left(2 - \frac{1 - \sum_{i=1}^n C_i A_i}{1 - \sum_{i=1}^n A_i} \right) \quad (6)$$

5. Индекс незаменимых аминокислот или индекс Осера (ИНАК, ENAI).

$$\text{ИНАК} = \sqrt[n]{\frac{A_{\text{лейцин}}}{A_{\text{клейцин}}} \times \frac{A_{\text{треонин}}}{A_{\text{ктреонин}}} \dots \frac{A_{\text{цистин}}}{A_{\text{кцистин}}}} \quad (7)$$

где n – число незаменимых аминокислот; A_i – содержание аминокислоты в 100 г. исследуемого белка, мг; A_{ik} – содержание аминокислоты в 100 г. «эталонного» белка, мг.

Результаты и обсуждение

Разработанный белково-витаминный продукт (БВП) представляет из себя сыпучий порошок светло-бежевого цвета с характерным вкусом и запахом кедрового ореха. БВП получают путем измельчения жмыха и последующей его обработки этиловым спиртом в СВЧ установке под вакуумом в течении 5–10 мин. После чего осадок отделяют от мисцеллы фильтрованием, далее

остатки спирта отгоняют под вакуумом при температуре (30–40) °С, измельчают обработанный жмых до состояния «муки» белка [11].

Химический состав БВП представлен в таблице 1.

Исследование химического состава показало, что БВП содержит все необходимые питательные вещества. Доля жира в БВП составляет 0,6% от всех веществ.

Углеводы, содержащиеся в разработанном продукте на 1/3 состоят из крахмала, являющийся сложным полисахаридом, который усваивается организмом медленнее, благодаря чему его потребление не приводит к резкому увеличению глюкозы в крови.

Таблица 1.

Химический состав белково-витаминного продукта

Table 1.

Chemical composition of a protein-vitamin product

Показатель Indicators	Массовая доля, в % на абсолютно сухое вещество The mass fraction in % on absolutely dry matter
Белки | Protein	47,10±0,2
Жиры | Fat	0,60±0,01
Углеводы: | Carbohydrates	45,41±0,2
Крахмал | Starch	14,49
Клетчатка | Fiber	5,08
Декстрины | Dextrins	4,10
Пентозаны | Pentosans	2,35
Сахароза | Sucrose	11,30
Глюкоза | Glucose	0,23
Фруктоза | Fructose	0,27
Зола	5,21±0,1
Прочие вещества	1,69

В разработанном продукте в большом количестве содержатся растительные белки. Для оценки биологической ценности содержащихся белков был проведен анализ аминокислотного состава продукта.

Аминокислотный состав белка БВП представлен 18 идентифицированными аминокислотами (таблица 2); незаменимые и условно незаменимые аминокислоты обнаружены в количестве 43% от суммы аминокислот.

Следует отметить, что БВП содержит 24,3% глутаминовой кислоты от общего количества аминокислот, аргинин – 13,6%, аминокислоты ВССА (6,21 г / 100г белка) – валин, лейцин, изолейцин, которые не вырабатываются организмом.

Таблица 2.

Аминокислотный состав белково-витаминного продукта

Table 2.

Amino acid composition of a protein-vitamin product

Аминокислота Amino acids	Содержание аминокислот, г/100 г. продукта Amino acid content g/100 g product	Содержание аминокислот, г/100 г. белка Amino acid content g/100 g protein pattern
Заменимые, в том числе: | Essential amino acids		
Аспарагиновая кислота | Aspartic Acid	3,99	9,26
Серин | Serine	2,26	5,24
Пролин | Proline	1,89	4,38
Аланин | Alanine	2,07	4,79
Глутаминовая кислота | Glutamic acid	10,39	24,10
Тирозин | Tyrosine	1,41	3,27
Цистин | Cysteine	0,56	1,30
Аргинин | Arginine	5,84	13,54
Глицин | Glycine	1,76	4,08
Незаменимые, в том числе: | Nonessential amino acids		
Треонин | Threonine	1,21	2,81
Валин | Valine	1,85	4,29
Метионин | Methionine	0,25	0,59
Изолейцин | Isoleucine	1,54	3,57
Лейцин | Leucine	2,82	6,53
Фенилаланин | Phenylalanine	1,50	3,47
Лизин | Lysine	1,65	3,48
Триптофан | Tryptophan	0,56	1,31
Гистидин | Histidine	1,35	3,14
Всего:	42,9	99,15

Исследование аминокислотного состава также показало, что белок БВП содержит все незаменимые аминокислоты (33,76 г/100 г белка), что свидетельствует о том, что белок, содержащийся в БВП, является полноценным.

Далее аминокислотный состав содержащегося в БВП растительного белка был сравнен с суточной нормой потребления аминокислот (рисунок 1) [14].

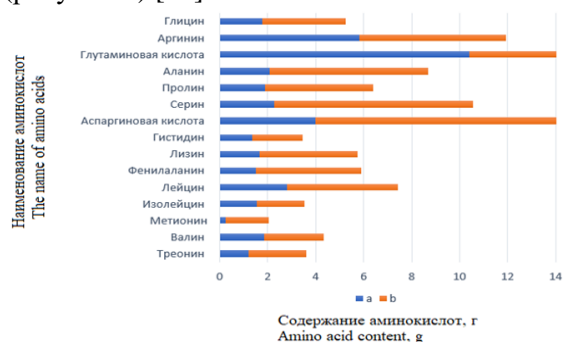


Рисунок 1. Сопоставление аминокислотного состава с установленными нормами потребления аминокислот: а – содержание аминокислот в белково-витаминном продукте, г/100г; б – адекватная потребность в аминокислотах, г.

Figure 1. Collation of the amino acid composition with fixed normal for the consumption of amino acid: a - the content of amino acids in the protein-vitamin product, g/100g; b - adequate requirement for amino acids, g

Из рисунка 1 видно, что потребление разработанного белково-витаминного продукта позволит на 54% удовлетворить потребность в аминокислотах, при употреблении его в качестве дополнительного источника белка. Следует отметить, что методические рекомендации не регламентируют уровень потребления таких незаменимых аминокислот, как цистин, тирозин и триптофан.

Аминокислотный состав также сравнивался со шкалой «идеального» белка ФАО/ВОЗ (таблица 3).

В сравнение с «идеальным» белком по шкале ФАО/ВОЗ белок БВП превосходит его по содержанию треонина, валина, изолейцина, лейцина, триптофана и гистидина [19]. По сумме незаменимых аминокислот белок БВП не отличается от «идеального» белка. Что еще раз доказывает, что разработанный белково-витаминный продукт, полученный из жмыха кедрового ореха, обладает высокой ценностью.

Оценку биологической ценности белков исследуемого продукта также проводилась путем сравнения с аминокислотным составом зернобобовых (таблица 4).

Таблица 3.

Содержание незаменимых аминокислот в белково-витаминном продукте

Table 3.

The content of essential amino acids in a protein-vitamin product

Аминокислота Amino acid	Белково-витаминный продукт, г / 100г белка Protein-vitamins product, g / 100g protein pattern	Complete protein requaiment FAO / WHO g / 100g protein pattern
Треонин | Threonine	2,81	2,5
Валин | Valine	4,29	4,0
Метионин + цистин | Methionine + Cysteine	1,89	2,3
Изолейцин | Isoleucine	3,57	3,0
Лейцин | Leucine	6,53	6,1
Фенилаланин + тирозин | Phenylalanine + Tyrosine	6,74	4,1
Лизин | Lysine	3,48	4,8
Триптофан | Tryptophan	1,31	0,66
Гистидин | Histidine	3,14	1,6
Итого: | in total	33,76	29,06

Таблица 4.

Аминокислотный состав пищевых продуктов

Table 4.

Amino acid composition of food

Аминокислота Amino acid	Содержание, г / 100г белка				
	Белково-витаминный продукт Protein-vitamins product	Соя Soyabean	Чечевица Lentil	Горох Peas	Фасоль Red beans
Заменимые, в том числе: | Essential amino acids					
Аспарагиновая кислота | Aspartic Acid	9,26	5,91	2,87	2,9	2,83
Серин | Serine	5,24	2,73	1,25	1,08	1,27
Пролин | Proline	4,38	2,75	1,05	1,01	0,99
Аланин | Alanine	4,79	2,21	1,04	1,08	0,98
Глутаминовая кислота | Glutamic acid	24,10	9,11	3,95	4,2	3,56
Тирозин | Tyrosine	3,27	1,78	0,78	0,71	0,66
Цистин | Cysteine	1,30	0,76	0,22	0,37	0,25
Аргинин | Arginine	13,54	3,65	2,05	2,19	1,45
Глицин | Glycine	4,08	2,17	1,03	1,09	0,91
Незаменимые, в том числе: Nonessential amino acids					
Треонин | Threonine	2,81	2,04	1,05	0,87	0,98
Валин | Valine	4,29	2,35	1,27	1,16	1,22
Метионин | Methionine	0,59	1,39	0,29	0,25	0,35
Изолейцин | Isoleucine	3,57	2,28	1,02	1,01	1,03
Лейцин | Leucine	6,53	3,83	1,89	1,76	1,87
Фенилаланин | Phenylalanine	3,47	4,23	1,25	1,13	1,26
Лизин | Lysine	3,48	3,13	1,72	1,77	1,6
Триптофан | Tryptophan	1,31	0,68	0,22	0,28	0,28
Гистидин | Histidine	3,14	1,27	0,71	0,6	0,65

В результате сравнения аминокислотного состава белка БВП с такими видами белков растительного происхождения, как соя, горох, чечевица, фасоль, которые чаще всего используют в многокомпонентных функциональных мясных продуктах, было выявлено численное преимущество по всем основным аминокислотам, как заменимым, так и незаменимым [19].

Показателями, характеризующими биологическую ценность белка (таблица 5), также являются показатель аминокислотного (химического) сора, коэффициент утилитарности, индекс незаменимых аминокислот, показатель Карпаца-Линдера-Варги.

Из расчетов химического сора были установлены следующие лимитирующие аминокислоты: лизин, серосодержащие аминокислоты «метионин+цистин».

По показателю индекса незаменимых аминокислот, можно сказать, что белок БВП приближен к значению «идеального» белка, так как равен 1. В «идеальном» белке ИНАК = 1, в «неполноценном» белке показатель ИНАК = 0 [15]. По показателю ИНАК белок БВП превосходит широко распространенные растительные белки такие как горох, чечевица, фасоль и семена подсолнечника [12].

Исходя из анализа коэффициента утилитарности (U) был рассчитан обобщенный коэффициент утилитарности, в БВП он составил 0,6. Для «идеального» белка обобщенный коэффициент утилитарности составляет 1, для «хорошего» белка данное значение должно быть в диапазоне $0 \leq U \leq 1$, так как у неполноценного белка данный показатель равен 0 [13].

Также для оценки биологической ценности белка используется показатель Карпаца-Лидера-Варги (K). Данный показатель различает белок

на «хороший» и «идеальный», для которого показатель Карпаца-Лидера-Варги составляет соответственно $K=100$, у неполноценного белка при минимальном значении $AC_{min}=0$ будет составлять $K=0$. Для БВП показатель Карпаца-Лидера-Варги составляет 87,0 д.ед, что говорит о том, что белок растительного происхождения так или иначе является «хорошим» белком, так как под «идеальным» всё-таки подразумевается белок животного происхождения.

Таблица 5.

Показатели биологической ценности белка белково-витаминного продукта

Table 5.

Indicators of the biological value of protein protein-vitamin product

Аминокислота Amino acid	Наименование показателя биологической ценности белка				
	АС, % Chemical score, %	КУНА, % Utilitarian coefficient nonessential amino acid, %	К, доли ед. K, unit fraction	ИНАК, доли ед. Nonessential amino acid index, unit fraction	U, доли ед. U, unit fraction
Треонин| Threonine	112,4	0,65	87,0	1,0	0,6
Валин| Valine	107,3	1,5			
Метионин + цистин| Methionine + Cysteine	82,2	1,13			
Изолейцин| Isoleucine	119,0	1,6			
Лейцин| Leucine	107,0	1,5			
Фенилаланин + тирозин| Phenylalanine + Tyrosine	164,4	2,3			
Лизин| Lysine	72,5	1,0			
Триптофан| Tryptophan	198,5	2,7			
Гистидин| Histidine	196,3	2,7			

Анализ минерального состава БВП (таблица 2) показал высокое наличие цинка являющегося эссенциальным микроэлементом (жизненно-важным), благотворно влияющим на

работу иммунной системы, что крайне актуально в период распространения инфекций и пандемии. Также цинк ускоряет расщепление углеводов, способствующее быстрому ранозаживлению.

Таблица 6.

Минеральный состав растительного сырья

Table 6.

Mineral composition of plant materials

Минерал Mineral	Массовая доля, мг на 100г продукта				
	Белково-витаминный продукт Protein-vitamins product	Соя Soyabean	Фасоль Red beans	Чечевица Lentil	Горох Peas
Макроэлементы: | macrominerals					
Калий (K)	1340	1670	1100	672	873
Натрий (Na)	26	6	40	55	33
Фосфор (P)	2020	603	480	390	329
Магний (Mg)	263	226	103	80	107
Кальций (Ca)	8	348	150	83	115
Микроэлементы: | microminerals					
Цинк (Zn)	11,56	2,01	2,31	4,78	3,01
Марганец (Mn)	11,12	2,8	1,42	1,33	1,39
Железо (Fe)	2,46	9,7	5,9	11,8	6,8
Медь (Cu)	2,44	0,5	0,84	0,52	0,87
Кремний (Si)	1,11	-	-	-	-
Хром (Cr)	64 мкг	-	-	-	-
Кобальт (Co)	0,007 мкг	-	-	-	-

Из таблицы видно, что БВП не уступает по минеральному составу другим часто используемым источникам растительного белка и превосходит остальные источники по содержанию P, Mg, K, Zn, Mn, Cu [17, 18, 20]. Данные вещества участвуют в процессе расщепления углеводов, образования костной структуры и выработке коллагена, и влияют на ход кислородного обмена в организме и выведение токсинов [14].

В БВП в ходе исследования были идентифицированы водорастворимые витамины группы В: В₂ – 25 мг; В₆ – 5 мг; В₃ – 14 мг; В₅ – 2 мг; С – 12 мг. Для полноценного существования организму человека необходимы определённое количество витаминов, способность БВП удовлетворить данную потребность показана на рисунке 2.

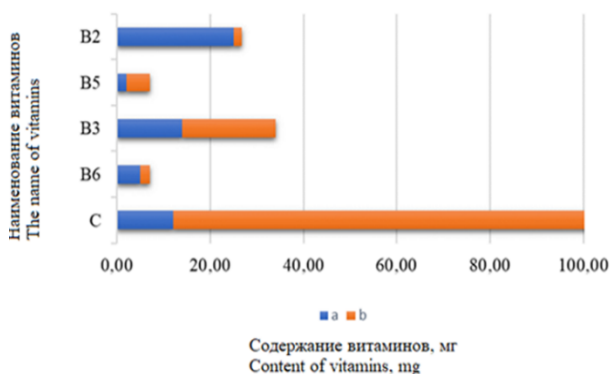


Рисунок 2. Содержание водорастворимых витаминов в белково-витаминном продукте в сравнении с нормами физиологической потребности витаминов: а – содержание водорастворимых витаминов в белково-витаминном продукте, мг; б – нормы суточной потребности в водорастворимых витаминах, мг/сутки

Figure 2. The content of water-soluble vitamins in the protein-vitamins product in comparison with the norms of the physiological need for vitamins: a – the content of water-soluble vitamins in the protein-vitamins product, mg; b – norms of daily requirement for water-soluble vitamins, mg/day.

Так в сравнении с соей, в которой отсутствует витамин С в БВП содержится 12% от суточной нормы. Недостаток данного витамина является главным фактором развития цинги, которая поражает сосуды и дёсна. Помимо прочего аскорбиновая кислота увеличивает фактор сопротивления человека к экстремальным ситуациям и обладает антиоксидантными свойствами. Благодаря аскорбиновой кислоте происходит формирования коллагена и гормонов надпочечников (адреналин, кортикостероидов). [15]

Наличие витамина В₃ способно восполнить 70% от суточной нормы установленной

МР 2.3.1.0253 – 21. «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Присутствие ниацина способствует лучшему усвоению растительного белка организмом человека. Содержание витамина В₅ в 100 г. БВП может восполнить 40% пантеновой кислоты в организме человека от установленной методическими рекомендациями нормы потребления и способствовать улучшению работы белкового, жирового и углеводного обмена, а также восстановлению процесса работы коры надпочечников.

Употребление БВП может возместить потери организма в таких витаминах, как В₆ и В₂. Недостаток этих веществ в организме приводит к возникновению анемии, ухудшению аппетита, кожного покрова и нарушению светового и сумеречного зрения [14].

Заключение

В результате исследования биотехнологического потенциала белково-витаминного продукта было установлено:

- высокое содержание основных питательных веществ, а именно белка (47%) и углеводов, на 1/3, состоящих из сложных полисахаридов;

- аминокислотный состав представлен полным комплексом незаменимых аминокислот, что свидетельствует о полноценности белка, содержащегося в разработанном продукте;

- расчеты показателей биологической ценности белка, показали, что в белково-витаминном продукте содержится белок, сбалансированный по аминокислотному составу и содержащий все незаменимые аминокислоты;

- сравнительный анализ белково-витаминного продукта с овощными зернобобовыми культурами, доказал, что разработанный продукт превосходит их по аминокислотному, минеральному составу и содержанию витаминов;

Принимая во внимание вышеперечисленное, можно сказать об высокой пищевой ценности белково-витаминного продукта и возможности использования в технологии создания мясных функциональных продуктов. Применение разработанного продукта позволит расширить ассортимент, повысить пищевую ценность и вкусовые качества функциональных мясных изделий. Также его можно рекомендовать как альтернативный источник белка, способный удовлетворить дополнительную потребность организма в нем.

Литература

- 1 Обзор российского и мирового рынков мяса и мясной продукции. URL: http://www.kaicc.ru/sites/default/files/myaso_rf_11/12/2020.pdf
- 2 James P.T., Ali Z., Armitage A.E., Bonell A. et al. The Role of Nutrition in COVID-19 Susceptibility and Severity of Disease: A Systematic Review // The Journal of nutrition. 2021. V. 151. № 7. P. 1854-1878. doi: 10.1093/jn/nxab059
- 3 Czapla M. et al. The association between nutritional status and in-hospital mortality of covid-19 in critically-ill patients in the icu // Nutrients. 2021. V. 13. № 10. P. 3302. doi: 10.3390/nu13103302
- 4 Hajimohammedbrahim-Ketabforoush M. et al. Protein and Energy Intake Assessment and Their Association With In-Hospital Mortality in Critically Ill COVID-19 Patients: A Prospective Cohort Study // Frontiers in Nutrition. 2021. P. 535.
- 5 Mireles-Arriaga A.I., Ruiz-Nieto J.E., JuárezAbraham M.R. Functional restructured meat: applications of ingredients derived from plants // Reestructurados cárnicos funcionales: aplicación de ingredientes derivados de plantas. 2017. № 24(3). P. 196–204.
- 6 Алексеев А.Л., Трофименко И.С. Использование зернобобовой культуры маш в производстве фаршевых мясных изделий // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2021. № 5. С. 59–62.
- 7 Dadgarnejad M., Kouser S., Moslemi M. Genetically modified foods: promises, challenges and safety assessments // Applied Food Biotechnology. 2017. V. 4. № 4. P. 193–202.
- 8 Решетник Е.И., Шарипова Т.В., Максимюк В.А. Возможности использования нутовой муки в производстве мясорастительных полуфабрикатов для геродиетического питания // Дальневосточный аграрный вестник. 2014. № 1. С. 48–51.
- 9 Пат. № 2632172, RU, A23L 13/20, 13/50. Мясорастительный паштет / Мартемьянова Л.Е., Савельева Ю.С., Маракаева Т.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». № 2015157509; Заяв. 31.12.2015; Оpubл. 02.10.2017, Бюл. № 28.
- 10 Хантургаева В.А., Хамаганова И.В. Изучение химического состава кедрового жмыха для создания продуктов здорового питания // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. ВМ Горбатова РАН», 2018. № 1. С. 280–281.
- 11 Пат. №2730583, RU, A23J 1/14, A23L 3/14. Способ получения пищевого белкового продукта из жмыха кедрового ореха / Хантургаев А.Г., Ширеторова В.Г., Котова Т.И., Хантургаева В.А., Хантургаева Н.А., Цычков В.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления». № 2018139575; Заяв. 08.11.2018; Оpubл. 24.08.2020, Бюл. № 24.
- 12 Степуро М.В., Хапрова Е.Н. Сравнительная оценка биологической ценности белков растительного сырья // Известия вузов. Пищевая технология. 2010. № 4. С. 34–35.
- 13 Зверев С.В., Никитина М.А. Оценка качества белка бобовых культур // Комбикорма. 2017. № 4. С. 37–41.
- 14 Методические рекомендации МР 2.3.1.0253–21. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: Методические рекомендации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 72 с.
- 15 Njus D., Kelley P.M., Tu Y.-J., Schlegel H.B. Ascorbic acid: The chemistry underlying its antioxidant properties // Free Radical Biology and Medicine. 2020. № 159. P. 37–43.
- 16 Методические рекомендации МР 2.3.1.1915–04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 46 с.
- 17 Химический состав российских пищевых продуктов: справочник; под ред. Член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.
- 18 База данных продуктов питания. URL:http://www.intelmeal.ru/nutrition/foodlist_Legumes_Legume_Products.php
- 19 Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013. 66 p.
- 20 USDA. FoodDataCentral. URL:<https://www.usda.gov/>

References

- 1 Overview of the Russian and world markets for meat and meat products. Available at: http://www.kaicc.ru/sites/default/files/myaso_rf_11/12/2020.pdf (in Russian).
- 2 James P.T., Ali Z., Armitage A.E., Bonell A. et al. The Role of Nutrition in COVID 19 Susceptibility and Severity of Disease: A Systematic Review. The Journal of nutrition. 2021. vol. 151. no. 7. pp. 1854-1878. doi: 10.1093/jn/nxab059
- 3 Czapla M. et al. The association between nutritional status and in-hospital mortality of covid 19 in critically-ill patients in the icu. Nutrients. 2021. vol. 13. no. 10. pp. 3302. doi: 10.3390/nu13103302
- 4 Hajimohammedbrahim-Ketabforoush M. et al. Protein and Energy Intake Assessment and Their Association With In-Hospital Mortality in Critically Ill COVID 19 Patients: A Prospective Cohort Study. Frontiers in Nutrition. 2021. pp. 535.
- 5 Mireles-Arriaga A.I., Ruiz-Nieto J.E., JuárezAbraham M.R. Functional restructured meat: applications of ingredients derived from plants. Reestructurados cárnicos funcionales: aplicación de ingredientes derivados de plantas. 2017. no. 24(3). pp. 196–204.
- 6 Alekseev A.L., Trofimenko I.S. The use of leguminous mung culture in the production of minced meat products. Technology and commodity science of innovative food products. 2021. no. 5. pp. 59–62. (in Russian).
- 7 Dadgarnejad M., Kouser S., Moslemi M. Genetically modified foods: promises, challenges and safety assessments. Applied Food Biotechnology. 2017. vol. 4. no. 4. pp. 193–202.
- 8 Reshetnik E.I., Sharipova T.V., Maksimyuk V.A. Possibilities of using chickpea flour in the production of meat and vegetable semi-finished products for gero-dietic nutrition. Far Eastern Agrarian Bulletin. 2014. no. 1. pp. 48–51. (in Russian).
- 9 Martemyanova L.E., Savelyeva Yu.S., Marakaeva T.V. Meat-and-vegetable pate. Patent RF, no. 2632172, 2017.

10 Khanturgaeva V.A., Khamaganova I.V. The study of the chemical composition of cedar cake for the creation of healthy food. International scientific and practical conference dedicated to the memory of Vasily Matveyevich Gorbatov. Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Food Systems named after V.I. VM Gorbatov RAS", 2018. no. 1. pp. 280–281. (in Russian).

11 Khanturgaev A.G., Shiretorova V.G., Kotova T.I., Khanturgaeva V.A. et al. A method for obtaining a food protein product from cedar nut cake. Patent RF, no. 2730583, 2020.

12 Stepuro M.V., Khaprova E.N. Comparative evaluation of the biological value of vegetable proteins. Izvestiya vuzov. Food technology. 2010. no. 4. pp. 34–35. (in Russian).

13 Zverev S.V., Nikitina M.A. Evaluation of the quality of protein in legumes. Compound feed. 2017. no. 4. pp. 37–41. (in Russian).

14 Guidelines MR 2.3.1.0253-21. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation: Methodological recommendations. Moscow, Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2021. 72 p. (in Russian).

15 Njus D., Kelley P.M., Tu Y.-J., Schlegel H.B. Ascorbic acid: The chemistry underlying its antioxidant properties. Free Radical Biology and Medicine. 2020. no. 159. pp. 37–43.

16 Guidelines MR 2.3.1.1915–04. Recommended levels of consumption of food and biologically active substances: Guidelines. Moscow, Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia, 2004. 46 p. (in Russian).

17 Chemical composition of Russian food products: reference book; ed. Corresponding member MAI, prof. THEM. Skurikhin and Academician of the Russian Academy of Medical Sciences, prof. V.A. Tutelyan. Moscow, DeLi print, 2002. 236 p. (in Russian).


18 Food database. Available at: http://www.intelmeal.ru/nutrition/foodlist_Legumes_Legume_Products.php (in Russian).

19 Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome, FAO, 2013. 66 p.


20 USDA. FoodDataCentral. Available at: <https://www.usda.gov/>

Сведения об авторах

Валентина А. Хантургаева аспирант, кафедра технология продуктов общественного питания, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, ул. Ключевская, 40В, строение 1, г. Улан-Удэ, 670013, Россия, khanturgaeva95@mail.ru


 <https://orcid.org/0000-0001-5099-2501>

Инга В. Хамаганова д.т.н., доцент, кафедра технология продуктов общественного питания, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, ул. Ключевская, 40В, строение 1, г. Улан-Удэ, 670013, Россия, xiv@mail.ru


 <https://orcid.org/0000-0002-9953-7654>

Information about authors

Valentina A. Khanturgaeva graduate student, food technology department, East Siberia State University of Technology and Management, Klyuchevskaya St., 40V/1, Ulan-Ude, 670013, Russia, khanturgaeva95@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5099-2501>

Inga V. Hamaganova Dr. Sci. (Engin.), associate professor, food technology department, East Siberia State University of Technology and Management, Klyuchevskaya St., 40V/1, Ulan-Ude, 670013, Russia, xiv@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9953-7654>

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 24/01/2022

После редакции 11/02/2022





Принята в печать 28/02/2022

Received 24/01/2022

Accepted in revised 11/02/2022

Accepted 28/02/2022

Обоснование способа получения сахара при глубокой переработке свекловичной мелассы

Надежда Г. Кульнева	¹	ngkulneva@yandex.ru	 0000-0003-3802-9071
Павел Ю. Сури	²	believe089@gmail.com	 0000-0002-8244-438X
Владимир А. Федорук	³	yzas2006@yandex.ru	 0000-0002-7410-0165
Наталья А. Матвиенко	¹	natali25_81@mail.ru	 0000-0003-4777-003X

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





² ООО "Вик-сервис", ул. Ростовская, д. 58/12, г. Воронеж, 394074, Россия

³ ООО "БМА Руссланд", ул. Комиссаржевской, 10, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. При переработке сахарной свеклы формируется конечный отход – меласса, содержащий сахарозу и другие соединения. В условиях традиционной технологии дальнейшее извлечение сахарозы из мелассы затруднено. Разработана и внедрена технология глубокой переработки мелассы с использованием хроматографической сепарации (дешугаризация), которая позволяет дополнительно извлекать сахарозу. Получаемый экстракт требует дальнейшей переработки на сахарных заводах. Выбору способа переработки экстракта в условиях сахарного производства посвящена данная статья. Рассмотрены различные варианты переработки экстракта: после завершения переработки сахарной свеклы и при совместной переработке свеклы и экстракта. Можно один раз направлять мелассу на станцию дешугаризации, работать с частичным возвратом мелассы или проводить непрерывную переработку получаемой в кристаллизационном отделении сахарного завода мелассы методом дешугаризации. Каждый вариант переработки имеет свои достоинства и недостатки. Проведенный численный анализ показывает, что переработка экстракта со стадией второго прохода приведет к максимальному общему извлечению сахара. Второй по эффективности является бесконечная переработка. Улучшение по сравнению с бесконечной рециркуляцией в способе с повторной переработкой мелассы достигается оптимизацией параметров настройки сепаратора за счет стабильного качества перерабатываемого сырья. Бесконечная переработка приводит к накоплению несахаров, что дестабилизирует качество мелассы и затрудняет настройку сепаратора.

Ключевые слова: свекловичная меласса, дешугаризация, переработка экстракта, получение сахара, сепаратор

Substantiation of a method for producing sugar during deep processing of beet molasses

Nadezhda G. Kulneva	¹	ngkulneva@yandex.ru	 0000-0003-3802-9071
Pavel Yu. Surin	²	believe089@gmail.com	 0000-0002-8244-438X
Vladimir A. Fedoruk	³	yzas2006@yandex.ru	 0000-0002-7410-0165
Natalya A. Matvienko	¹	natali25_81@mail.ru	 0000-0003-4777-003X

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

² LLC "Vic-service", Rostovskaya St., 58/12, Voronezh, 394074, Russia

³ LLC "BMA russia", Komissarzhevskaya St., 10, Voronezh, 394036, Russia

Abstract. When processing sugar beets, the final waste is formed - molasses containing sucrose and other compounds. Under the conditions of traditional technology, further extraction of sucrose from molasses is difficult. The technology of deep processing of molasses using chromatographic separation (desugarization) has been developed and implemented, which allows additional extraction of sucrose. The resulting extract requires further processing at sugar factories. This article is devoted to the choice of a method for processing the extract under the conditions of sugar production. Various options for processing the extract are considered: after the completion of the processing of sugar beet and during the joint processing of beet and extract. You can send molasses to a desugarization station once, work with a partial return of molasses, or carry out continuous processing of molasses obtained in the crystallization department of a sugar refinery by desugarization. Each processing option has its own advantages and disadvantages. The performed numerical analysis shows that processing the extract with a second pass stage will lead to the maximum total sugar recovery. The second most efficient is endless recycling. An improvement over endless recycling in the molasses recycling process is achieved by optimizing the separator settings due to the consistent quality of the processed feed. Endless processing leads to the accumulation of non-sugars, which destabilizes the quality of the molasses and makes it difficult to set up the separator.

Keywords: beet molasses, desugarization, extract processing, sugar production, separator

Введение

Свекловичная меласса является наиболее ценным отходом сахарного производства, в котором в соответствии с ГОСТ 30561–2017 Меласса свекловичная. Технические условия остается до 44% сахарозы [1], а также аминокислоты и органические кислоты, бетаин и

минеральные соединения. Традиционными технологиями извлечь эту сахарозу невозможно [2], поэтому мелассу используют для производства хлебопекарных дрожжей, этилового спирта, лимонной кислоты, а также как добавку в корм сельскохозяйственным животным [3–5]. Однако цена продуктов переработки значительно ниже, чем сахар, который можно из нее получить.

Для цитирования

Кульнева Н.Г., Сури П.Ю., Федорук В.А., Матвиенко Н.А. Обоснование способа получения сахара при глубокой переработке свекловичной мелассы // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 58–65. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-58-65

For citation

Kulneva N.G., Surin P.Yu., Fedoruk V.A., Matvienko N.A. Substantiation of a method for producing sugar during deep processing of beet molasses. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 58–65. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-58-65

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

Инженерное решение по глубокой переработке мелассы разработано и внедрено международным поставщиком оборудования компанией ESCON на 3 сахарный заводах ЦЧР, благодаря чему исходное сырье, относящееся к категории «отходы производства», превращается в продукты с высокой добавленной стоимостью [6-8].

Установка по дешугаризации мелассы состоит из трех основных технологических блоков (рисунок 1):

1. предварительная обработка мелассы и воды;
2. хроматографическая сепарация;
3. сгущение [9].

Предварительно подготовленная очищенная меласса и элюент (подготовленная вода) вводятся в хроматографический сепаратор, разбавленный экстракт, разбавленная обедненная меласса и разбавленный бетаин выводятся оттуда и концентрируются на выпарной станции (рисунок 2).

Использование в схеме двух сепараторов, работающих последовательно, позволяет улучшить отделение сахарозы от несахаров, обеспечивает извлечение очищенного бетаина из кормовой мелассы без дополнительных затрат на использование смолы или воды. Технологический поток системы с сопряженным контуром показан на рисунке 3.

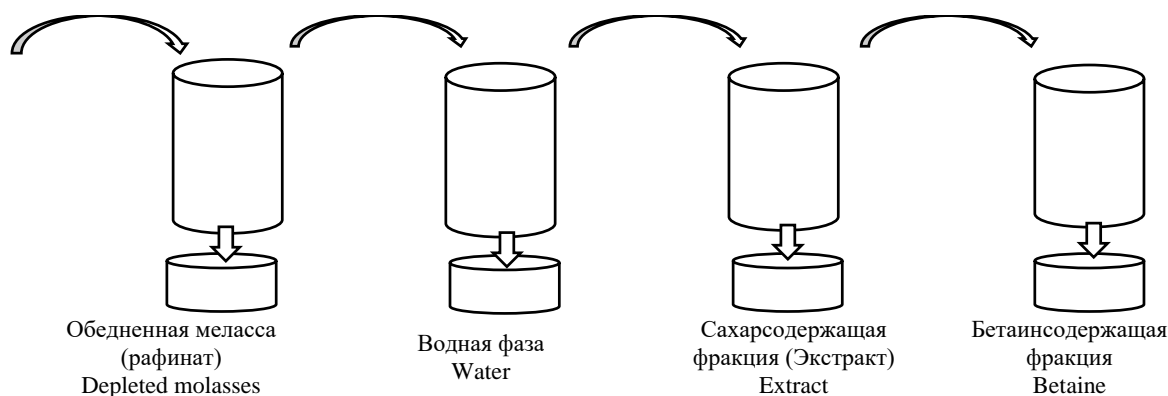


Рисунок 1. Хроматографическое разделение свекловичной мелассы по фракциям

Figure 1. Chromatographic separation of beet molasses into fractions

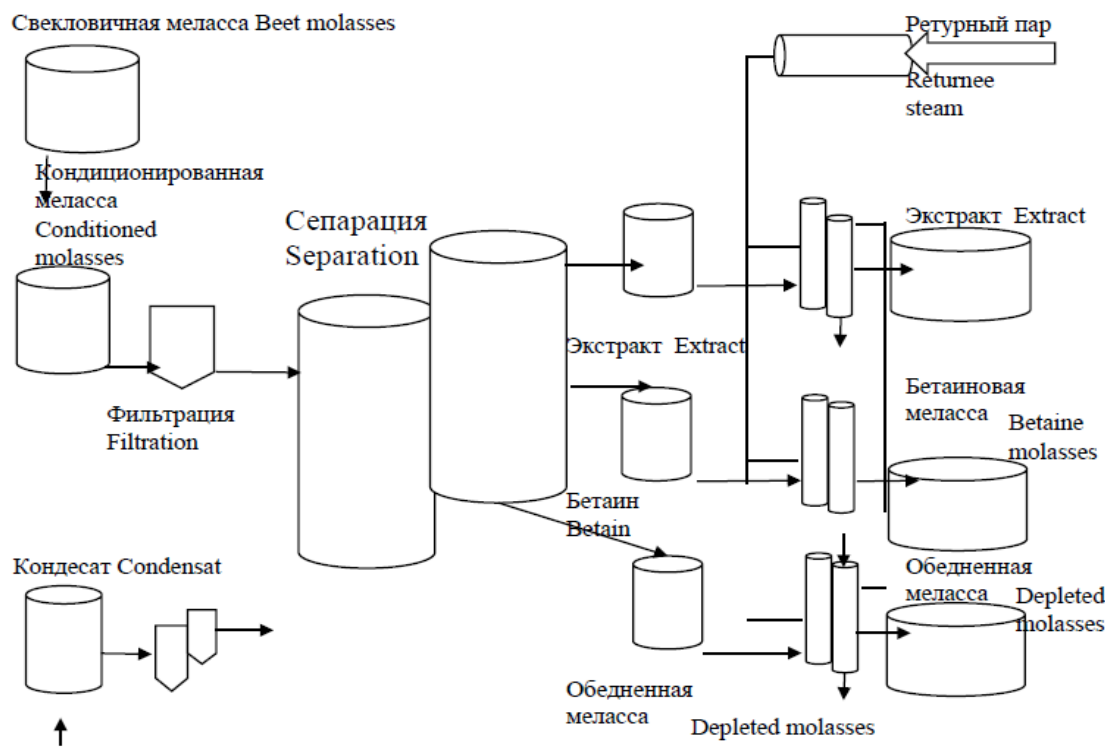


Рисунок 2. Схема переработки свекловичной мелассы

Figure 2. Beet molasses processing scheme



Рисунок 3. Технологический поток системы с сопряженным контуром

Figure 3. Process flow of a conjugate loop system

Проходя через первый контурный сепаратор, исходная меласса разделяется на очищенный поток бетаина и обогащенный сахарозой поток. Поток апгрейд мелассы направляется во второй контурный сепаратор, где большая часть оставшихся несахаров удаляется в рафинате с получением экстракта высокой чистоты. Экстракт из второго контура направляется в кристаллизационное отделение.

Материалы и методы

Известны различные способы включения обработки экстрактов в технологическую схему производства, и модуль дешугаризации мелассы (ДМ) следует оптимизировать в соответствии с этой интеграцией [10]. Поскольку цветность экстракта значительно выше, чем у сиропа, кристаллизация экстракта по стандартной

трехкристаллизационной схеме может быть неэффективной из-за высокой цветности белого сахара. Модификации процесса кристаллизации путем добавления четвертой ступени кристаллизации или смешивания экстракта со стандарт-сиропом в процессе совместной переработки обеспечивают получение из экстракта высококачественного товарного продукта.

Результаты и обсуждение

В связи с сезонным характером сахарного производства целесообразно экстракт после ДМ хранить для выработки сахара после завершения переработки свеклы. Экстракт перерабатывают отдельно по схеме с тремя или четырьмя кристаллизациями. Из-за высокой цветности экстракта товарный сахар не может производиться на первой ступени кристаллизации, поэтому рекомендуется подавать его на вторую ступень (рисунок 4).

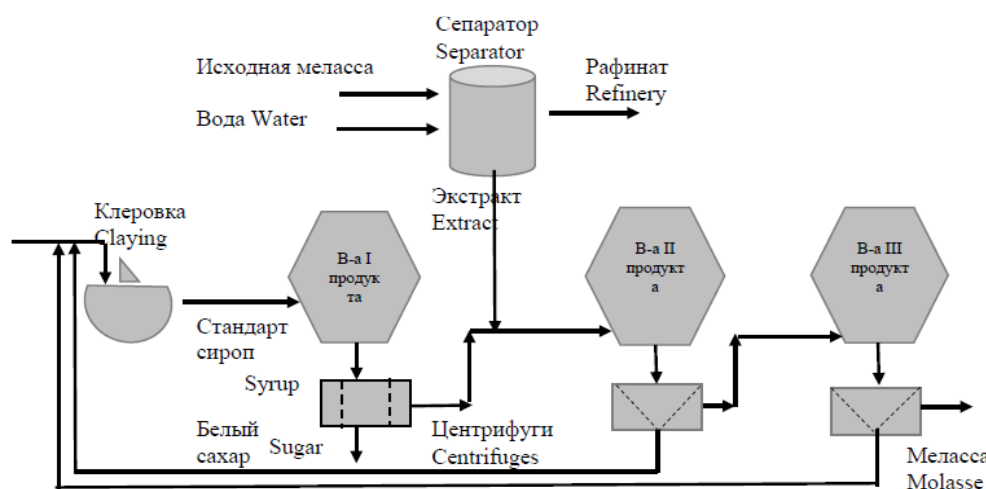


Рисунок 4. Схема получения белого сахара из экстракта с тремя кристаллизациями

Figure 4. Scheme of obtaining white sugar from an extract with three crystallizations

В таблице 1 показаны основные результаты моделирования этой схемы обработки экстракта. Чистота исходной мелассы представляет собой чистоту первичной мелассы, которая подается в сепаратор. Предполагается, что сепаратор обеспечивает чистоту экстракта 93% и извлечение сахарозы 92%. В расчетах предполагается, что конечная чистота мелассы будет 60%, однако прогнозируемая чистота мелассы из экстракта повышается, поскольку экстракт

добавляют при втором уваривании. Можно снизить конечную чистоту мелассы путем рециркуляции мелассы из экстракта в утфель III ступени кристаллизации, но для этого потребуется дополнительная емкость аппарата. В таблице представлены две цветности белого сахара; первая представляет собой сахар, полученный при кристаллизации экстракта, вторая – полученный при кристаллизации стандарт-сиропа.

Таблица 1.

Результаты моделирования однократной обработки экстракта

Table 1.

Simulation results for single-pass processing of the extract

Чистота исходной мелассы, % Good quality of the original molasses, %	Чистота экстракта, % The good quality of the extract, %	Извлечение сахарозы в виде экстракта, % Extraction of sucrose in the form of an extract, %	Чистота мелассы из экстракта, % The good quality of molasses from the extract, %	Переработка экстракта Extract processing		Суммарный результат переработки сиропа из свеклы	
				Выход сахара, % Sugar yield, %	Цветность, ед. ICUMSA Color, units ICUMSA	Выход сахара, % Sugar yield, %	Цветность, ед. ICUMSA Color, units ICUMSA
60.2	93.0	92.0	72.2	81.6	29.9	97.6	19.8

По схеме с повторной обработкой мелассы на станции ДМ, как и в приведенном выше варианте, экстракт обрабатывается после завершения переработки свеклы. В этом случае меласса, полученная после кристаллизации, хранится, а затем направляется через сепаратор для извлечения дополнительной сахарозы. Рекомендуется подавать экстракт второго прохода на вторую ступень кристаллизации из-за высокой цветности.

Возможна переработка экстракта одновременно со стандарт-сиропом, но кристаллизацию экстракта следует производить в отдельном аппарате. Вместо того, чтобы подавать экстракт на вторую ступень уваривания, его можно добавить в первый вакуум-аппарат для обычного процесса трехкратной кристаллизации. Произведенный сахар может иметь повышенную цветность. Экстракт мелассы не направляется на повторную переработку.

Бесконечная переработка экстракта – наиболее простое решение, поскольку не требует хранения мелассы или дополнительных сезонов по кристаллизации. Однако бесконечная рециркуляция снижает производительность сепаратора и может привести к накоплению несахаров, которые нелегко удалить с помощью хроматографии. Эти несахара будут накапливаться в мелассе и отрицательно влиять на работу

сепаратора. Кроме того, рециркуляция экстракта приводит к постоянно меняющимся качествам мелассы, что затрудняет правильную настройку сепаратора.

В этой схеме экстракт из сепаратора смешивается со стандарт-сиропом, и объединенный поток перерабатывается в схеме с тремя кристаллизациями. Часть потока экстракта направляют на вторую ступень кристаллизации для обеспечения стандартной цветности белого сахара. Меласса, полученная после кристаллизации, подается в сепаратор. Поскольку весь поток мелассы направляется обратно в установку ДМ, этот сценарий называется «бесконечной» рециркуляцией.

В другом варианте экстракт из сепаратора смешивается со стандарт-сиропом, который затем обрабатывается по трех кристаллизационной схеме. Чтобы обеспечить стандартную цветность белого сахара, часть потока экстракта снова добавляют на вторую ступень кристаллизации. При этом часть произведенной мелассы отправляется обратно в сепаратор, а часть удаляется в качестве отхода. Это помогает уменьшить накопление несахаров и улучшить производительность сепаратора и качество промежуточных сахаров. Удаленная меласса может храниться для дальнейшей переработки в заводе (рисунок 5).

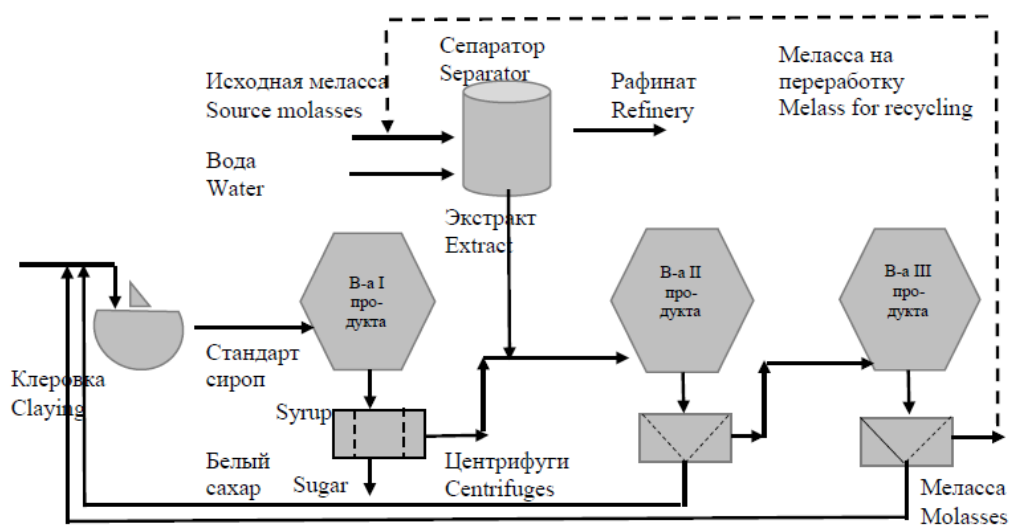


Рисунок 5. Схема переработки экстракта с частичным возвратом мелассы в сепаратор

Figure 5. Extract processing scheme with partial return of molasses to the separator

Результаты моделирования переработки экстракта с частичным возвратом мелассы в сепаратор показаны в таблице 2. Модель сконфигурирована так, что возврат мелассы составляет 5% от общего потока мелассы. На основании промышленных данных предполагается, что

достигается чистота экстракта 91% и извлечение сахарозы 87,5% из-за снижения накопления несахаров. В целом модель предсказывает, что 98,3% сахара в стандарт-сиропе извлекается в виде белого сахара.

Таблица 2.
Результаты моделирования переработки экстракта с возвратом части мелассы в сепаратор
Table 2.

Simulation results of extract processing with return of a part of molasses to the separator

Чистота исходной мелассы, % Good quality of the original molasses, %	Чистота экстракта, % The good quality of the extract, %	Извлечение сахарозы в виде экстракта, % Extraction of sucrose in the form of an extract, %	Переработка экстракта Extract processing		Total sugar yield, %
			Выход сахара, % Sugar yield, %	Цветность, ед. ICUMSA Color, units ICUMSA	
60,7	91,0	87,5	74,5	25,1	98,3

В схеме однопроходной обработки с обесцвечиванием экстракт из установки ДМ проходит процесс обесцвечивания перед кристаллизацией. Предполагается, что удаляется 60% красящих веществ экстракта. Обесцвеченный экстракт хранят до окончания переработки свеклы и кристаллизуют, не смешивая с продуктами переработки свеклы. Из-за пониженной цветности экстракт можно использовать на первой ступени кристаллизации. Полученную мелассу не подвергают повторной переработке [12–20].

В таблице 3 приведены результаты моделирования каждого способа обработки экстракта. В качестве исходного уровня схемы обработки экстракта сравниваются со стандартным выходом

сахара без дешухаризации мелассы. Этот базовый вариант предполагает, что сироп из свеклы перерабатывают по традиционной схеме с тремя кристаллизациями, а полученную мелассу продают. В базовом варианте обработка экстракта отсутствует. Чистота исходной мелассы – это чистота мелассы, подаваемой в сепаратор. В случае отсутствия обработки экстракта – чистота мелассы, полученной после кристаллизации сиропа из свеклы. Цветность белого сахара для каждого случая – это средний показатель цветности с учетом белого сахара, полученного из свеклы, экстракта и экстракта второго прохода, когда это применимо.

Таблица 3.
Сравнение эффективности различных схем переработки экстракта [11]
Table 3.

Comparison of the effectiveness of various schemes of extract processing

Схема обработки экстракта Extract processing scheme	Чистота исходной мелассы, % Good quality of the original molasses, %	Чистота экстракта из сепаратора, % Purity of the extract from the separator, %	Выход сахарозы в виде экстракта, % The yield of sucrose in the form of an extract, %	Извлечение сахарозы при переработке экстракта, % Recovery of sucrose during extract processing, %	Чистота мелассы из экстракта, % Purity of molasses from the extract, %	Средняя цветность белого сахара, ед. ICUMSA Average color of white sugar, units	Общий выход сахара, % Total sugar yield, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Традиционная без ДМ (исходный уровень) Traditional without molasses desugarization (initial level)	60.2	-	-	-	-	19.8	88.2
Однопроходная, без возврата мелассы на ДМ Single-pass, without return of molasses for desugarization	60.2	93.0	92.0	81.6	72.2	20.8	97.6

Продолжение таблицы 3 | Continuation of table 3

1	2	3	4	5	6	7	8
С возвратом мелассы на ДМ во втором проходе With the return of molasses for desugarization in the second pass	72.2	91.0	89.0	87.5	69.0	21.6	99.1
Совместная переработка сиропа и экстракта Combined processing of syrup and extract	61.6	93.0	92.0	81.6	61.6	18.3	98.3
Бесконечная переработка Endless recycling	60.9	91.0	87.2	74.2	-	25.0	98.9
Переработка с возвратом части мелассы Recycling with the return of a part of molasses	60.7	91.0	87.5	74.5	-	25.1	98.3
Однопроходная с обесцвечиванием экстракта Single-pass with bleaching of the extract	60.2	93.0	92.0	81.6	61.6	20.8	98.4

Заключение

Моделирование позволяет сделать вывод, что переработка экстракта со стадией второго прохода приведет к максимальному общему извлечению сахара. Второй по эффективности является бесконечная переработка. Улучшение по сравнению с бесконечной рециркуляцией

в способе с повторной переработкой мелассы достигается оптимизацией параметров настройки сепаратора за счет стабильного качества перерабатываемого сырья. Бесконечная переработка приводит к накоплению нес сахаров, что дестабилизирует качество мелассы и затрудняет настройку сепаратора.

Литература

- ГОСТ 30561-2017 Меласса свекловичная. Технические условия. М.: Стандартинформ. 2017. 22 с.
- Potvliet M. Comparison of Results in Desugarization with the Steffen Lime, Barium, and Strontium Processes // *Industrial & Engineering Chemistry*. 1921. V. 13. №. 11. P. 1041-1042.
- Сидак М.В. Анализ и перспективы развития рынка глубокой переработки побочной продукции и отходов свеклосахарного производства в биотопливо и другие продукты // *Сахарная свекла*. 2019. №. 10. С. 6-11.
- Шердани А.Д. Супербарботажем - инновационная технология очистки свекловичной мелассы. Сравнение с современными аналогами // *Сахар*. 2021. №. 5. С. 24-39.
- Farmani B. et al. Powdered Activated Carbon Treatment of Sugar Beet Molasses for Liquid Invert Sugar Production: Effects of Storage Time and Temperatures // *Sugar Tech*. 2021. P. 1-10.
- Гибадуллина Л.Р. и др. Выделение бетаина из раствора свекловичной мелассы // *Biological sciences*. 2019. С. 43.
- Schmid M.T. et al. Utilization of desugared sugar beet molasses for the production of poly (3-hydroxybutyrate) by halophilic *Bacillus megaterium* uyuni S29 // *Process biochemistry*. 2019. V. 86. P. 9-15.
- Пат. № 2761113, С13В 99/00. Способ утилизации обедненной мелассы / Кульнева Н.Г., Ноздревых Ю.А. № 2021101369; Заявл. 22.01.2021; Опубл. 06.12.2021, Бюл. № 34.
- Круглик С.В. О способе использования обеднённой мелассы // *Сахар*. 2020. № 1. С.14-18.
- McGillivray T. et al. Molasses desugarization extract: resolution of problems associated with processing extract // *Sugar Industry/Zuckerindustrie*. 2009. V. 134. №. 8. P. 540-547.
- Johnson E. et al. Molasses desugarization in the US beet sugar industry: recent update // *International Sugar Journal*. 2019. V. 121. №. 1449. P. 668-681.
- Urbaniec K., Grabarczyk R. Hydrogen production from sugar beet molasses—a techno-economic study // *Journal of cleaner production*. 2014. V. 65. P. 324-329. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.08.027
- Sidak M.V. et al. Market analysis and development prospective of by-products and waste as a result of beet sugar production in terms of their deep processing into biofuel and other products // *Sakharnaya Svekla*. 2019. №. 10. doi: 10.25802/SB.2019.37.92.001


- 14 Vučurović V.M., Puškaš V.S., Miljić U.D. Bioethanol production from sugar beet molasses and thick juice by free and immobilised *Saccharomyces cerevisiae* // *Journal of the Institute of Brewing*. 2019. V. 125. №. 1. P. 134-142. doi: 10.1002/jib.536
- 15 Schmid M.T., Song H., Raschbauer M., Emerstorfer F. et al. Utilization of desugarized sugar beet molasses for the production of poly (3-hydroxybutyrate) by halophilic *Bacillus megaterium* uyuni S29 // *Process biochemistry*. 2019. V. 86. P. 9-15. doi: 10.1016/j.procbio.2019.08.001
- 16 Gojgic-Cvijovic G.D., Jakovljevic D.M., Loncarevic B.D., Todorovic N.M. et al. Production of levan by *Bacillus licheniformis* NS032 in sugar beet molasses-based medium // *International journal of biological macromolecules*. 2019. V. 121. P. 142-151. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.10.019
- 17 Duraisam R., Salegn K., Berekete A.K. Production of beet sugar and bio-ethanol from sugar beet and its bagasse: a review // *Int J Eng Trends Technol*. 2017. V. 43. №. 4. P. 222-233.
- 18 Mikulski D., Kłosowski G. Integration of first-and second-generation bioethanol production from beet molasses and distillery stillage after dilute sulfuric acid pretreatment // *BioEnergy Research*. 2021. P. 1-12. doi: 10.1007/s12155-021-10260-w
- 19 Martínez O. et al. Valorization of sugarcane bagasse and sugar beet molasses using *Kluyveromyces marxianus* for producing value-added aroma compounds via solid-state fermentation // *Journal of Cleaner Production*. 2017. V. 158. P. 8-17. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.04.155
- 20 Germec M., Turhan I. Enhanced production of *Aspergillus niger* inulinase from sugar beet molasses and its kinetic modeling // *Biotechnology Letters*. 2020. V. 42. №. 10. P. 1939-1955. doi: 10.1007/s10529-020-02913-1

References


- 1 GOST 30561-2017 Beet molasses. Specifications. Moscow, Standartinform. 2017. 22 p. (in Russian).
- 2 Potvliet M. Comparison of Results in Desugarization with the Steffen Lime, Barium, and Strontium Processes. *Industrial & Engineering Chemistry*. 1921. vol. 13. no. 11. pp. 1041-1042. (in Russian).
- 3 Sidak M.V. Analysis and development prospects of the market for deep processing of by-products and wastes of sugar beet production into biofuels and other products. *Sugar beet*. 2019. no. 10. pp. 6-11. (in Russian).
- 4 Sherdani A.D. Superbarbotage™ is an innovative technology for cleaning beet molasses. Comparison with modern analogues. *Sugar*. 2021. no. 5. pp. 24-39. (in Russian).
- 5 Farmani B. et al. Powdered Activated Carbon Treatment of Sugar Beet Molasses for Liquid Invert Sugar Production: Effects of Storage Time and Temperatures. *Sugar Tech*. 2021. pp. 1-10.
- 6 Gibadullina L.R. Isolation of betaine from beet molasses solution. *Biological sciences*. 2019. pp. 43. (in Russian).
- 7 Schmid M.T. et al. Utilization of desugarized sugar beet molasses for the production of poly (3-hydroxybutyrate) by halophilic *Bacillus megaterium* uyuni S29. *Process biochemistry*. 2019. vol. 86. pp. 9-15.
- 8 Kulneva N.G., Nozdrevatykh Yu.A. The method of utilization of depleted molasses. Patent RF, no. 2761113, 2021.
- 9 Kruglik S.V. On the method of using depleted molasses. *Sugar*. 2020. no. 1. pp.14-18. (in Russian).
- 10 McGillivray T. et al. Molasses desugarization extract: resolution of problems associated with processing extract. *Sugar Industry/Zuckerindustrie*. 2009. vol. 134. no. 8. pp. 540-547.
- 11 Johnson E. et al. Molasses desugarization in the US beet sugar industry: recent update. *International Sugar Journal*. 2019. vol. 121. no. 1449. pp. 668-681.
- 12 Urbaniec K., Grabarczyk R. Hydrogen production from sugar beet molasses—a techno-economic study. *Journal of cleaner production*. 2014. vol. 65. pp. 324-329. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.08.027
- 13 Sidak M.V. et al. Market analysis and development prospective of by-products and waste as a result of beet sugar production in terms of their deep processing into biofuel and other products. *Sakharnaya Svekla*. 2019. no. 10. doi: 10.25802/SB.2019.37.92.001
- 14 Vučurović V.M., Puškaš V.S., Miljić U.D. Bioethanol production from sugar beet molasses and thick juice by free and immobilised *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of the Institute of Brewing*. 2019. vol. 125. no. 1. pp. 134-142. doi: 10.1002/jib.536
- 15 Schmid M.T., Song H., Raschbauer M., Emerstorfer F. et al. Utilization of desugarized sugar beet molasses for the production of poly (3-hydroxybutyrate) by halophilic *Bacillus megaterium* uyuni S29. *Process biochemistry*. 2019. vol. 86. pp. 9-15. doi: 10.1016/j.procbio.2019.08.001
- 16 Gojgic-Cvijovic G.D., Jakovljevic D.M., Loncarevic B.D., Todorovic N.M. et al. Production of levan by *Bacillus licheniformis* NS032 in sugar beet molasses-based medium. *International journal of biological macromolecules*. 2019. vol. 121. pp. 142-151. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.10.019
- 17 Duraisam R., Salegn K., Berekete A.K. Production of beet sugar and bio-ethanol from sugar beet and its bagasse: a review. *Int J Eng Trends Technol*. 2017. vol. 43. no. 4. pp. 222-233.
- 18 Mikulski D., Kłosowski G. Integration of first-and second-generation bioethanol production from beet molasses and distillery stillage after dilute sulfuric acid pretreatment. *BioEnergy Research*. 2021. pp. 1-12. doi: 10.1007/s12155-021-10260-w
- 19 Martínez O. et al. Valorization of sugarcane bagasse and sugar beet molasses using *Kluyveromyces marxianus* for producing value-added aroma compounds via solid-state fermentation. *Journal of Cleaner Production*. 2017. vol. 158. pp. 8-17. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.04.155
- 20 Germec M., Turhan I. Enhanced production of *Aspergillus niger* inulinase from sugar beet molasses and its kinetic modeling. *Biotechnology Letters*. 2020. vol. 42. no. 10. pp. 1939-1955. doi: 10.1007/s10529-020-02913-1

Сведения об авторах


Надежда Г. Кульнева д.т.н., профессор, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г Воронеж, 394036, Россия, ngkulneva@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3802-9071>


Павел Ю. Сурин ведущий инженер, ООО «Вик-сервис», ул. Ростовская, д. 58/12, г. Воронеж, 394074, Россия), believe089@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8244-438X>

Владимир А. Федорук к.т.н., доцент, ООО «БМА-Руссланд», ул. Комиссаржевской, 10, г. Воронеж, 394036, Россия, yzas2006@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7410-0165>

Наталья А. Матвиенко к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, natali25_81@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4777-003X>

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 G. Kulneva Dr. Sci. (Engin.), professor, fermentation technology and sugar industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ngkulneva@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3802-9071>

Pavel Yu. Surin lead engineer, LLC "Vic-service", Rostovskaya St., 58/12, Voronezh, 394074, Russia, believe089@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8244-438X>

Vladimir A. Fedoruk Cand. Sci. (Engin.), associate professor, LLC "BMA Russland", Komissarzhevskaya St., 10, Voronezh, 394036, Russia, yzas2006@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7410-0165>

Natalya A. Matvienko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation technology and sugar industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, natali25_81@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4777-003X>

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 10/01/2022	После редакции 07/02/2022	Принята в печать 25/02/2022
Received 10/01/2022	Accepted in revised 07/02/2022	Accepted 25/02/2022

Влияние переработки на белковый комплекс семян конопли




Валентин И. Ущাপовский ¹	v.uschapovsky@fnclk.ru	 0000-0003-1620-3323
Агата А. Гончарова ¹	a.goncharova@fnclk.ru	 0000-0001-5977-5669
Ирина Э. Миневич ¹	i.minevich@fnclk.ru	 0000-0002-8558-4257

¹ Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, 17/56, г. Тверь, 170041, Россия

Аннотация. В последнее время промышленные семена конопли, *Cannabis sativa* L., стали вызывать немалый интерес в научных исследованиях, в области питания и промышленности ввиду их высокой пищевой ценности и хорошей усвояемости. Семена конопли становятся новым источником растительного белка и необходимых компонентов для поддержания здоровья благодаря богатому содержанию белковых соединений, витаминов, ненасыщенных жирных кислот. В текущем исследовании было изучено влияние переработки на белковый комплекс семян конопли посевной с низким содержанием тетрагидроканнабиола. В работе применяли стандартные методы анализа (определение белка, жира, влаги) и специальные методы: определение соотношения белковых фракций семян конопли и продуктов их переработки. Объектом исследования служили семена конопли, сорт Сурская, и продукты их обезжиривания механическим и химическим методами. Было выявлено преобладание глобулиновой фракции в исходных семенах конопли (69,44%) и в продукте, полученном при обезжиривании семян конопли гексаном (мелкодисперсная фракция шрота, 80,94%). В муке из семян конопли, которая была получена холодным прессованием, преобладала глютелиновая фракция (38,98%). После процессов переработки семян конопли (прессование, экстракция) соотношение белковых фракций (альбуминовой, глобулиновой и глютелиновой) в полученных продуктах изменилось: шрот (1:3,2:3,2), мелкодисперсная фракция (0,1:4,7:1) и мука (1,1:1:1,4), в сравнении с исходным сырьём (1:2,5:0,1). При всех методах обработки наблюдается значительное увеличение глютелиновой фракции: с 2,78 до 43,10 и 38,98%, механическим и химическим методами, соответственно, и снижение суммы водо- и солерастворимых фракций. Исследования по изучению соотношения белковых фракций масличных культур имеют практическое значение для повышения качества продуктов здорового питания.

Ключевые слова: семена конопли, масличные культуры, белковые фракции, глобулины, здоровое питание, качество пищевой продукции, экстракция

The impact of processing on hemp seeds protein complex

Valentin I. Uschapovsky ¹	v.uschapovsky@fnclk.ru	 0000-0003-1620-3323
Agata A. Goncharova ¹	a.goncharova@fnclk.ru	 0000-0001-5977-5669
Irina E. Minevich ¹	i.minevich@fnclk.ru	 0000-0002-8558-4257

¹ Federal Research Center for Bust Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky av., Tver, Russia, 170041

Abstract. Recently, commercial hemp seeds, *Cannabis sativa* L., have attracted considerable interest in nutritional and industrial research due to their high nutritional value and good digestibility. Hemp seeds are becoming a new source of vegetable protein and the necessary components for maintaining health due to the rich content of protein compounds, vitamins, and unsaturated fatty acids. The effect of processing on the protein complex of low THC hemp seeds was studied in the current study. Standard methods of analysis (determination of protein, fat, moisture) and special methods (determination of the ratio of protein fractions of hemp seeds and products of their processing) were applied in the work. The objects of study were hemp seeds (Surskaya variety) and products of their de-oiling by mechanical and chemical methods. The globulin fraction predominance in the original hemp seeds (69.44%) and in the product obtained by hemp seeds de-oiling with hexane (fine fraction of meal, 80.94%) was revealed. Glutelin fraction (38.98%) prevailed in hemp seed flour obtained by cold pressing. After the hemp seeds processing (pressing, extraction), the ratio of protein fractions (albumin, globulin and glutelin) in the resulting products changed: meal (1:3.2:3.2), fine fraction (0.1:4.7:1) and flour (1.1:1:1.4), in comparison with the initial raw material (1:2.5:0.1). A significant increase in the glutelin fraction: from 2.78 to 43.10 and 38.98%, by mechanical and chemical methods, respectively, and a decrease in the amount of water- and salt-soluble fractions were observed with all processing methods. Researches of the study of the ratio of oilseeds protein fractions are of practical importance for improving healthy foods quality.

Keywords: Hemp seeds, oilseeds, protein fractions, globulins, healthy diet, food quality, extraction.

Введение

Конопля посевная (*Cannabis sativa* L.) относится к техническим культурам комплексного использования, т. е. в перерабатывающей

промышленности используются различные части растения, как сырье для производства волокнистых изделий, пищевых, медицинских и химических продуктов. По данным ФАО,

Для цитирования

Ущাপовский В.И., Гончарова А.А., Миневич И.Э. Влияние переработки на белковый комплекс семян конопли // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 66–72. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-66-72

For citation

Uschapovsky V.I., Goncharova A.A., Minevich I.E. The impact of processing on hemp seeds protein complex. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 66–72. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-66-72

в настоящее время в мире посевная площадь технической конопли различного назначения составляет около 400 тыс. га. [1].

Крупнейшими производителями технической конопли и продукции из нее являются Китай, Франция, Канада, Египет, Австралия и Чили. В целом страны Азии контролируют около 70–75% общемирового рынка данной сельскохозяйственной культуры. Площади посевов конопли в Евросоюзе в последние 20 лет составляют около 15% от общемировых [3].

По данным Минсельхоза России в последнее десятилетие посевные площади под технической коноплей для производства волокна и масла в стране постоянно увеличиваются [4]. В 2011 г. конопля возделывалась на площади около 2 тыс. га, а в 2021 г. – на уровне 13 тыс. га. В Российской Федерации законодательно разрешено возделывать в промышленных целях сорта конопли посевной (*Cannabis sativa L.*), внесенные в список Госсортокомиссии и содержащие в сухой массе листьев и соцветий растения не более 0,1% тетрагидроканнабинола (ТГК) [5]. Следует отметить, что ТГК, как и другие каннабиноиды, не присутствуют в семенах конопли, а содержатся в соцветиях и листьях конопли.

Благодаря созданию сортов технической конопли с низким содержанием ТГК (0,1–0,3%), легализации возделывания и переработки такого сырья мировой рынок продукции из конопли находится на этапе подъема [2]. Наибольший интерес представляет использование семян конопли для пищевых и медицинских целей. Согласно информации, из базы данных медицинских и биологических публикаций – PubMed, количество статей, связанных с изучением особенностей протеина конопли, резко возросло за последние годы.

В связи с глобальной проблемой ограниченного предложения традиционных белков животного происхождения и растущего спроса на качественный пищевой белок актуальным стал поиск альтернативных источников белка [6,7].

Белки, извлеченные из семян масличных, зерновых, бобовых культур и продуктов их переработки, представляют собой экономически выгодные и быстро возобновляемые альтернативы белкам животного происхождения. Особенно ценными являются растительные белки, характеризующиеся высоким содержанием таких серосодержащих аминокислот

как цистеин и метионин, связанных с высокой антиоксидантной активностью [8].

Актуальность использования растительных белков в рационе питания в качестве пищевой добавки определяется необходимостью повышения биологической ценности рационов населения. Современное питание населения характеризуется низкой пищевой ценностью, высокой калорийностью, дефицитом микронутриентов и пищевых волокон, а также избыточным содержанием насыщенных жирных кислот, добавленного сахара. Для сохранения здоровья населения Российской Федерации руководством страны поставлена задача по расширению ассортимента продуктов здорового питания. Это отражено в «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 года № 1364-р.

Перспективным сырьем, характеризующимся высоким содержанием биологически активных веществ для создания продуктов здорового питания являются семена конопли.

В семенах конопли содержится около 30% масла, с преобладанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК); 20–25% белка, в котором были определены все незаменимые аминокислоты, 20–30% углеводов, 10–15% нерастворимой клетчатки, 5% золы, витамины и минералы [9–13]. Содержание белка значительно различается у разных сортов и, во многом, зависит от условий выращивания культуры (температуры, осадков и пр.) [14]. Запасные белки семян конопли состоят из фракций водорастворимого альбумина (25–37%) и солерастворимого глобулина (эдестина) (67–75%) [15]. Соотношение между данными фракциями также может меняться от условий обработки, выращивания и зависеть от сортовых особенностей культуры.

Для определения качества белкового комплекса используют показатель «биологическая ценность», который можно выразить через индекс незаменимых аминокислот и их аминокислотный скор. В таблице 1 представлено содержание незаменимых аминокислот в белковом комплексе семян конопли [16] и их аминокислотные скоры. Лимитирующей аминокислотой в белковом комплексе семян конопли является лизин. Аминокислотный скор белка семян конопли по нашим расчетам составил 84% по лизину (таблица 1).

Таблица 1.

Аминокислотный состав семян конопли

Table 1.

Amino acid profile in hempseed

Наименование The name	Стандарт ФАО/ВОЗ г/100 г белка [17] FAO/WHO requirement, g/100g protein [17]	Семена конопли г/100 г белка [16] Whole hempseed [16]	*Аминокислотный скор семян конопли, % *Amino Acid Score of hemp seed, %
Валин | Valine	4,0	5,36	134,00
Изолейцин | Isoleucine	3,0	3,76	125,33
Лейцин | Leucine	6,1	7,00	114,75
Лизин | Lysine	4,8	4,04	84,17
Метионин + Цистин Methionine + Cysteine	2,3	4,56	198,26
Треонин | Threonine	2,5	4,75	190,00
Триптофан Tryptophan	0,7	1,08	154,29
Фенилаланин + Тирозин Phenylalanine + Tyrosine	4,1	8,04	196,10
Гистидин | Histidine	1,6	2,58	161,25

*аминокислотный скор рассчитан по [16] | Amino Acid Score is calculated according to source [16]

Индекс незаменимых аминокислот для белкового комплекса семян конопли определенный по уравнению (1) составил 1,46.

$$ИНАК = \sqrt[9]{\frac{Val_a}{Val_b} \times \frac{Ile_a}{Ile_b} \times \dots \times \frac{His_a}{His_b}}, \quad (1)$$

где а, б – содержание аминокислот в изучаемом и эталонном белке, соответственно

Тогда как данный показатель для пшеничного белка – 0,96, белка соевых бобов – 0,94 [18]. Всё это свидетельствует о высокой биологической ценности белкового комплекса конопли.

Белок конопли используется как пищевая добавка в рецептах для повышения качества белка целевой продукции. Он обладает низкой аллергенностью по сравнению с большинством других растительных белков, что позволяет заменять им другие белковые компоненты в составе пищевых продуктов [10]. В связи с ростом населения, заинтересованного в здоровом и устойчивом питании, рынок растительного белка, по прогнозам экспертов, будет расти быстрее, несмотря на то что белки животного происхождения имеют преимущества [7].

Пептиды, полученные при гидролизе белков семян конопли, проявляют широкий спектр биологической активности. Так, например, пептиды из белкового изолята семян конопли обладают антиоксидантными [19], антигипертензивными [20], противомикробными [21], антитромботическими [22], гиполипидемическими [23], иммуномодулирующими и цитомодулирующими свойствами [14].

При наличии значительной информации о составе белков семян конопли, их пользе для здоровья человека, остается нерешенным большой круг вопросов, связанных с изучением влияния технологической переработки семян

на биохимический состав получаемого продукта, в том числе, на изменение фракционного состава белкового комплекса.

Цель работы – исследование изменения соотношения белковых фракций в процессе переработки семян конопли.

Материалы и методы

Исследования семян конопли и продуктов переработки проводили на базе лаборатории переработки лубяных культур Федерального научного центра лубяных культур.

В качестве объекта исследования использовали семена конопли посевной сорта Сурская, полученные из лаборатории агротехнологий обособленного подразделения «Пензенский ИСХ» ФГБНУ ФНЦ ЛК. Шрот из семян конопли был получен двукратной экстракцией в гексане при соотношении сырье: растворитель – 1:5, при температуре 60 °С и продолжительности 5 часов. После отделения растворителя от шрота, сырье обрабатывали диэтиловым эфиром для удаления остатков масла и дальнейшей сушки при комнатной температуре. В процессе обезжиривания была выделена более легкая мелкодисперсная белковая фракция шрота (продукт 1К) путем фильтрования мисцеллы через бумажный фильтр. Конопляная мука, полученная по технологии «холодного» прессования представлена ООО «Макошь».

Для анализа семян конопли и продуктов их переработки использовали стандартные методы: белок определяли по ГОСТ 10846–91, содержание жира – по ГОСТ 10857–64, влаги – по ГОСТ 10856–96.

Фракционный состав белкового комплекса семян конопли определяли по методу Ермакова:

последовательной экстракцией дистиллированной водой, 7%-м раствором NaCl и 0,1 М раствором NaOH [24].

Математический анализ данных проводили с использованием пакета программ MS Excel[®].

Результаты и обсуждение

При анализе исходного сырья и продуктов его переработки получены следующие показатели, представленные в таблице 2.

Таблица 2.
Показатели семян конопли и продуктов экстракции гексаном

Table 2.
Indicators of hemp seeds and products of hexane extraction

Образец Samples	Сырой протеин, % Crude protein, %	Сырой жир, % Crude fat, %	Влажность, % Humidity, %
Семена конопли Whole hempseed	18,72 ± 0,94	26,70 ± 1,34	3,37 ± 0,17
Конопляная мука Hemp flour	38,14 ± 1,91	17,63 ± 0,88	5,67 ± 0,28
Продукт 1К Product 1K	28,25 ± 1,41	1,40 ± 0,07	6,13 ± 0,31
Шрот конопли Hemp meal	19,17 ± 0,96	1,60 ± 0,08	4,10 ± 0,21

Содержание влаги в сырье и продуктах варьировалось от 3,37 до 6,13%. Самое высокое значение было у продукта 1К, что может быть связано с его мелкодисперсной структурой и высоким содержанием углеводов, поскольку сахара легко поглощают влагу из окружающей среды. После процесса обезжиривания измельченных семян конопли, содержание жира в шроте и продукте 1К уменьшилось до близких значений: 1,60 и 1,40% соответственно. При получении пищевых масел из растительного сырья нередко используют гексан, так как данный тип растворителя имеет узкий диапазон температур кипения (60–69 °С), а также является хорошим растворителем масел с точки зрения их избирательности. При экстракции гексаном вместе с маслом способны переходить в раствор олигосахариды и другие низкомолекулярные экстрактивные вещества, а основные фракции белков остаются в нерастворимом состоянии [25].

При изучении фракций выделенных при обезжиривании семян конопли методом экстракции выявлено, что содержание белка в семенах конопли, продукте 1К, шроте и муке составило 18,72%, 28,25%, 19,17% и 38,14%, соответственно.

Химический состав семян конопли сорта Сурская и соотношение в них белковых фракций представлены на рисунке 1.

В семенах конопли преобладающей фракцией являются глобулины (69,44%). Глобулин семян конопли в основном состоит из двух типов белка, а именно 11S глобулина (легуминоподобный) и 7S вицилиноподобного белка, на долю которых приходится 60–80% и 5% от общего количества белка семян, соответственно [15]. Фракция глобулина в белке семян конопли имеет более высокое содержание сульфаминокислот, особенно метионина, а также более высокое содержание гидрофобных, ароматических аминокислот и аминокислот с разветвленной цепью по сравнению с альбуминовой фракцией [13]. Более высокое соотношение аргинин / лизин в глобулине определенное в работе [13] по сравнению с альбумином свидетельствует о большом потенциале использования глобулина в рецептуре пищевых продуктов, способствующих укреплению здоровья сердечно-сосудистой системы.

Вследствие переработки семян конопли изменяются соотношения белковых фракций. Полученные результаты представлены на диаграммах рисунков 2 и 3.

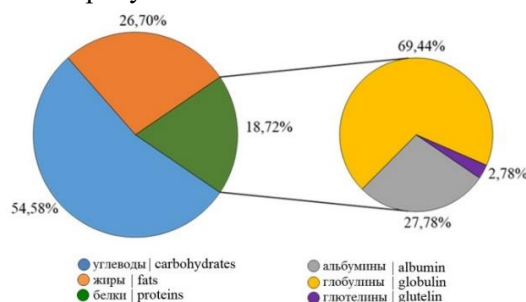


Рисунок 1. Химический состав и соотношение белковых фракций в семенах конопли

Figure 1. Chemical composition of hemp seed and ratio of protein fractions

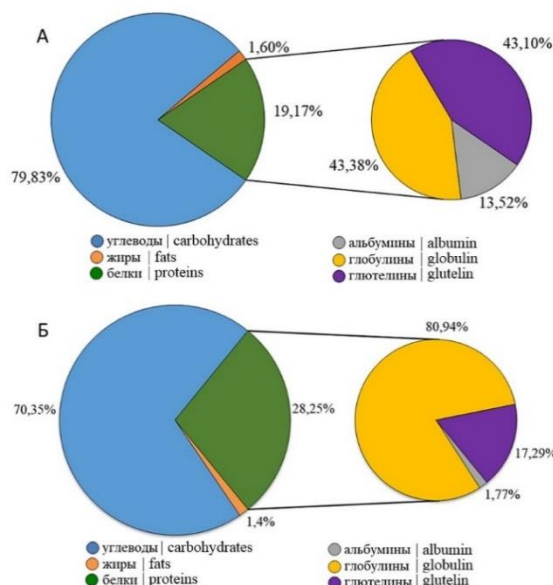


Рисунок 2. Химический состав и соотношение белковых фракций в шроте (А) и продукте 1К (Б)

Figure 2. Chemical composition of hemp seed meal (A) and product 1K (B) and their ratio of protein fractions

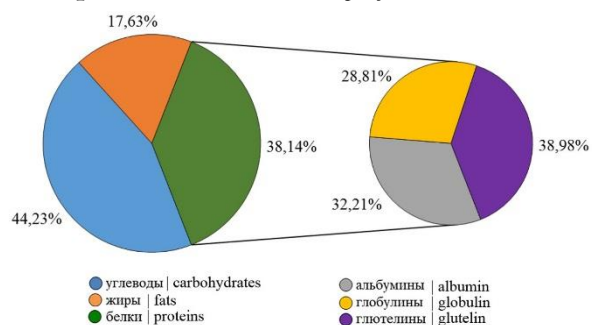


Рисунок 3. Химический состав и соотношение белковых фракций конопляной муки

Figure 3. The chemical composition and the ratio of protein fractions of hemp seed flour

В процессе обезжиривания семян конопли методом экстракции были получены шрот и мелкодисперсная фракция – продукт 1К, содержащий более 28% белка. Содержание белка во фракции шрота ниже, так как при разделении шрота и продукта 1К часть белковых соединений переходит в продукт 1К. После разделения продуктов экстракции в них, как следует из рисунка 2, произошло перераспределение белковых фракций. Содержание глобулинов в легкой мелкодисперсной фракции белков конопли составило 81% (рисунок 2, Б). В шроте содержание глобулиновой и глутелиновой фракций стало одинаковым. Значительно снизилось содержание альбуминов по сравнению с исходными семенами.

На рисунке 3 представлен химический состав и соотношение белковых фракций муки из семян конопли. В отличие от шрота, мука была получена после обезжиривания семян конопли методом «холодного» прессования.

Из всех полученных образцов в конопляной муке содержание белка от массы продукта самое высокое – 38,14%.

В конопляной муке присутствуют все 3 фракции аналогично белкам масличных. По сравнению с исходными семенами конопли в муке все 3 белковые фракции содержатся практически, в равных соотношениях с незначительным преобладанием глутелиновой.

Следует отметить, что в процессе переработки семян конопли, как механическим, так и химическим методами происходит в разной степени изменение соотношения белковых фракций. При всех методах обработки наблюдается значительное увеличение глутелиновой фракции и снижение суммы водо- и солерастворимых фракций, что можно объяснить протеканием процессов денатурации, которые сопровождаются изменением четвертичной либо третичной структуры белковой молекулы.

Так при получении муки механическим методом «холодного» прессования происходит прирост глутелинов с 2,78 до 38,98%, а в шроте и продукте 1К (после химической обработки) до 43,10 и 17,29, соответственно.

Заключение

В результате проделанной работы: определен химический состав семян конопли сорта Сурская и продуктов их переработки, свидетельствующий о повышении содержания белка после процесса экстракции и механического воздействия. Установлено соотношение белковых фракций в семенах конопли и продуктах и переработки. Преобладающей фракцией в семенах конопли является глобулиновая, содержание которой составляет 70%.

Химическая и механическая обработка сырья приводит к увеличению глутелиновой фракции белка с 2,78 до 43,10 и 38,98%, соответственно, и снижению суммы водо- и солерастворимых фракций.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что процессы механического и химического обезжиривания семян конопли обеспечивают получение сырья с высоким содержанием белка, содержащего все незаменимые аминокислоты и характеризующегося преобладающим содержанием суммы водо- и солерастворимых фракций, повышающих усвояемость белка.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (FGSS-2022–0007)

Литература

- 1 Кабунина И.В. Современная структура мирового рынка производства конопли // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 64 (4). С. 40–44.
- 2 Origo L.P., Boschin G., Recca T., Morelli C.F. et al. New ACE inhibitory peptides from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) proteins // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. № 65 (48). P. 10482–10488.
- 3 Конопля в Европе и мире. URL: <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/spravocchnie-materiali.html/id/1761>
- 4 Серков В.А., Смирнов А.А. История коноплеводства в России // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. № 3 (175). С. 132–141.
- 5 Зеленина О.Н., Смирнов А.А. Динамика содержания каннабиноидов в растениях конопли // Нива Поволжья. 2010. № 4 (17). С. 16–20.
- 6 Amagliani L., Schmitt C. Globular plant protein aggregates for stabilization of food foams and emulsions // Trends in Food Science & Technology. 2017. № 67. P. 248–259. doi: 10.1016/j.tifs.2017.07.013


- 7 Sá A.G.A., Franco Y.M., Carciofi M.B.A.M. Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. // Trends in Food Science & Technology. 2020. № 97. P. 170–184. doi: 10.1016/j.tifs.2020.01.011
- 8 Teh S.S., Bekhit A.E.D., Carne A., Birch J. Effect of the defatting process, acid and alkali extraction on the physicochemical and functional properties of hemp, flax and canola seed cake protein isolates // Journal of Food Measurement and Characterization. 2014. № 8 (2). P. 92–104.
- 9 Lan Y., Zha F., Peckrul A., Hanson B. et al. Genotype x environmental effects on yielding ability and seed chemical composition of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties grown in North Dakota, USA // Journal of the American Oil Chemists Society. 2019. № 96. P. 1417–1425.
- 10 Qingling W., Youling L. Xiong. Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review. // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2019. № 18 (4). P. 936–952.
- 11 Aluko R. Hemp Seed (*Cannabis sativa* L.) Proteins: Composition, Structure, Enzymatic Modification, and Functional or Bioactive Properties // Sustainable Protein Sources. 2017. V. 7. P. 121–132.
- 12 Leonard W., Zhang P., Ying D., Fang Z. Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2019. № 19 (1). P. 282–308.
- 13 Oseyko M., Sova N., Lutsenko M., Kalyna V. Chemical aspects of the composition of industrial hemp seed products // Ukrainian Food Journal. 2019. № 8. P. 544–559.
- 14 Sun X., Sun Y., Li Y., Wu Q. et al. Identification and Characterization of the Seed Storage Proteins and Related Genes of *Cannabis sativa* L. // Frontiers in Nutrition. 2021. V. 8. P. 1–14.
- 15 Malomo S.A., Aluko R.E. A comparative study of the structural and functional properties of isolated hemp seed (*Cannabis sativa* L.) albumin and globulin fractions // Food Hydrocolloids. 2015. № 43. P. 743–752.
- 16 Shen P., Gao Z., Fang B., Rao J. et al. Ferreting out the secrets of industrial hemp protein as emerging functional food ingredients // Trends in Food Science & Technology. 2021. № 112. P. 1–15.
- 17 World Health Organization. Protein Acids in Human Nutrition. WHO/FAO Expert Consultation // World Health Rep. 2007. № 935. 284 p.
- 18 Цыганов Т.Б., Миневич И.Э., Зубцов В.А., Осипова Л.Л. Пищевая ценность семян льна и перспективные направления их переработки. Калуга, Издат. «Эйдос», 2010. 123 с.
- 19 Girgih A.T., Udenigwe C.C., Aluko R.E. Reverse-phase HPLC separation of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysate produced peptide fractions with enhanced antioxidant capacity // Plant Foods for Human Nutrition. 2013. № 68. P. 39–46.
- 20 Malomo S.A., Onuh J.O., Girgih A.T., Aluko R.E. Structural and antihypertensive properties of enzymatic hemp seed protein hydrolysates // Nutrients. 2015. V. 7. P. 7616–7632.
- 21 Teh S.S., Bekhit A.E.A., Carne A., Birch J. Antioxidant and ACE-inhibitory activities of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysates produced by the proteases AFP, HT, Pro-G, actinidin and zingibain // Food Chemistry. 2016. № 203. P. 199–206.
- 22 Mine Y., Li-Chan E.C.Y., Bo J. Biologically Active Food Proteins and Peptides in Health: An Overview // Bioactive Proteins and Peptides as Functional Foods and Nutraceuticals. 1st ed. 2010. P. 5–11.
- 23 Aiello G., Lammi C., Boschin G., Zanoni C. et al. Exploration of potentially bioactive peptides generated from the enzymatic hydrolysis of hempseed proteins // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. № 65. P. 10174–10184.


References


- 1 Kabunina I.V. Modern structure of the world cannabis production market. International Agricultural Journal. 2021. no. 64 (4). pp. 40–44. (in Russian).
- 2 Orio L.P., Boschin G., Recca T., Morelli C.F. et al. New ACE inhibitory peptides from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) proteins. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. no. 65 (48). pp. 10482–10488.
- 3 Cannabis in Europe and the world. Available at: <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/spravochnie-materiali.html/id/1761> (in Russian).
- 4 Serkov V.A., Smirnov A.A. The history of hemp growing in Russia. Oilseed crops. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds. 2018. no. 3 (175). pp. 132–141. (in Russian).
- 5 Zelenina O.N., Smirnov A.A. Dynamics of the content of cannabinoids in cannabis plants. Niva of the Volga region. 2010. no. 4 (17). pp. 16–20. (in Russian).
- 6 Amagliani L., Schmitt C. Globular plant protein aggregates for stabilization of food foams and emulsions. Trends in Food Science & Technology. 2017. no. 67. pp. 248–259. doi: 10.1016/j.tifs.2017.07.013
- 7 Sá A.G.A., Franco Y.M., Carciofi M.B.A.M. Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. Trends in Food Science & Technology. 2020. no. 97. pp. 170–184. doi: 10.1016/j.tifs.2020.01.011
- 8 Teh S.S., Bekhit A.E.D., Carne A., Birch J. Effect of the defatting process, acid and alkali extraction on the physicochemical and functional properties of hemp, flax and canola seed cake protein isolates. Journal of Food Measurement and Characterization. 2014. no. 8 (2). pp. 92–104.
- 9 Lan Y., Zha F., Peckrul A., Hanson B. et al. Genotype x environmental effects on yielding ability and seed chemical composition of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties grown in North Dakota, USA. Journal of the American Oil Chemists Society. 2019. no. 96. pp. 1417–1425.
- 10 Qingling W., Youling L. Xiong. Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2019. no. 18 (4). pp. 936–952.
- 11 Aluko R. Hemp Seed (*Cannabis sativa* L.) Proteins: Composition, Structure, Enzymatic Modification, and Functional or Bioactive Properties. Sustainable Protein Sources. 2017. vol. 7. pp. 121–132.
- 12 Leonard W., Zhang P., Ying D., Fang Z. Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2019. no. 19 (1). pp. 282–308.

- 13 Oseyko M., Sova N., Lutsenko M., Kalyna V. Chemical aspects of the composition of industrial hemp seed products. Ukrainian Food Journal. 2019. no. 8. pp. 544–559.
- 14 Sun X., Sun Y., Li Y., Wu Q. et al. Identification and Characterization of the Seed Storage Proteins and Related Genes of Cannabis sativa L. Frontiers in Nutrition. 2021. vol. 8. pp. 1–14.
- 15 Malomo S.A., Aluko R.E. A comparative study of the structural and functional properties of isolated hemp seed (Cannabis sativa L.) albumin and globulin fractions. Food Hydrocolloids. 2015. no. 43. pp. 743–752.
- 16 Shen P., Gao Z., Fang B., Rao J. et al. Ferretting out the secrets of industrial hemp protein as emerging functional food ingredients. Trends in Food Science & Technology. 2021. no. 112. pp. 1–15.
- 17 World Health Organization. Protein Acids in Human Nutrition. WHO/FAO Expert Consultation. World Health Rep. 2007. no. 935. 284 p.
- 18 Tsyganov T.B., Minevich I.E., Zubtsov V.A., Osipova L.L. Nutritional value of flax seeds and promising directions of their processing. Kaluga, Izdat. "Eidos", 2010. 123 p. (in Russian).
- 19 Girgih A.T., Udenigwe C.C., Aluko R.E. Reverse-phase HPLC separation of hemp seed (Cannabis sativa L.) protein hydrolysate produced peptide fractions with enhanced antioxidant capacity. Plant Foods for Human Nutrition. 2013. no. 68. pp. 39–46.
- 20 Malomo S.A., Onuh J.O., Girgih A.T., Aluko R.E. Structural and antihypertensive properties of enzymatic hemp seed protein hydrolysates. Nutrients. 2015. vol. 7. pp. 7616–7632.
- 21 Teh S.S., Bekhit A.E.A., Carne A., Birch J. Antioxidant and ACE-inhibitory activities of hemp (Cannabis sativa L.) protein hydrolysates produced by the proteases AFP, HT, Pro-G, actinidin and zingibain. Food Chemistry. 2016. no. 203. pp. 199–206.
- 22 Mine Y., Li-Chan E.C.Y., Bo J. Biologically Active Food Proteins and Peptides in Health: An Overview. Bioactive Proteins and Peptides as Functional Foods and Nutraceuticals. 1st ed. 2010. pp. 5–11.
- 23 Aiello G., Lammi C., Boschin G., Zanoni C. et al. Exploration of potentially bioactive peptides generated from the enzymatic hydrolysis of hempseed proteins. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. no. 65. pp. 10174–10184.

Сведения об авторах

Валентин И. Ушаповский м.н.с., лаборатория переработки лубяных культур, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, 17/56, г. Тверь, 170041, Россия, v.uschapovsky@fncl.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1620-3323>

Агата А. Гончарова м.н.с., лаборатория молекулярно-генетических исследований и клеточной селекции, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, 17/56, г. Тверь, 170041, Россия, a.goncharova@fncl.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5977-5669>

Ирина Э. Миневиц к.т.н., в.н.с., лаборатория переработки лубяных культур, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, 17/56, г. Тверь, 170041, Россия, i.minevich@fncl.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8558-4257>


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

Valentin I. Uschapovsky junior researcher, laboratory for the processing of bast crops, The Federal State Budget Research Institution Federal Research Center for Bust Fiber Crops, Komsomolsky prospect, 17/56, Tver, 170041, Russia, v.uschapovsky@fncl.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1620-3323>

Agata A. Goncharova junior researcher, laboratory of molecular genetic research and cell selection, The Federal State Budget Research Institution Federal Research Center for Bust Fiber Crops, Komsomolsky prospect, 17/56, Tver, 170041, Russia, a.goncharova@fncl.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5977-5669>

Irina E. Minevich Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, laboratory for the processing of bast crops, The Federal State Budget Research Institution Federal Research Center for Bust Fiber Crops, Komsomolsky prospect, 17/56, Tver, 170041, Russia, i.minevich@fncl.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8558-4257>

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 20/10/2021	После редакции 20/11/2021	Принята в печать 28/12/2021
Received 20/10/2021	Accepted in revised 20/11/2021	Accepted 28/12/2021

Функциональные продукты из мяса: опыт внесения пищевых волокон в рубленые полуфабрикаты






Дарья И. Шишкина	¹	shishkina.di@rea.ru	 0000-0002-0620-8465
Мария С. Бордунова	¹	masha.bordunova@gmail.com	 0000-0002-4717-4767
Елизавета Д. Звегинцева	¹	lizzv2000@gmail.com	 0000-0002-6187-302X
Евгения Э. Клейн	¹	evgeniya.kleyn@mail.ru	 0000-0003-0322-036X
Александр Ю. Соколов	¹	sokolov.ay@rea.ru	 0000-0002-5433-6429

¹ Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия

Аннотация. Пищевые волокна играют значительную роль в процессе работы желудочно-кишечного тракта человека. Их присутствие в рационе питания позволяет предотвратить ряд серьезных заболеваний, связанных как с органами пищеварения, так и с сердечно-сосудистой и нервной системами. С целью увеличения доли пищевых волокон в структуре питания населения целесообразно создавать функциональные продукты на основе традиционно потребляемых продуктов питания, обогащённых различными видами пищевых волокон. Такими традиционными продуктами для российского потребителя являются молочные и молочнокислые продукты, хлебобулочные изделия, мясные и рыбные продукты, птица. В статье приведены результаты эксперимента по внесению нескольких видов пищевых волокон (пшеничные, овсяные, картофельные и псиллум – волокна подорожника) в рубленые полуфабрикаты из мяса. В ходе проведения исследования было разработано несколько рецептов котлет, в соответствии с которыми были приготовлены кулинарные изделия, которые затем были проанализированы по органолептическим и физико-химическим показателям. Результаты исследования показали, что наиболее высокими органолептическими качествами обладают изделия, изготовленные с использованием волокон псиллум. Котлеты с картофельными волокнами также показали удовлетворительные результаты органолептических и химико-физических исследований. Оба вида котлет характеризовались выраженным мясным вкусом и запахом, приятной консистенцией, в них отсутствовали посторонние привкусы и включения. Изделия с другими видами волокон не могут быть рекомендованы в качестве функциональных продуктов из-за низких потребительских качеств (зернистая текстура, ярко выраженные посторонние привкусы). Разработка мясных полуфабрикатов, обогащённых пищевыми волокнами без потери потребительских свойств, позволит в будущем расширить рынок функциональных продуктов.

Ключевые слова: мясные полуфабрикаты, пищевые волокна, псиллум, функциональные продукты

Functional meat products: experience of introducing dietary fiber into chopped semi-finished products

Darya I. Shishkina	¹	shishkina.di@rea.ru	 0000-0002-0620-8465
Maria S. Bordunova	¹	masha.bordunova@gmail.com	 0000-0002-4717-4767
Elizaveta D. Zvegintseva	¹	lizzv2000@gmail.com	 0000-0002-6187-302X
Eugenia E. Klein	¹	evgeniya.kleyn@mail.ru	 0000-0003-0322-036X
Alexander Yu. Sokolov	¹	sokolov.ay@rea.ru	 0000-0002-5433-6429

¹ Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia

Abstract. Dietary fiber plays a significant role in the functioning of the human gastrointestinal tract. Their presence in the diet allows you to prevent a number of serious diseases associated with both the digestive organs and the cardiovascular and nervous systems. In order to increase the share of dietary fiber in the population's nutrition structure, it is advisable to create functional products based on traditionally consumed foods enriched with various types of dietary fiber. Such traditional products for the Russian consumer are dairy and lactic acid products, bakery products, meat and fish products, poultry. The article presents the results of an experiment on the introduction of several types of dietary fibers (wheat, oat, potato and psillum plantain fibers) into chopped semi-finished meat products. During the study, several recipes of cutlets were developed, according to which culinary products were prepared, which were then analyzed according to organoleptic and physico-chemical parameters. The results of the study showed that the products made using psillum fibers have the highest organoleptic qualities. Cutlets with potato fibers also showed satisfactory results of organoleptic and chemical-physical studies. Both types of cutlets were characterized by a pronounced meat taste and smell, a pleasant consistency, there were no extraneous tastes and inclusions in them. Products with other types of fibers cannot be recommended as functional products due to low consumer qualities (grainy texture, pronounced foreign tastes). The development of semi-finished meat products enriched with dietary fibers without loss of consumer properties will allow expanding the market of functional products in the future.

Keywords: meat semi-finished products, dietary fiber, psyllium, functional products

Для цитирования

Шишкина Д.И., Бордунова М.С., Звегинцева Е.Д., Клейн Е.Э., Соколов А.Ю. Функциональные продукты из мяса: опыт внесения пищевых волокон в рубленые полуфабрикаты // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 73–81. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-73-81

For citation

Shishkina D.I., Bordunova M.S., Zvegintseva E.D., Klein E.E., Sokolov A.Yu. Functional meat products: experience of introducing dietary fiber into chopped semi-finished products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 73–81. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-73-81

Введение

Возрастающий с каждым годом интерес населения к здоровому образу жизни повысил спрос на функциональные продукты, то есть продукты, которые снижают риск возникновения различных заболеваний и способствуют укреплению здоровья [5]. Рынок функциональных продуктов стремительно развивается благодаря научно-техническому прогрессу, и на сегодняшний день существует широкий выбор продуктов, оказывающих терапевтический эффект и предотвращающих появление болезней [16].

Среди большого разнообразия функциональных продуктов следует выделить и подробно рассмотреть продукты, обогащённые пищевыми волокнами [3]. Так как недостаток волокон в рационе часто ведёт к возникновению желудочно-кишечных заболеваний [17] (запоры, рак толстой кишки), повышает риск сердечно-сосудистых заболеваний (гиперхолестеринемия, инсульт, ишемическая болезнь сердца) и является причиной метаболических заболеваний (ожирение, диабет), следует дополнительно вносить пищевые волокна в популярные у населения продукты питания: хлебобулочные изделия, мясные и рыбные полуфабрикаты, макаронные изделия и т. д. [4]

В 2020 и 2021 годах российский рынок мясных полуфабрикатов показывал устойчивый рост в совокупности с рекордными показателями объёма [10]. В связи с этим следует обратить особое внимание на возможности придания данному виду продукции функциональных свойств за счёт обогащения её различными видами пищевых волокон [20].

Современные исследования показывают, что при использовании различных пищевых волокон можно снижать энергетическую ценность мясных полуфабрикатов, что является востребованным в России, где 40% взрослого населения имеет избыточный вес [8]. Эксперименты по разработке диетических котлет с добавлением грибных пищевых волокон показали, что при замене 20% сырого мяса вешенками повышается привлекательность внешнего вида котлет, улучшается их цвет, при этом не появляется посторонний вкус и запах [7]. Текстура экспериментальных котлет более нежная, что способствует лёгкому пережёвыванию. При расчёте и сравнении энергетической ценности контрольного и экспериментального образцов было определено, что при внесении пищевых волокон калорийность снижается на 28,34 ккал и составляет 186,92 ккал, что характеризует данный продукт как среднекалорийный [15]. Таким образом, можно снижать энергетическую ценность и себестоимость рубленых полуфабрикатов из мяса

с сохранением высоких органолептических качеств продукции.

Пищевые волокна также позволяют корректировать аминокислотный состав рубленых полуфабрикатов из мяса в соответствии с потребностями различных категорий населения [6]. Например, для питания пожилых людей были разработаны рецептуры котлет с добавлением пророщенного зерна пшеницы (30%) и обойной пшеничной муки (26%). Белок в таких котлетах имеет как растительное, так и животное происхождение [19], при этом коэффициент соответствия аминокислотного состава в сравнении с контрольным образцом увеличивается на 20% в котлетах с пророщенными зёрнами и на 6,5% в котлетах с обойной мукой. В котлетах с пищевыми волокнами снижается содержание жира по сравнению с котлетами, приготовленными по стандартной рецептуре: в котлетах с пророщенной пшеницей количество жира, снизилось на 2,4%, в котлетах с обойной мукой – на 1,9% [14].

Положительные изменения аминокислотного состава также продемонстрированы в эксперименте по добавлению в котлеты 8% композитной смеси на основе пищевых волокон топинамбура, муки люпина и жмыха амаранта. Результаты эксперимента показали увеличение содержания лейцина на 30%, изолейцина на 44%, метионина и цистина на 10%, фенилаланина и тирозина на 28%, триптофана на 32%, валина на 7%. Общее количество белка увеличилось на 10,4%, а количество жира снизилось на 38,9%. Включение композитной смеси на основе пищевых волокон не оказывает негативного влияния на вкусоароматические характеристики готовых котлет [13]. Органолептическая оценка показала отсутствие у экспериментальных образцов посторонних привкусов и запахов, внешний вид практически не отличался от контрольного образца, при этом котлеты с пищевыми волокнами имели более нежную и сочную консистенцию [18]. Улучшение консистенции достигается благодаря влагоудерживающим свойствам пищевых волокон, что также делает их привлекательными для производителей функциональной добавкой [12].

Также с помощью внесения пищевых волокон можно увеличивать содержание в продуктах минеральных веществ и витаминов, которые участвуют в обмене веществ и поддержании организма в работоспособном состоянии [11]. Так, при добавлении в рецептуру тушёных котлет 3% молотых семян черного тмина содержание марганца в готовом продукте увеличивается в 10 раз, кальция в 3,3 раза, железа в 2,5 раза, меди в 1,7 раз, магния в 1,5 раза и фосфора на 23%.

Котлеты при этом приобретают тёмный оттенок, однако сохраняют приемлемые вкусовые характеристики. Результаты эксперимента также показали, что при внесении семян тмина повышается микробиологическая безопасность при хранении готового продукта за счёт стабилизации численности мезофильной микрофлоры [5].

С учётом описанных преимуществ мясных полуфабрикатов, обогащённых пищевыми волокнами, было принято решение о проведении собственных исследований в данном направлении.

В качестве функционального ингредиента использовались пшеничные, овсяные и картофельные пищевые волокна, а также псиллиум – волокна подорожника.

Материалы и методы

В качестве функционального ингредиента использовались пшеничные, овсяные и картофельные пищевые волокна, а также псиллиум – волокна подорожника [9]. Рецептуры котлет представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Рецептуры образцов котлет

Table 1.

Recipes of cutlet samples

Ингредиент | Ingredient	Образец | Sample					
	Контроль Control	1	2	3	4	5
Фарш домашний | Homemade mincemeat	80	80	80	80	80	80
Лук репчатый свежий | Fresh onion	5	5	5	5	5	5
Яйцо куриное | Chicken egg	10	10	10	10	10	10
Хлеб пшеничный | Wheat bread	14	14	14	14	14	14
Молоко, 3,2% | Milk, 3,2%	10	10	10	10	10	10
Соль | Salt	1	1	1	1	1	1
Перец черный молотый | Ground black pepper	1	1	1	1	1	1
Волокна пшеничные WF 400 | Wheat fibers WF 400		4				
Волокна пшеничные WF 600 | Wheat fibers WF 600			8			
Волокна картофельные | Potato fibers KF200				4		3,5
Волокна овсяные HF200 | Oat fibers HF 200					4	
Волокна псиллиум P95 | Psyllium fibers P95						0,5
Масса полуфабриката, г | Semi-finished product weight, g	113	117	121	117	117	117

В соответствии с представленными рецептурами было произведено изготовление изделий методом обжарки на небольшом количестве растительного масла с последующей тепловой обработкой в пароконвектомате в течение 8 минут до температуры в толще изделия 85 °С.

После приготовления была произведена органолептическая (сенсорная) оценка изделий. Для оценки было выбрано монадическое профилирование образцов по 10-балльной шкале (рисунок 1).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
отсутствует	едва заметно extremely weak intensity		слабый weak intensity		средний moderate intensity			очень интенсивный strong intensity		очень сильно интенсивный extremely strong intensity
	слабый weak			средний moderate				сильный strong		

Рисунок 1. Шкала монадического профилирования
Figure 1. Monadic profiling scale

Дополнительно была проведена органолептическая оценка в соответствии с ГОСТ 32951–2014 «Полуфабрикаты мясные и мясо-содержащие. Общие технические условия».

В данном исследовании образцы подвергались оценке физико-химических показателей с помощью взвешивания, пенетрации, титрования, высушивания. Все исследования были проведены в соответствии с ГОСТ 4288–76 «Изделия кулинарные и полуфабрикаты из рубленого мяса. Правила приемки и методы испытаний» [1].

Высушивания образцов в сушильном шкафу. Для этого котлеты измельчались и подготавливались навески массой 5 г. Далее происходило высушивание в сушильном шкафу при температуре 130° С в течение 40 минут.

Для титрования были подготовлены одинаковые пробы для всех образцов. Мясные полуфабрикаты были дважды измельчены в мясорубке и перемешаны до получения однородной массы. Далее были отобраны по 5 г каждого из измельченных полуфабрикатов, которые помещались в химические стаканы. В химические стаканы добавлялась дистиллированная вода и навески тщательно размешивались стеклянной палочкой до получения кашицы, которая впоследствии

переносилась в мерную колбу с помощью воронки. Колбу долили дистиллированной водой до 3/4 объема, сильно взболтали и оставили стоять на 30 мин, повторяя взбалтывание через каждые 5–6 минут. Затем в колбу долили дистиллированной воды, перемешали и провели фильтрацию через в сухую колбу. Из полученного фильтрата были отобраны пробы объемом 25 см³ и перенесены пипеткой в колбу вместимостью 100 см³. В каждую колбу были добавлены по одной капле раствора фенолфталеина. Титрование полученных проб проводилось 0,1 моль/дм³ раствором КОН (гидроксида калия) до розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

Полученные данные использовались для определения кислотности образцов по формуле [2]:

$$X = \frac{V(KOH) \times 250 \times 100}{m_{навески} \times 25 \times 10}$$

Результаты

Наиболее интенсивным мясным вкусом и ароматом, и устойчивым мясным послевкусием обладает образец № 5, изготовленный с использованием волокон подорожника. Этот же образец обладает наиболее приятной для пережевывания текстурой, сопоставимой с текстурой контрольного образца. Образец № 3 с картофельными пищевыми волокнами обладает средневыраженным мясным вкусом и ароматом и не имеет ярко выраженных дефектов в консистенции.

Результаты профилирования представлены на рисунке 2.



Рисунок 2. Монадическое профилирование готовых изделий

Figure 2. Monadic profiling of finished products

Результаты органолептической оценки представлены в таблице 2.

Наименее выраженный вкус и запах характерен для образца № 2 с пшеничными волокнами WF 400. При этом оба образца (№ 1 и № 2), изготовленные с использованием пшеничных волокон, имеют жёсткую труднопережёвываемую консистенцию. Для консистенции образца № 4 характерна зернистость, что делает и котлеты с овсяными волокнами, и котлеты с пшеничными волокнами потенциально менее привлекательными для потребителей. Массы готовых изделий и расчет потерь при тепловой обработке представлены в таблице 3.

Таблица 2.

Масса готовых изделий и потери при тепловой обработке

Table 2.

Mass of finished products and losses during heat treatment

Образец Sample	Масса полуфабриката, г Semi-finished product weight, g	Масса готового изделия, г Weight of the finished product, g	Потери при тепловой обработке, % Heat treatment losses, %
Контроль Control	113	71	37
1	117	82	30
2	121	89	26
3	117	84	28
4	117	79	32
5	117	89	24

Экспериментально установлено, что в потери при тепловой обработке каждого образца снижены по сравнению с тепловыми потерями при обжарке и запекании контрольных котлет. Наименьшие потери (24% против 37% для контрольного образца) характерны для образца с волокнами подорожника, что подтверждается сочностью и нежной текстурой котлет № 5.

Физико-химические показатели

Результаты пенетрации для мясных полуфабрикатов, приготовленных с использованием пищевых волокон, и готовых изделий приведены в таблице 4.

Таблица 3.

Органолептическая оценка мясных полуфабрикатов с добавлением пищевых волокон

Table 3.

Organoleptic evaluation of meat semi-finished products with the addition of dietary fiber

Показатель Indicator	Образец | Sample					
	Контроль Control	1	2	3	4	5
Внешний вид Appearance	Измельченная однородная масса с включениями репчатого лука, равномерно перемешана. Круглой приплюснотой формы. Crushed homogeneous mass with inclusions of onion pieces, evenly mixed. Round flattened shape.			Измельченная однородная масса с включениями репчатого лука и крупинками картофельных пищевых волокон, равномерно перемешана. Круглой приплюснотой формы The crushed homogeneous mass with inclusions of onion pieces and grains of potato fibers, evenly mixed. Round flattened shape.		Измельченная однородная масса с включениями репчатого лука, равномерно перемешана. Круглой приплюснотой формы Crushed homogeneous mass with inclusions of onion pieces, evenly mixed. Round flattened shape.
Вид на разрезе Cross-sectional view	Фарш хорошо перемешан; масса однородная с включением репчатого лука. The mincemeat is well mixed; the mass is homogeneous with the inclusion of onion pieces.			Фарш хорошо перемешан; масса однородная с включением репчатого лука и крупинками картофельных пищевых волокон. The mincemeat is well mixed; the mass is homogeneous with the inclusion of onion pieces and grains of potato fibers.		Фарш хорошо перемешан; масса однородная с включением репчатого лука. The mincemeat is well mixed; the mass is homogeneous with the inclusion of onion pieces.
Цвет Color	Светло-розовый Light pink			Светло-розовый с коричневыми крупинками Light pink with brown grains		Светло-розовый Light pink
Запах Odor	Мясной, черного перца, репчатого лука, без посторонних запахов Meat, black pepper and onion odor without foreign odors					Ярко-выраженный мясной, черного перца, репчатого лука, без посторонних запахов Pronounced meat, black pepper, onion odor, without foreign odors
Вкус (после тепловой обработки) Flavor (after heat treatment)	Мясной, островатый, соленый, без посторонних привкусов Meat, spicy, salty, without foreign flavors	Слабо выраженный мясной, островатый, соленый, без посторонних привкусов Slightly pronounced meat, spicy, salty, without foreign flavors	Мясной, островатый, соленый, без посторонних привкусов Meat, spicy, salty, without foreign flavors	Мясной, островатый, луковый, соленый, без посторонних привкусов Meat, spicy, salty, onion without foreign flavors		Ярковыраженный мясной, островатый, луковый, соленый, без посторонних привкусов Pronounced meat, spicy, onion, salty, without foreign flavors
Консистенция (после тепловой обработки) Texture (after heat treatment)	Однородная, нежная, сочная, с мягкой корочкой Homogeneous, delicate texture, juicy, with a soft crust	Однородная, твердая, сухая Homogeneous, hard, dry	Однородная, труднопережевываемая, сухая Homogeneous, hard to chew, dry	Однородная, нежная, сочная, с мягкой корочкой Homogeneous, delicate texture, juicy, with a soft crust	Нежная, сочная, с зернистыми включениями, с мягкой корочкой Homogeneous, juicy, with grains inclusions and soft crust	Нежная, сочная, с мягкой корочкой Delicate texture, juicy, with a soft crust
Оценка, 5-бальная система Rating, 5-point scale	30	27	28	30	30	30

Таблица 4.

Значения пенетрации исследуемых образцов

Table 4.

Penetration values of the studied samples

Образец Sample	Полуфабрикаты | Semi-finished products		Готовые | Finished products	
	Значение пенетрации, мм Penetration mean, mm	Среднее значение пенетрации Average penetration mean	Значение пенетрации, мм Penetration mean, mm	Среднее значение пенетрации Average penetration mean
Контроль Control	93	93	11	15
	102		22	
	89		11	
1	61	62	5	9
	62		9	
	62		12	
2	65	63	4	10
	68		17	
	55		8	
3	71	64	5	6
	73		8	
	64		5	
4	77	72	21	13
	69		8	
	71		9	
5	66	55	10	7
	53		9	
	46		2	

Измеренные степени пенетрации позволяют вычислить предельное напряжение сдвига для полуфабрикатов и готовых котлет, то есть такое значение напряжения, которое является пороговым для возникновения необратимой деформации продукта (таблица 5). После достижения предельного напряжения пищевая система переходит из высоковязкого в низковязкое, текучее состояние. При этом чем меньшим предельным напряжением сдвига характеризуется изделие, тем больше в нём содержится несвязанной воды и тем толще жидкостные слои в пищевой системе.

Из таблицы видно, что наибольшее напряжение сдвига характерно для образцов № 3 и № 5, что свидетельствует о наибольшем содержании в них связанной воды. Пищевые волокна удерживают воду, препятствуя потере сочности котлет

при тепловой обработке. Сочность данных образцов также была подтверждена органолептическим анализом.

В таблице 6 приведены результаты высушивания образцов в сушильном шкафу.

Таблица 5.

Предельное напряжение сдвига

Table 5.

Limiting shear stress

Образец Sample	Предельное напряжение сдвига, Па Yield strength, Pa
Контроль Control	886,7
1	2463,0
2	1995,0
3	5541,7
4	1180,5
5	4071,4

Таблица 6.

Содержание влаги и сухих веществ в исследуемых образцах

Table 6.

Moisture and dry matter content in the samples under study

Образец Sample	Полуфабрикат | Semi-finished product			Готовое изделие | Finished product		
	Среднее значение массы после высушивания, г The average value of the mass after drying, g	Содержание сухих веществ, % Dry matter content, %	Содержание влаги, % Moisture content, %	Среднее значение массы после высушивания, г The average value of the mass after drying, g	Содержание сухих веществ, % Dry matter content, %	Содержание влаги, % Moisture content, %
Контроль Control	1,57	31,4	68,6	2,12	42,4	57,6
1	1,70	34,0	66,0	2,25	45,0	55,0
2	1,78	35,6	64,4	2,35	47,0	53,0
3	1,72	34,4	65,6	2,22	44,4	55,6
4	1,72	34,4	65,6	2,35	47,0	53,0
5	1,78	35,6	64,4	2,10	42,0	58,0

Основываясь на результатах высушивания, можно сделать вывод о том, что при добавлении пищевых волокон в состав мясных полуфабрикатов содержание влаги и сухих веществ остается без статистических изменений.

Результаты титрования представлены в таблице 7.

Таблица 7.

Результаты титрования полуфабрикатов и готовых изделий

Table 7.

Titration results of semi-finished and finished products

Образец Sample	Полуфабрикат Semi-finished product		Готовое изделие Finished product
	Кол-во КОН, мл | КОН quantity, ml		
Контроль Control	0,1		0,1
1	0,1		0,1
2	0,05		0,1
3	0,1		0,15
4	0,1		0,1
5	0,1		0,05

Расчётные значения кислотности в градусах Тернера представлены в таблице 8.

Таблица 8.

Кислотность полуфабрикатов и готовых изделий

Table 8.

Acidity of semi-finished and finished products

Образец Sample	Полуфабрикат Semi-finished product		Готовое изделие Finished product
	Кислотность, ° | Acidity, °		
Контроль Control	2		2
1	1		2
2	2		3
3	2		2
4	2		1

Показатель кислотности для полуфабрикатов из рубленого мяса не должен превышать 4 градуса Тернера. Таким образом, все исследуемые образцы имеют надлежащие физико-химические показатели кислотности.

Обсуждение

По итогам всех проведённых исследований определено, что наиболее приемлемыми потребительскими и технологическими свойствами обладают котлеты, обогащённые картофельными волокнами (котлета № 3) и псиллиумом с картофельными волокнами (котлета № 5). Данные котлеты могут быть использованы в качестве функционального продукта для профилактики желудочно-кишечных заболеваний, для снижения холестерина, стабилизации уровня сахара в крови и кровяного давления. Высокие влагоудерживающие свойства псиллиума позволяют использовать данное пищевое волокно в маленьких объёмах, сокращая при этом тепловые потери и получая на выходе продукт с нежной однородной консистенцией и ярко выраженным мясным вкусом.

Заключение

Из описанных в статье исследований следует, что обогащение мясных рубленых полуфабрикатов различными видами пищевых волокон является перспективным направлением для дальнейшего развития рынка функциональных продуктов. Внесение в рецептуры пищевых волокон позволяет достигать различных целей, связанных с повышением пищевой ценности, улучшением органолептических показателей и профилактикой различных заболеваний посредством питания.

Литература

- ГОСТ 4288–76. Изделия кулинарные и полуфабрикаты из рубленого мяса. Правила приемки и методы испытаний.
- Афанасьев Д.А., Машенцева Н.Г. Биологически активные пептиды как продукт микробной ферментации мясного сырья и готовых мясных продуктов // Пищевая промышленность. 2019. №4. С. 20-22.
- Божко С.Д., Ершова Т.А., Чернышева А.Н., Черногор А.М. Бобовые культуры – перспективное сырье для пищевой промышленности // ТППП АПК. 2020. №2. С.59-64.
- Вайтанис М.А., Ходырева З.Р. Использование конопляной муки при производстве мясных рубленых полуфабрикатов // Вестник КрасГАУ. 2021. №1 (166). С. 126-133.
- 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 (*Agonia melnosagra*) // Вестник ВГУИТ. 2019. №3 (81). С. 99-110.
- Нижельская К.В. Разработка новых видов мясных полуфабрикатов – котлет для людей старшего возраста // Вестник МГТУ. 2018. № 3.С. 488–496.
- Ряполов Р.П., Афанасенко М.А. Разработка технологии мясных рубленых полуфабрикатов с применением растительных антиоксидантов // Научный журнал молодых ученых. 2019. №1 (14). С. 60-63.
- Храмцов А. Г., Рябцева С. А. Пребиотики как функциональные пищевые ингредиенты: терминология, критерии выбора и сравнительной оценки, классификация // Вопросы питания. 2018. №1. С. 5-16.
- Шишкина Д.И., Соколов А.Ю. Анализ зарубежных технологий мясных продуктов функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2018. №2 (76). С. 189-194.


- 10 Рынок мясных полуфабрикатов в России: рекордная максимизация объема рынка. URL: <https://vc.ru/u/406644-konstantin-loktev/279329-rynok-myasnyh-polufabrikatov-v-rossii-rekordnaya-maksimizaciya-obema-rynka>
- 11 Abdullah E.N., Ahmad M.N. Optimization of a protease extraction using a statistical approach for the production of an alternative meat tenderizer from Manihot esculenta roots // *Journal of Food Science and Technology*. 2020. V. 57.
- 12 Bleeker J., Kok I. Proposal for an individualized dietary strategy in patients with very long-chain acyl-CoA dehydrogenase deficiency // *Journal of Inherited Metabolic Disease*. 2019. V. 42. P. 139-168.
- 13 Gizatova N.V. Development of the production technology for semi-finished meat products with addition of mushrooms // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. V. 613.
- 14 Karnoukhova V.A., Kolotyrkina N.G. Cascade of Michael Addition/Retro-Michael Reaction/Skeletal Rearrangement in the Synthesis of Arylmethylidene Derivatives of Imidazothiazolotriazines // *ChemistrySelect*. 2019. V. 4.
- 15 Kurchaeva E.E. Composite mixtures in the creation of functional products based on rabbit meat // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019. V. 422.
- 16 Klouwer F., Koot B., Berendse K. The cholic acid extension study in Zellweger spectrum disorders: Results and implications for therapy // *Journal of Inherited Metabolic Disease*. 2019. V. 42.
- 17 Milverton J., Newton S.S. The effectiveness of enzyme replacement therapy for juvenile-onset Pompe disease: A systematic review // *Journal of Inherited Metabolic Disease*. 2019. V. 42.
- 18 Naumova N. Effects of black cumin seed cake on quality and mineral value of steamed cutlets // *Songklanakarin J. Sci. Technol*. 2020. V. 42.
- 19 Nieto C., Medina C. Sodium Content of Processed Foods Available in the Mexican Market // *MDPI*. 2018. V. 10.
- 20 Okafor E., Obada D. Prediction of the Reflection Intensity of Natural Hydroxyapatite using GLM and Ensemble Learning Methods // *Engineering Reports*. 2021. V. 2.

References


- 1 GOST 4288–76. Culinary and semi-finished products from minced meat. Acceptance rules and test methods. (in Russian).
- 2 Afanasyev D.A., Mashintseva N.G. Biologically active peptides as a product of microbial fermentation of meat raw materials and finished meat products. *Food industry*. 2019. no. 4. pp. 20-22. (in Russian).
- 3 Bozhko S.D., Ershova T.A., Chernysheva A.N., Chernogor A.M. Legumes - promising raw materials for the food industry. *TPPP APK*. 2020. no. 2. pp.59-64. (in Russian).
- 4 Vaitanis M.A., Khodyreva Z.R. The use of hemp flour in the production of minced meat semi-finished products. *Bulletin of KrasGAU*. 2021. no. 1 (166). pp. 126-133. (in Russian).
- 5 Vasilyeva E.A., Eliseeva E.A., Makarova N.V., Ignatova D.F. et al. The study of organoleptic and physico-chemical indicators of snacks based on mountain ash (*Aronia melnocarpa*). *Proceedings of VSUET*. 2019. no. 3 (81). pp. 99-110. (in Russian).
- 6 Nizhelskaya K.V. Development of new types of semi-finished meat products – cutlets for older people. *Vestnik MGTU*. 2018. no. 3. pp. 488–496. (in Russian).
- 7 Ryapolov R.P., Afanasenko M.A. Development of technology of minced meat semi-finished products with the use of plant antioxidants. *Scientific Journal of Young scientists*. 2019. no. 1 (14). pp. 60-63. (in Russian).
- 8 Khramtsov A. G., Ryabtseva S. A. Prebiotics as functional food ingredients: terminology, selection criteria and comparative evaluation, classification. *Nutrition issues*. 2018. no. 1. pp. 5-16. (in Russian).
- 9 Shishkina D.I., Sokolov A.Yu. Analysis of foreign technologies of functional meat products. *Proceedings of VSUET*. 2018. no. 2 (76). pp. 189-194. (in Russian).
- 10 The market of semi-finished meat products in Russia: a record maximization of the market volume. Available at: <https://vc.ru/u/406644-konstantin-loktev/279329-rynok-myasnyh-polufabrikatov-v-rossii-rekordnaya-maksimizaciya-obema-rynka> (in Russian).
- 11 Abdullah E.N., Ahmad M.N. Optimization of a protease extraction using a statistical approach for the production of an alternative meat tenderizer from Manihot esculenta roots. *Journal of Food Science and Technology*. 2020. vol. 57.
- 12 Bleeker J., Kok I. Proposal for an individualized dietary strategy in patients with very long-chain acyl-CoA dehydrogenase deficiency. *Journal of Inherited Metabolic Disease*. 2019. vol. 42. pp. 139-168.
- 13 Gizatova N.V. Development of the production technology for semi-finished meat products with addition of mushrooms. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. vol. 613.
- 14 Karnoukhova V.A., Kolotyrkina N.G. Cascade of Michael Addition/Retro-Michael Reaction/Skeletal Rearrangement in the Synthesis of Arylmethylidene Derivatives of Imidazothiazolotriazines. *ChemistrySelect*. 2019. vol. 4.
- 15 Kurchaeva E.E. Composite mixtures in the creation of functional products based on rabbit meat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019. vol. 422.
- 16 Klouwer F., Koot B., Berendse K. The cholic acid extension study in Zellweger spectrum disorders: Results and implications for therapy. *Journal of Inherited Metabolic Disease*. 2019. vol. 42.
- 17 Milverton J., Newton S.S. The effectiveness of enzyme replacement therapy for juvenile-onset Pompe disease: A systematic review. *Journal of Inherited Metabolic Disease*. 2019. vol. 42.
- 18 Naumova N. Effects of black cumin seed cake on quality and mineral value of steamed cutlets. *Songklanakarin J. Sci. Technol*. 2020. vol. 42.
- 19 Nieto C., Medina C. Sodium Content of Processed Foods Available in the Mexican Market. *MDPI*. 2018. vol. 1
- 20 Okafor E., Obada D. Prediction of the Reflection Intensity of Natural Hydroxyapatite using GLM and Ensemble Learning Methods. *Engineering Reports*. 2021. vol. 2.

Сведения об авторах


Дарья И. Шишкина старший преподаватель, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, shishkina.di@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0620-8465>


Мария С. Бордунова студент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, masha.bordunova@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4717-4767>


Елизавета Д. Звегинцева студент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, lizzv2000@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-6187-302X>

Евгения Э. Клейн студент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, evgeniya.kleyn@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0322-036X>

Александр Ю. Соколов к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, sokolov.ay@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5433-6429>

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


Darya I. Shishkina senior lecturer, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, shishkina.di@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0620-8465>


Maria S. Bordunova student, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, masha.bordunova@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4717-4767>


Elizaveta D. Zvegintseva student, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, lizzv2000@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-6187-302X>

Eugenia E. Kleyn student, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, evgeniya.kleyn@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0322-036X>

Alexander Yu. Sokolov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, sokolov.ay@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5433-6429>

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 01/12/2021

После редакции 01/02/2022





Принята в печать 28/02/2022

Received 01/12/2021

Accepted in revised 01/02/2022

Accepted 28/02/2022

Сравнительная характеристика кур породы китайская шелковая и бройлеров





Светлана В. Патиева	¹	patievasv@mail.ru	 0000-0001-9963-4713
Александра М. Патиева	¹	kafedratxpgp@mail.ru	 0000-0003-0248-6609
Дарья В. Рак	¹	rdasha240518@gmail.com	 0000-0002-3309-5451
Алёна В. Зыкова	¹	zykov.artemka@yandex.ru	 0000-0001-7954-3881

¹ Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Калинина 13, г. Краснодар, 350000, Россия

Аннотация. Сегодня птицеводство в экономике нашей страны является одной из ведущих отраслей сельскохозяйственного производства за счет того, что оно способно обеспечить немалую часть населения продуктами высокого качества. Именно поэтому осваивание новых пород птиц является важным аспектом. В данной публикации рассматриваются куры китайской шелковой породы. Была предложена схема выращивания кур китайской шелковой породы и бройлеров для последующего проведения сравнительной характеристики пород. Выращивание и убой птиц осуществлялись на территории фермерского хозяйства Краснодарского края. Сравнительную оценку характеристик кур породы китайской шелковой и бройлеров проводили в условиях лабораторий кафедры технологии хранения и переработки животноводческой продукции, НИИ биотехнологии и сертификации пищевой продукции и в учебном классе КубГАУ им. И.Т. Трубилина. В результате разделки тушек китайской шелковой породы (n=5) были получены данные: тушка - 2,13 кг, печень - 0,05 кг, сердце - 0,04 кг, шея - 0,17 кг, желудок - 0,095 кг, ноги - 0,145 кг, голова - 0,145 кг, крылья - 0,26 кг. В ходе сравнительного анализа кур разных пород, были выявлены положительные и отрицательные качества китайской шелковой курицы. По результатам сравнительной характеристики достоинствами китайской шелковой породы птиц можно считать: экзотический вид, неприхотливость в содержании, польза мяса и яиц, устойчивость к холодам, хорошая выживаемость и выживаемость потомства. Однако есть и незначительные недостатки: небольшая продуктивность, дороговизна приобретения птицы и яиц. Тем самым была пополнена база данных по сравнительной оценке характеристик кур породы китайской шелковой и бройлеров.

Ключевые слова: птицеводство, экзотическая порода, китайская шелковая курица, мясо птиц, яйценоскость

Comparative characteristics of Chinese silk breed chickens and broilers

Svetlana V. Patieva	¹	patievasv@mail.ru	 0000-0001-9963-4713
Alexandra M. Patieva	¹	kafedratxpgp@mail.ru	 0000-0003-0248-6609
Daria V. Rak	¹	rdasha240518@gmail.com	 0000-0002-3309-5451
Alena V. Zykova	¹	zykov.artemka@yandex.ru	 0000-0001-7954-3881

¹ Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 13, Kalinin str., Krasnodar, 350000, Russia

Abstract. Today poultry farming in the economy of our country is one of the leading branches of agricultural production due to the fact that it is able to provide a considerable part of the population with high-quality products. That is why the development of new breeds of birds is an important aspect. In this publication, chickens of the Chinese silk breed are considered. A scheme was proposed for the cultivation of Chinese silk breed chickens and broilers for the subsequent comparative characteristics of the breeds. The cultivation and slaughter of birds were carried out on the territory of the farm of the Krasnodar Territory. A comparative assessment of the characteristics of Chinese silk and broiler chickens was carried out in the laboratories of the Department of Technology of Storage and Processing of Livestock Products, the Research Institute of Biotechnology and Certification of Food Products of the KubGAU named after I.T. Trubilin. As a result of cutting the carcasses of the Chinese silk breed (n=5), the following data were obtained: carcass - 2.13 kg, liver - 0.05 kg, heart - 0.04 kg, neck - 0.17 kg, stomach - 0.095 kg, legs - 0.145 kg, head - 0.145 kg, wings - 0.26 kg. During the comparative analysis of chickens of different breeds, positive and negative qualities of Chinese silk chicken were revealed. According to the results of the comparative characteristics, the advantages of the Chinese silk bird breed can be considered: exotic appearance, unpretentiousness in maintenance, the use of meat and eggs, resistance to cold, good incubation and survival of offspring. However, there are minor drawbacks: low productivity, high cost of purchasing poultry and eggs. Thus, the database on the comparative evaluation of chicken meat of the Chinese silk breed was replenished.

Keywords: poultry farming, exotic breed, Chinese silk chicken, poultry meat, egg production

Для цитирования

Патиева С.В., Патиева А.М., Рак Д.В., Зыкова А.В. Сравнительная характеристика кур породы китайская шелковая и бройлеров // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 82–85. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-82-85

For citation

Patieva S.V., Patieva A.M., Rak D.V., Zykova A.V. Comparative characteristics of Chinese silk breed chickens and broilers. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 82–85. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-82-85

Введение

В настоящее время птицеводство занимает ведущую роль в нашей жизни, так как мясо птиц и яйца являются наиболее полноценными источниками животного белка; витаминов: А, В1, В2, С; никотиновой кислоты и минеральных веществ. Среди огромного разнообразия представителей декоративных пород кур есть экзотические особи – китайские шелковые куры. Родиной этих курочек является Китай, там они носили название – силки. Целью данной работы была сравнительная оценка характеристик кур породы китайская шелковая и бройлеров. Для достижения поставленной цели было произведено выращивание и убой кур данных пород.

Материалы и методы

Объектом исследования явились куры породы китайская шелковая, выращенные в условиях фермерского хозяйства Краснодарского края, бройлеры. Исследования проводились на базе кафедры технологии хранения и переработки животноводческой продукции, НИИ биотехнологии и сертификации пищевой продукции КубГАУ им. И.Т. Трубилина [1]. Используемые в ходе эксперимента куры соответствовали требованиям ГОСТ 18292–2012 «Межгосударственный стандарт. Птица сельскохозяйственная для уоя. Технические условия».

Результаты

Высокая декоративность курочек этой породы обусловлена присутствием пигмента эумеланина в коже и перьях. Они кажутся пуховыми за счет того, что нет крючков, перья не сцепляются между собой. Смена первичного оперения основным у китайских шелковых кур отсутствует. Кости китайских шелковых кур имеют черный цвет, благодаря этому в Китае их называют «куры с вороньими костями». У кур этой породы на ногах по 5 пальцев. Ноги и пальцы птицы имеют небольшое оперение [11, 18, 19]. У петушков данной породы небольшая голова с розовым гребешком и коротким клювом. Подвиды основной породы носят различные окрасы: черный, голубой, белый и т. д. Китайские шелковые куры относятся к категории некрупных птиц, петушки достигают 1,5 кг в весе, а курочки, в среднем, 1,2 кг. Яйценоскость составляет порядка 100 яиц в год, при том, что каждое весит 30–35 грамм. Лечебные свойства мяса и яиц подтверждены китайскими учеными в ходе клинических испытаний наряду с породами лакеданзи и ухейлилой. Курочки китайской шелковой породы имеют сильно развитый инстинкт насиживания. Цыплята этой птицы очень выносливые, у них хорошая выживаемость [2, 6, 18].

Уход за экзотическими курочками не особо отличается от содержания простых домашних кур, благодаря этому их можно выращивать в домашних условиях. Они неприхотливы, поэтому можно держать вместе с другой домашней птицей и кормить теми же кормами. К главным требованиям содержания птицы относятся соблюдение чистоты, кормление качественными кормами и поддержание оптимальных температур в курятнике. Однако, куры хорошо перезимуют и без отопления, но вот для получения яиц важно, чтобы помещение было отапливаемым и хорошо освещено. Для них не нужен насест, так как птица этой породы не летает. Выгул птиц можно организовывать на площадке, огражденной сеткой [10].

Разведение породы осуществляется так же, как и у обычных кур: в инкубаторах, или путём высживания курицей. Китайские шелковые куры хорошо заботятся о цыплятах, но бывает и такое, что курица не захочет высживать детенышей, тогда яйца можно подложить под обычную наседку [7, 9].

Для того чтобы сберечь вылупившихся цыплят необходимо создать оптимальный температурный режим, это 30 °С в первые дни, затем каждую последующую неделю можно снижать температуру на 3 °С. Через месяц цыплят можно держать при температуре 18 °С. Развитие цыплят напрямую зависит от соблюдения температурного режима, при нарушении которого они могут погибнуть.

Очень важно соблюдать и режимы кормления цыплят. Месяц цыплят кормят каждые 2 часа, после промежутков увеличивается до 3 часов. Кормят цыплят от вылупления до недельного возраста мелко рубленой зеленью, с 10-го дня дают вареные овощи, зерно, как цельное, так и молотое: птицы уже в состоянии его склевать. Для желудочно-кишечного тракта цыплят чрезвычайно полезны кисломолочные напитки, а именно: кефир, простокваша и сыворотка, которые следует давать утром, затем используют водопроводную воду. Следует регулярно проверять зобики цыплят, чтобы они были наполнены [3, 4, 5, 13].

Обсуждение

В результате уоя петушков китайской шелковой были получены данные (таблица 1), свидетельствующие об особенностях выхода продуктов уоя. Так выход сердца составил более 2 % от тушки, а у бройлеров только 0,3 %, что составило 50 и 4, 5 грамма соответственно. Масса желудка у них составила 4,8 %, а у бройлеров 1,4 %, в тоже время по выходу ножек они почти в 2 раза уступают бройлерам, 7,3 и 12, 2 % соответственно.

Таблица 1.

Сравнительная оценка результатов разделки тушек китайской шелковой и бройлеров (n=5)

Table 1.

Comparative evaluation of the results of cutting Chinese silk carcasses and broilers (n=5)

Полуфабрикат | Semi-finished product	Выход, кг | Yield kg	
	Китайские шелковые | Chinese Silk	Бройлеры | Broilers
Тушка | Carcass	2,13	2,21
печень | liver	0,050	0,045
сердце | heart	0,040	0,007
шея | neck	0,170	0,210
желудок | stomach	0,095	0,031
2 ножки | 2 legs	0,145	0,270
голова | head	0,145	0,162
2 крыла | 2 wings	0,260	0,230

Заключение

По результатам проведенной работы следует отметить, что китайские шелковые куры отличались по выходу продуктов убоя, особенно высокой массой сердца, желудка. Вместе с тем следует отметить достоинства породы: экзотический вид, неприхотливость в содержании при пользе мяса и яиц и незначительных недостатках: небольшой продуктивности и дороговизне приобретения птицы и яиц. Была пополнена база данных по сравнительной оценке характеристики продуктов убоя кур породы китайская шелковая.

Литература

- 1 Патиева А.М., Патиева С.В., Зыкова А.В., Кирилук А.Н. и др. Обоснование использования мяса индеек в технологии мясных изделий // В сборнике: Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. 2019. С. 92–94
- 2 Каплин П.Н. Факторы, влияющие на формирование финансовых ресурсов ооо "кубань-плодопром" // Синергия Наук. 2019. № 32. С. 311–318
- 3 Кайбышева В.О., Кашин С.В., Михалева Л.М., Видяева Н.С. и др. Эозинофильный эзофагит: современный взгляд на проблему и собственные клинические наблюдения // Доказательная гастроэнтерология. 2019. Т. 8. № 1–1. С. 58–83
- 4 Андреев Д.А., Завьялов А.А., Кашурников А.Ю. Ключевые критерии оценки качества онкологической помощи: зарубежный опыт // Российский медицинский журнал. 2020. Т. 26. № 6. С. 421–430
- 5 Коршунова Л.Г., Карапетян Р.В. Молекулярная генетика в селекции сельскохозяйственной птицы // Птицеводство. 2018. № 2. С. 2–5.
- 6 Milverton J. Wiley online laibrary. The effectiveness of enzyme replacement therapy for juvenile-onset Pompe disease: A systematic review. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jimd.12027>
- 7 Vockley J. Wiley online laibrary. Results from a 78-week, single-arm, open-label phase 2 study to evaluate UX007 in pediatric and adult patients with severe long-chain fatty acid oxidation disorders (LC-FAOD). URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jimd.12038>
- 8 Новгородова И.П., Зиновьева Н.А., Гладырь Е.А., Фисинин В.И. Анализ генетического разнообразия декоративных пород кур на основе микросателлитных маркеров // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 1. С. 69–71.
- 9 Tadano R., Nagasaka N., Goto N., Rikimaru K., Tsudzuki M. Genetic characterization and conservation priorities of chicken lines // Poultry. Sci. 2013. V. 92. № 11. P. 2860–2865
- 10 Дымков А.Б., Рехлецкая Е.К. Изучение связи индекса формы яйца с продуктивностью кур мясных кроссов // Инновационные пути развития животноводства XXI века: материалы научно-практической (заочной) конференции с междунар. участием. Омск, 2015. С. 242–247.
- 11 Юрченко О., Макарова А., Карпухина И., Вахрамеев А. Отечественные породы и популяции кур // Животноводство России. 2017. № 2. С. 7–10.
- 12 Mitrofanova O.V., Dementeva N.V., Krutikova A.A., Yurchenko O.P. Association of polymorphic variants in mstn, prl, and drd2 genes with intensity of young animal growth in Pushkin breed chickens // Cytology and Genetics. 2017. V. 51. № 3. P. 179–184.
- 13 Kudinov A.A., Dementieva N.V., Mitrofanova O.V., Stanishevskaya O.I. et al. Genome-wide association studies targeting the yield of extraembryonic fluid and production traits in Russian White chickens // BMC Genomics. 2019. V. 20. № 1. P. 270. doi: 10.1186/s12864-019-5605-5
- 14 Bulankina A.V., Thoms S. Functions of vertebrate ferlins // Cells. 2020. V. 9. №3. P. 534. doi: 10.3390/cells9030534
- 15 Bansal D., Miyake K., Vogel S.S., Groh S. et al. Defective membrane repair in dysferlin-deficient muscular dystrophy // Nature. 2003. V. 423. P. 168–172. doi: 10.1038/nature01573
- 16 Johnson C.P. Emerging functional differences between the synaptotagmin and ferlin calcium sensor families // Biochemistry. 2017. V. 56. № 49. P. 6413–6417. doi: 10.1021/acs.biochem.7b00928
- 17 Баркова О.Ю., Крутикова А.А., Дементьева Н.В. Анализ полиморфизма гена дисферлина у генфондных пород кур // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 4. С. 641–650
- 18 Темираев Р.Б., Баева А.А., Осикина Р.В., Виктюк Л.А. Приём улучшения мясной продуктивности цыплят-бройлеров за счёт скормливания пробиотика // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55. № 4. С. 145–150.
- 19 Калоев Б.С., Новиков Д.Д. Использование в кормлении кур-несушек местных минерализованных глин для улучшения продуктивных показателей // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53. № 1. С. 63–67
- 20 Каиров В.Р., Лохов Б.Р., Кожиков М.К., Витюк Л.А. Эффективность скормливания адсорбента биосорб цыплятам-бройлерам при детоксикации альфа-токсинов // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54. № 3. С. 81–86.

References

- 1 Patieva A.M., Patieva S.V., Zykova A.V., Kirilyuk A.N. Rationale for the use of turkey meat in the technology of meat products. In the collection: Advanced innovative developments. Prospects and experience of use, problems of implementation in production. 2019. pp. 92–94. (in Russian).
- 2 Kaplin P.N. Factors influencing the formation of financial resources of OOO "Kuban-Plodoprom". Synergy of Sciences. 2019. no. 32. pp. 311–318. (in Russian).
- 3 Kaibysheva V.O., Kashin S.V., Mikhaleva L.M., Vidyayeva N.S. Eosinophilic esophagitis: a modern view on the problem and own clinical observations. Evidence-based gastroenterology. 2019. vol. 8. no. 1–1. pp. 58–83. (in Russian).

- 4 Andreev D.A., Zavyalov A.A., Kashurnikov A.Yu. Key criteria for assessing the quality of oncological care: foreign experience. Russian Medical Journal. 2020. vol. 26. no. 6. pp. 421–430. (in Russian).
- 5 Korshunova L.G., Karapetyan R.V. Molecular genetics in poultry breeding. Ptitsevodstvo. 2018. no. 2. pp. 2–5. (in Russian).
- 6 Milverton J. Wiley online library. The effectiveness of enzyme replacement therapy for juvenile-onset Pompe disease: A systematic review. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jimd.12027>
- 7 Vockley J. Wiley online library. Results from a 78 week, single-arm, open-label phase 2 study to evaluate UX007 in pediatric and adult patients with severe long-chain fatty acid oxidation disorders (LC-FAOD). Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jimd.12038>
- 8 Novgorodova I.P., Zinovieva N.A., Gladyr E.A., Fisinin V.I. Analysis of the genetic diversity of ornamental breeds of chickens based on microsatellite markers. Achievements of Science and Technology APK. 2016. vol. 30. no. 1. pp. 69–71. (in Russian).
- 9 Tadano R., Nagasaka N., Goto N., Rikimaru K., Tsudzuki M. Genetic characterization and conservation priorities of chicken lines. Poult. Sci. 2013. vol. 92. no. 11. pp. 2860–2865.
- 10 Dymkov A.B., Rekhletskaia E.K. Studying the relationship between the egg shape index and the productivity of meat cross hens. participation. Omsk, 2015. pp. 242–247. (in Russian).
- 11 Yurchenko O., Makarova A., Karpukhina I., Vakhrameev A. Domestic breeds and populations of chickens. Livestock of Russia. 2017. no. 2. pp. 7–10. (in Russian).
- 12 Mitrofanova O.V., Dementieva N.V., Krutikova A.A., Yurchenko O.P. Association of polymorphic variants in mstn, prl, and drd2 genes with intensity of young animal growth in Pushkin breed chickens. Cytology and Genetics. 2017. vol. 51. no. 3. pp. 179–184.
- 13 Kudinov A.A., Dementieva N.V., Mitrofanova O.V., Stanishevskaya O.I. et al. Genome-wide association studies targeting the yield of extraembryonic fluid and production traits in Russian White chickens. BMC Genomics. 2019. vol. 20. no. 1. pp. 270. doi: 10.1186/s12864-019-5605-5
- 14 Bulankina A.V., Thoms S. Functions of vertebrate ferlins. Cells. 2020. vol. 9. no.3. pp. 534. doi: 10.3390/cells9030534
- 15 Bansal D., Miyake K., Vogel S.S., Groh S. et al. Defective membrane repair in dysferlin-deficient muscular dystrophy. Nature. 2003. vol. 423. pp. 168–172. doi: 10.1038/nature01573
- 16 Johnson C.P. Emerging functional differences between the synaptotagmin and ferlin calcium sensor families. Biochemistry. 2017. vol. 56. no. 49. pp. 6413–6417. doi: 10.1021/acs.biochem.7b00928
- 17 Barkova O.Yu., Krutikova A.A., Dementieva N.V. Analysis of polymorphism of the dysferlin gene in gene pool breeds of chickens. Agricultural Biology. 2021. vol. 56. no. 4. pp. 641–650. (in Russian).
- 18 Temiraev R.B., Baeva A.A., Osikina R.V., Viktyuk L.A. The method of improving the meat productivity of broiler chickens by feeding a probiotic. Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2018. vol. 55. no. 4. pp. 145–150. (in Russian).
- 19 Kaloev B.S., Novikov D.D. The use of local mineralized clays in feeding laying hens to improve productive indicators. Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2016. vol. 53. no. 1. pp. 63–67. (in Russian).
- 20 Kairov V.R., Lkhov B.R., Kozhokov M.K., Vityuk L.A. Efficiency of feeding adsorbent biosorb to broiler chickens during detoxification of alpha-toxins. Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2017. vol. 54. no. 3. pp. 81–86. (in Russian).

Сведения об авторах

Светлана В. Патиева к.т.н., доцент, кафедра технологии хранения и переработки животноводческой продукции, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, ул. им. Калинина, д. 13, г. Краснодар, 350044, Россия, patievasv@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9963-4713>

Александра М. Патиева д.с.х.н., профессор, кафедра технологии хранения и переработки животноводческой продукции, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, ул. им. Калинина, д. 13, г. Краснодар, 350044, Россия, kafedratxpgp@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0248-6609>

Дарья В. Рак студент, кафедра технологии хранения и переработки животноводческой продукции, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, ул. им. Калинина, д. 13, г. Краснодар, 350044, Россия, rdasha240518@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3309-5451>

Алёна В. Зыкова магистрант, кафедра технологии хранения и переработки животноводческой продукции, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, ул. им. Калинина, д. 13, г. Краснодар, 350044, Россия, zykov.artemka@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7954-3881>

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

Svetlana V. Patieva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, livestock products storage and processing technology department, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, st. Kalinina, house 13, Krasnodar, 350044, Russia, patievasv@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9963-4713>

Alexandra M. Patieva Dr. Sci. (Agric.), professor, livestock products storage and processing technology department, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, st. Kalinina, 13, Krasnodar, 350044, Russia, kafedratxpgp@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0248-6609>

Daria V. Rak student, livestock products storage and processing technology department, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, st. Kalinina, 13, Krasnodar, 350044, Russia, rdasha240518@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3309-5451>

Alena V. Zykova master student, livestock products storage and processing technology department, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, st. Kalinina, 13, Krasnodar, 350044, Russia, zykov.artemka@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7954-3881>

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 12/01/2022	После редакции 09/02/2022	Принята в печать 01/03/2022
Received 12/01/2022	Accepted in revised 09/02/2022	Accepted 01/03/2022

Перспективы совершенствования технологий переработки яблочного сырья



Геннадий В. Калашников¹ kagen5@yandex.ru  0000-0003-0873-5346
Евгений В. Литвинов¹ zenlit@yandex.ru  0000-0003-4691-0264

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

Аннотация. Предложена ресурсосберегающая технология переработки яблок, включающая основное производство готовых сушеных изделий в виде сушеных яблок, яблочных чипсов, яблочных полуфабрикатов и дополнительное производство на основе рекуперации вторичного сырья основного производства. Изучена возможность использования вторичного сырья промышленной переработки яблок для получения натуральных продуктов, позволяющих сделать основное производство сушеных изделий из яблок максимально эффективным. Рассмотрены основные направления переработки яблок и вторичного яблочного сырья. Предложена технологическая схема линии переработки яблок и их отходов на основе обезвоживания и влаготепловой обработки компонент с учетом особенностей производства сушеных плодов, чипсов и их полуфабрикатов. Скомпонована линия основного производства для производства сушеных яблок, яблочных чипсов и яблочных полуфабрикатов. Ресурсосберегающая технологическая схема линии производства сушеных яблок и яблочных чипсов включает моечную машину, инспекционный транспортер, калиброватель, машину для удаления семенного гнезда и устройство резки плодов на пластины, сульфитатор, комбинированный тороидальный аппарат для влаготепловой обработки непрерывного действия, разделенный на секции подогрева сырья, конвективной сушки, предварительной гидротермической обработки между секциями СВЧ-сушки, охлаждения высушенного продукта и расфасовочно-упаковочный автомат. В линии предусмотрен комплекс оборудования из барабанной машины с моечным блоком и многофункциональной установки с дроблением сырья и отделением семечек с учетом типа сырья. Используются рециркуляционный контур, подогрев исходного сырья, отработанные после сушки пар и конденсат в замкнутом контуре для создания энергосберегающей технологии производства готового продукта. Линия представляет собой модульные блоки и перенастраивается в зависимости от вида получаемых сушеных яблок или яблочных чипсов на основе разработанных ресурсосберегающей схемы и комбинированной конвективно-СВЧ сушки сырья.

Ключевые слова: ресурсосберегающая технология, сушка, яблоки, рекуперация отходов, вторичное сырье

Prospects of improving technologies for apple raw materials processing

Gennadii V. Kalashnikov¹ kagen5@yandex.ru  0000-0003-0873-5346
Eugene V. Litvinov¹ zenlit@yandex.ru  0000-0003-4691-0264

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

Abstract. A resource-saving technology for processing apples, including the main production of finished dried products in the form of dried apples, apple chips, apple semi-finished products and additional production based on secondary raw materials recovery from the main production, were proposed in the work. The possibility of using of secondary raw materials from the apples industrial processing to obtain natural products that allows to make the main manufacture of dried apple products as efficient as possible was studied by the authors. The main directions of apples and secondary apple raw materials processing were considered in the work. The technological scheme of the line for apples and their wastes processing based on dehydration and moisture-thermal processing of components, taking into account the specifics of the production of dried fruits, chips and their semi-finished products, was proposed in the course of this study. The main production line for the manufacture of dried apples, apple chips and apple semi-finished products was designed. The resource-saving technological scheme of the dried apple and apple chips production line includes a washing machine, an inspection conveyor, a calibrator, a machine for seeds removing and a device for cutting fruits into chips, a sulfitor, a combined continuous toroidal apparatus for wet-heat treatment, divided into sections for raw materials heating, convective drying, preliminary hydrothermal treatment between sections of microwave drying and dried product cooling and a filling and packaging machine. Taking into account the type of raw materials, a set of equipment from a drum machine with a washing unit and a multifunctional plant with raw materials crushing and seeds separation was provided in the line. The recirculation circuit, the feedstock heating, the steam and condensate used after drying in a closed circuit were used to create an energy-saving technology for the finished product manufacturing. The line consists of modular blocks and is reconfigured depending on the type of dried apples or apple chips obtained based on the developed resource-saving scheme and combined convective microwave drying of raw materials.

Keywords: resource-saving technology, drying, apples, waste recovery, secondary raw materials

Введение

Актуальным для переработки яблок на предприятиях АПК является реализация вторичного сырья и создание глубоких безотходных технологий, позволяющих повысить степень использования сырья и культуру производства при обеспечении требований экологической безопасности.

Для цитирования

Калашников Г.В., Литвинов Е.В. Перспективы совершенствования технологий переработки яблочного сырья // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 86–92. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-86-92

Объем промышленной переработки за 2018–2019 гг. составлял 455 тыс. т. Ежегодно в консервной отрасли России и стран СНГ обрабатывается яблочных выжимок – около 275 тыс. т, из которых используется на промышленную переработку только 37 тыс. т, что показывает значительный потенциал сырьевой базы и

For citation

Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Prospects of improving technologies for apple raw materials processing. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 86–92. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-86-92

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

необходимость развития комплексной переработки сырья. Это обуславливает необходимость переработки яблок с использованием вторичного яблочного сырья и производства, например, сухого пектина и пектинопродуктов, что особенно актуально в современных условиях импортозамещения [1–3].

При этом реализуемые технологии их переработки имеют недостаточно высокую степень утилизации вторичных отходов, являющихся дополнительным пищевым ценным сырьем для получения других готовых продуктов. Из всего объема ежегодно образующихся отходов плодов до 70% используется на корм сельскохозяйственным животным и птице в свежем и переработанном виде. Часть яблочных отходов перерабатывается на пектин на специальных производствах

Используемые способы и оборудование технологических линий для переработки плодов, производства сушеных изделий отличаются низкой тепловой эффективностью и степенью использования потенциала теплоносителя, высокими удельными энергетическими затратами на единицу высушенного продукта, значительной продолжительностью процесса и не предусматривают энергоэффективную переработку растительного сырья с наиболее полной рекуперацией отходов [4–7].

На основе изучения объекта исследования и различных аппаратно – технологических схем переработки яблок отмечено, что вторичное сырье обладает высокой энергетической и биологической активностью, поддается ферментативной и микробиологической биоконверсии и различным видам переработки [2, 3].

Яблоки содержат ценные для питания человека вещества: сахара, белки, жиры, органические кислоты, минеральные соли, пектиновые, дубильные, ароматические и другие вещества, витамины и ферменты. Яблоки имеют значительное содержание воды (в зависимости от сорта 80..87,5%). Продукт практически лишен жиров, однако имеет в своем составе углеводы, содержание которых составляет в среднем 11,8%. При этом моно- и дисахариды – около 9%. Сахара, содержащиеся в плодах, состоят преимущественно из моносахаридов – фруктозы и глюкозы. Они очень хорошо усваиваются, не оказывают вредного влияния.

Состав зеленого яблока отличается от состава красных и желтых. В красных и желтых больше сахара и меньше яблочной кислоты. В желтых меньше, чем в красных и зеленых железа, но больше пектина. В красных яблоках содержится бета-каротин.

Отходы при переработке яблок отличаются высокой пищевой и кормовой ценностью, обладают полезными микро- и макроэлементами [1, 2]. По химическому составу вторичное яблочное сырье мало отличается от основного продукта.

Ключевым вопросом комплексной переработки яблочного сырья является отсутствие эффективных машинно-аппаратурных схем использования ценных пищевых отходов.

Цель работы – разработка ресурсосберегающей аппаратно – технологической схемы линии сушеных яблок и яблочных чипсов с определением наиболее эффективных направлений совершенствования технологий переработки отходов яблочного сырья.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовали яблоки сорта «Антоновка», «Синап» и «Богатырь» в виде пластин с овальным поперечным сечением и размерами 1,0 × 2,0 × 10,0 мм, которые предварительно очищали от остатков оболочки и отсортировывали с целью выравнивания гранулометрического состава и обеспечения однородности структуры продукта.

Цель работы достигается использованием переменных режимов СВЧ – конвективной сушки яблок на основе определения рациональных технологических режимов теплового воздействия в соответствии с кинетическими закономерностями влагопереноса.

Достижение цели обеспечивается результатами исследований процессов влагопоглощения и влагоудаления с использованием осциллирующей обработки сырья в виде сыпучего продукта при активных гидродинамических режимах слоя в установках непрерывного действия рециркуляционного типа.

Решение поставленных задач основывается на анализе экспериментальных кинетических закономерностей сушки яблок и их вторичного сырья, а также тепловой и энергетической эффективности исследованных влаготепловых процессов переработки яблок и созданной ресурсосберегающей технологической схемы для производства сушеной продукции [3, 7].

Для определения влагосодержания яблочного сырья использован метод высушивания до постоянной массы в соответствии с требованиями ГОСТ 15113.4–77 «Концентраты пищевые. Методы определения влаги».

Процесс сушки яблочного сырья исследовали в следующих диапазонах изменения технологических параметров: температура теплоносителя – (417...424) К; удельная нагрузка сырья (пластин яблок) на газораспределительную решетку – (12...70) кг/м²; скорость потока сушильного агента – (0,8...6,3) м/с; частота пульсаций

потока теплоносителя – (0...2) Гц; мощность СВЧ-излучения магнетрона – (160...800) Вт.

Исследование закономерностей теплового воздействия на яблоки осуществляли методом неизотермического анализа на комплексном термоанализаторе TGA-DSC фирмы Mettler-ToledoSTAR^e в атмосфере воздуха с постоянной скоростью нагрева 3 К/мин до 423 К.

Результаты и обсуждение

В процессе теплового воздействия в яблоках происходят значительные физико-химические изменения, в результате которых высвобождается вода, определяющая характер происходящих преобразований веществ [3]. За счет испарения влаги и разложения сахаров, клетчатки и других органических соединений масса продукта снижается, что приводит к изменением энергии активации, показателя реакции, температурного коэффициента скорости дегидратации предэкспоненциального множителя.

При этом происходит уменьшение прочности структуры вследствие частичного гидролиза клетчатки, целлюлозы и других сложных углеводов, из которых состоят стенки клеток и межклеточные перегородки [2, 3].

Для всех исследуемых сортов яблок на кривой DTA в интервале температур 366–376 К отмечается эндотермический эффект, характеризующийся отрывом молекул воды и испарением более связанной влаги, что также сопровождается изменением массы на кривой TGA и эффектом на кривой DTG, характеризующим скорость данного процесса. При повышении температуры до 473–493 К отмечается значительная деструкция веществ, снижения массы образца и появление дополнительного эндотермического эффекта на кривой DTA.

В качестве основного производства при переработке яблок рассматривается получение сушеных изделий и их полуфабрикатов, а также яблочных чипсов.

Скомпонована линия основного производства для переработки плодов и получения сушеных яблок, яблочных чипсов и яблочных полуфабрикатов. Разработанная ресурсосберегающая технологическая схема линии показана на примере производства сушеных яблок и яблочных чипсов (рисунок 1).

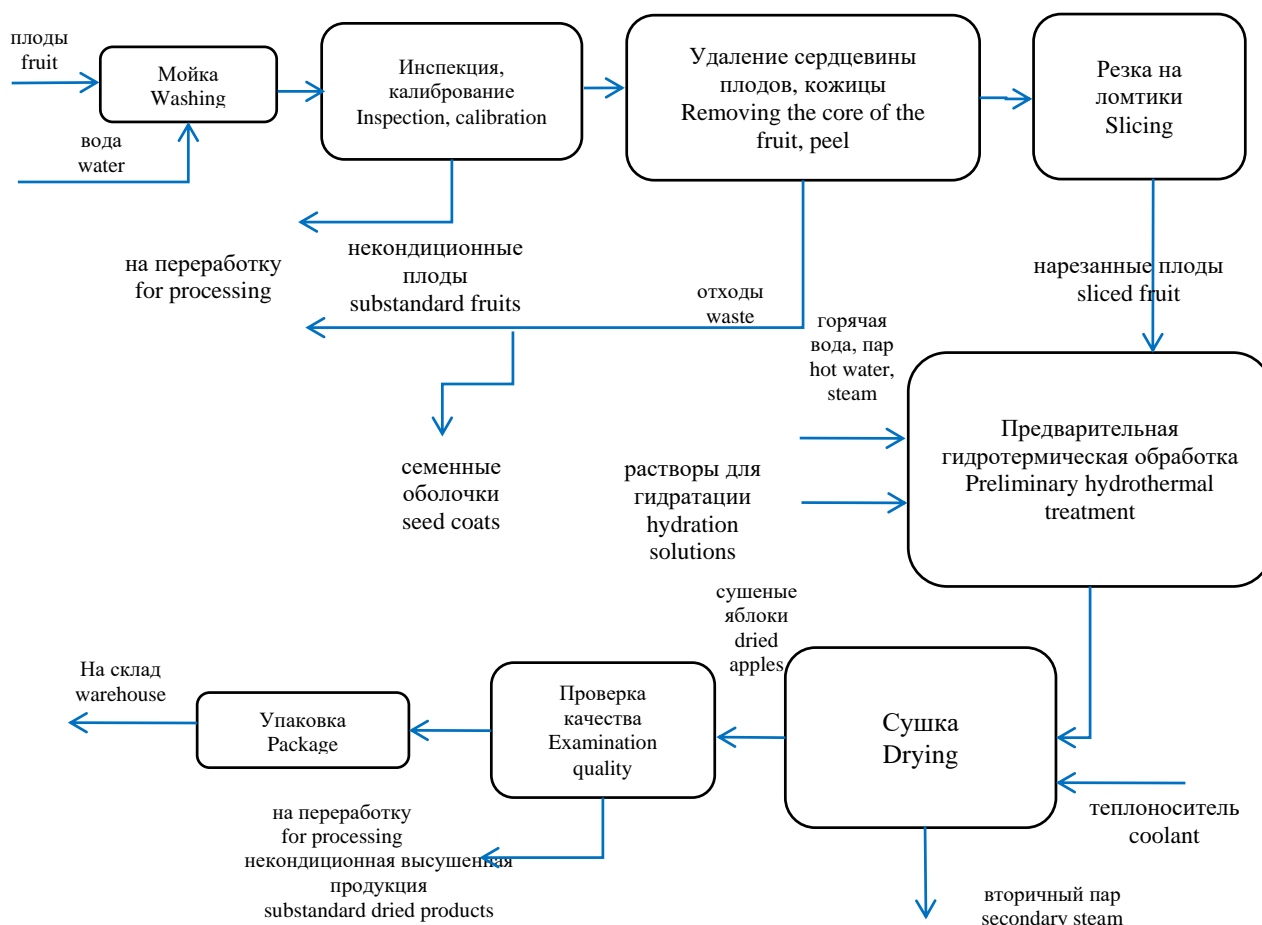


Рисунок 1. Ресурсосберегающая технологическая схема линии для производства сушеных яблоки яблочных чипсов
 Figure1. Resource-saving process technological scheme of the line for dried apples and apple chips manufacturing

Технологическая линия производства сушеных яблок и яблочных чипсов включает моечную машину, инспекционный транспортер, калиброватель, машину для удаления семенного гнезда и устройство резки плодови овощей на пластины, сульфитатор, сушилку и расфасовочно-упаковочный автомат.

Данная линия предусматривает предварительную очистку пищевого растительного сырья от остатков оболочки и сортирование с целью выравнивания гранулометрического состава и обеспечения однородности структуры готового продукта.

В линии предусмотрен комплекс оборудования из барабанной машины с моечным блоком и многофункциональной установки с дроблением сырья и отделением семечек с учетом типа сырья. При этом линия содержит комбинированный тороидальный аппарат для влаготепловой обработки непрерывного действия, разделенный на секции подогрева сырья, конвективной сушки, предварительной гидротермической обработки, которая расположена между секциями СВЧ-сушки, и секцию охлаждения высушенного продукта, предназначенную для доведения продукта до конечной готовности. Используются рециркуляционный контур, подогрев исходного сырья, отработанные после сушки пар и конденсат в замкнутом контуре для создания энергосберегающей технологии производства готового продукта.

Конвективная сушка плодов и овощей на начальной стадии влагоудаления обеспечивается перегретым паром контура рециркуляции, пронизывающим восходящим потоком слой дисперсного материала.

Последующие стадии многоступенчатой сушки осуществлялись с использованием СВЧ-энергии. При этом мощность на завершающем этапе сушки, например, яблок, составляла до 30% начальной, подводимой в контрольную поверхность сушки, при сохранении высокого качества продукта

Линия производства сушеных яблок и чипсов является модульного типа в виде отдельных блоков и перенастраивается в зависимости от вида получаемых сушеных яблок или яблочных чипсов на основе разработанных ресурсосберегающей схемы и комбинированной конвективно-СВЧ сушки сырья.

Линия предусматривает процессы влаготепловой обработки растительного сырья с использованием комбинированных энергоподвода, конвективно-СВЧ сушки сырья и переменного влаготеплового воздействия, реализующих осциллированную обработку плодов в установке

рециркуляционного типа. При этом достигается обеспечение готовых сушеных изделий высокой пищевой ценности при сокращении энергозатрат и потерь сырья [8–20].

Продолжительность получения сушеных яблок составляет около 80–90 мин (для аналогичной продукции известные способы имеют продолжительность сушки 3,5–4,5 часа в зависимости от влагосодержания готового продукта) [3].

Отличительной особенностью предложенной ресурсосберегающей схемы линии производства яблочных чипсов является использование в качестве теплоносителя отработанного перегретого пара рециркуляционного контура конвективной сушки вместе с испаренной влагой для процессов бланширования и конвективной сушки, подогрева исходного сырья, водного раствора и ступенчатого нагрева осушенного теплоносителя в секционных теплообменниках, а также применения СВЧ-энергии в соответствии с кинетическими закономерностями влаготепловой обработки.

Сложность использования, утилизации и переработки вторичного плодовоовощного сырья обусловлена тем, что все виды плодовых отходов в виде кожицы, сердцевины и неполноценного сырья необходимо перерабатывать немедленно, поскольку подвергаются микробиологической порче.

Лимитирующим фактором при переработке вторичного яблочного сырья является большая массовая доля воды в отходах, что повышает стоимость транспортировки, ограничивает количество этих отходов в рационах и не способствует длительному хранению продукта.

Самым простым использованием этих отходов является их непосредственное скармливание животным в качестве добавки к сухим кормам. Однако данное направление не отличается высокой экономической эффективностью и использованием потенциала пищевой и функциональной ценности вторичного яблочного сырья.

Данные отходы пищевых производств в виде пектиносодержащего сырья представляют собой легко возобновляемый дешевый и доступный источник сырья для новых высококачественных и питательных кормов. После соответствующей обработки они могут приобретать кормовые свойства в 1,5–3 раза превосходящие фуражное зерно хорошего качества.

Основным результатом эффективного комплексного подхода к переработке яблок является выработка основного продукта в виде сушеных яблок и чипсов с предполагаемым дополнительным производством изделий из вторичного яблочного сырья.

В качестве использования дополнительного производства, связанного с переработкой вторичного пищевого сырья основного производства, предусматривается: выпуск натуральных яблочного порошка; пектина для производства мармелада, желе, лекарств; получение заменителей чая и кофе для хлебопекарной, кондитерской, пищевого концентратной и других отраслей; загустителей

для выпуска соусов, а также полнорационных комбикормовых добавок с высокой пищевой ценностью и длительным сроком хранения для сельского хозяйства [1–3].

Основные направления переработки яблок и использования вторичного яблочного сырья показаны на рисунке 2.

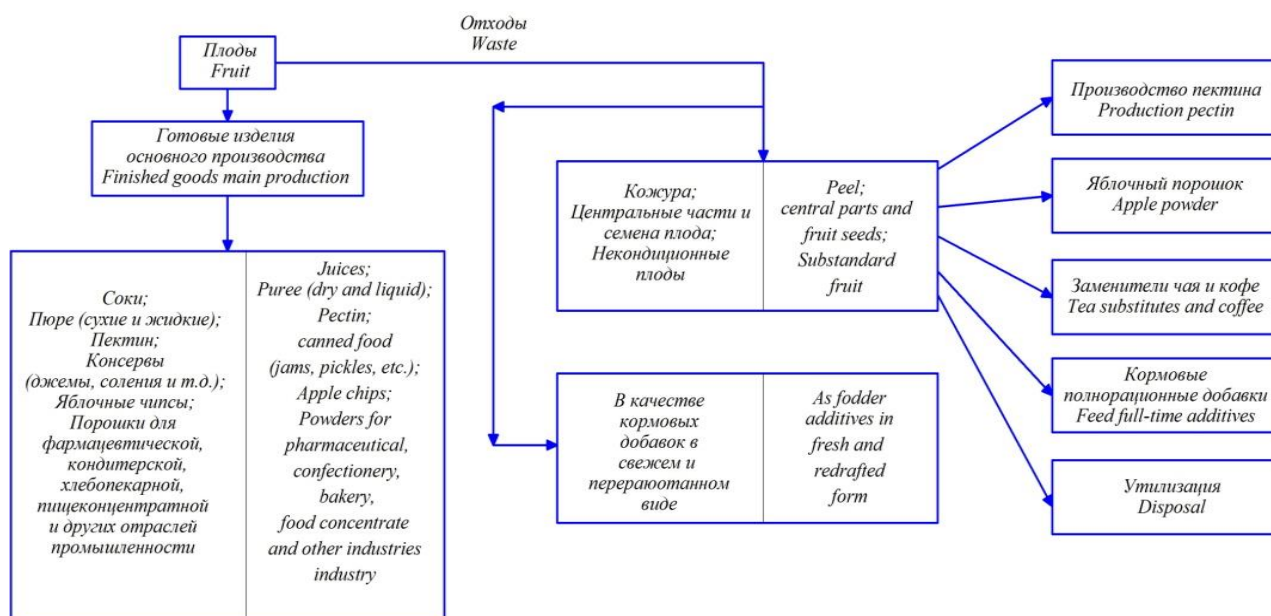


Рисунок 2. Основные направления переработки яблок и вторичного яблочного сырья

Figure 2. The main directions of apples and secondary apple raw materials processing

Выполненные исследования процесса сушки на основе предложенного комбинированного способа показали перспективность комбинированной конвективно–СВЧ–сушки сырья при сокращении продолжительности процесса, повышении теплового и эксергетического КПД отдельных стадий и линии производства сушеных яблок и яблочных чипсов.

Заключение

На основании проведенных экспериментальных исследований влаготепловой обработки яблочного сырья с использованием комбинированных способов влаготеплового воздействия с периодическим тепло- и влагоподводом, а также

полученных теоретических данных была разработана ресурсосберегающая схема линии производства сушеных изделий.

Предлагается использование дополнительного производства, связанного с переработкой вторичного яблочного сырья основного производства, с получением яблочного порошка, заменителей чая и кофе для хлебопекарной, кондитерской, пищевого концентратной и других отраслей, пектина для производства мармелада, желе, лекарств, загустителей для выпуска соусов, а также обогащенных полнорационных комбикормовых добавок с высокой кормовой ценностью и длительным сроком хранения для сельского хозяйства.

Литература

- 1 Маркетинговое исследование: рынок переработки яблок. ОГАУ «ИКЦ АПК Белгородской области». Белгород, 2017. 39 с.
- 2 Huang L., Zhang M., Wang L.P., Mujumdar A.S. et al. Influence of combination drying methods on composition, texture, aroma and microstructure of apple slices // LWT-Food Science and Technology. 2012. V. 47. №. 1. P. 183-188. doi: 10.1016/j.lwt.2011.12.009
- 3 Калашников Г.В., Литвинов Е.В. Анализ свойств яблок различных сортов на основе термоаналитических методов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 11. С. 28–31
- 4 Kumar C., Karim M.A. Microwave-convective drying of food materials: A critical review // Critical Review in Food Science and Nutrition. 2019. V. 59. №. 3. P. 379–394
- 5 Антипов и др. Оборудование для ведения механических и гидромеханических процессов пищевых технологий. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 604 с.

- 6 Антипов и др. Оборудование для ведения тепломассообменных процессов пищевых технологий. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 460 с
- 7 Калашников Г.В., Черняев О.В. Энергоэффективная комбинированная конвективная сушка дисперсных материалов // Химические волокна. 2019. № 4(51). С. 70–73. doi 10.1007/s10692-020-10098-6
- 8 Wray D., Ramaswamy H.S. Novel concepts in microwave // *Drying Technology*. 2015. V. 33. № 7. P. 769–783
- 9 Joardder M.U.H., Kumar C., Karim M.A. Multiphase transfer model for intermittent microwave-convective drying of food: Considering shrinkage and pore evolution // *International Journal of Multiphase Flow*. 2017. V. 95. P. 101–119
- 10 Burdo O.G., Syrotyuk I.V., Alhury U., Levtrinska J.O. Microwave Energy, as an Intensification Factor in the Heat-Mass Transfer and the Polydisperse Extract Formation // *Problemele energeticii regionale*. 2018. V. 36(1). P. 58–71.
- 11 Calugar P.C., Coldea T.E., Salanță L.C., Pop C.R. et al. An overview of the factors influencing apple cider sensory and microbial quality from raw materials to emerging processing technologies // *Processes*. 2021. V. 9. №. 3. P. 502. doi: 10.3390/pr9030502
- 12 Singha P., Muthukumarappan K. Effects of processing conditions on the system parameters during single screw extrusion of blend containing apple pomace // *Journal of Food Process Engineering*. 2017. V. 40. №. 4. P. e12513. doi: 10.1111/jfpe.12513
- 13 Dhillon G.S., Kaur S., Brar S.K. Perspective of apple processing wastes as low-cost substrates for bioproduction of high value products: A review // *Renewable and sustainable energy reviews*. 2013. V. 27. P. 789-805. doi: 10.1016/j.rser.2013.06.046
- 14 Radjabov A., Ibragimov M., Eshpulatov N. The study of the electrical conductivity of Apples and Grapes as an object of electrical processing // *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2021. V. 226. P. 00002. doi: 10.1051/e3sconf/202122600002
- 15 Huc-Mathis D., Journet C., Fayolle N., Bosc V. Emulsifying properties of food by-products: Valorizing apple pomace and oat bran // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2019. V. 568. P. 84-91. doi: 10.1016/j.colsurfa.2019.02.001
- 16 Singha P., Muthukumarappan K. Single screw extrusion of apple pomace-enriched blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions // *Food science and technology international*. 2018. V. 24. №. 5. P. 447-462. doi: 10.1177/1082013218766981
- 17 Candrawinata V.I., Golding J.B., Roach P.D., Stathopoulos C.E. From apple to juice—the fate of polyphenolic compounds // *Food reviews international*. 2013. V. 29. №. 3. P. 276-293. doi: 10.1080/87559129.2013.790049
- 18 Lohani U.C., Muthukumarappan K. Effect of extrusion processing parameters on antioxidant, textural and functional properties of hydrodynamic cavitated corn flour, sorghum flour and apple pomace-based extrudates // *Journal of Food Process Engineering*. 2017. V. 40. №. 3. P. e12424. doi: 10.1111/jfpe.12424
- 19 Lan W., Jaillais B., Leca A., Renard C.M. et al. A new application of NIR spectroscopy to describe and predict purees quality from the non-destructive apple measurements // *Food chemistry*. 2020. V. 310. P. 125944. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125944
- 20 Ovcharenko A.S., Rasulova E.A., Ivanova O.V., Velichko N.A. Blended fruit and vegetable juices based on small-fruited apples, pumpkin, mountain ash and honey // *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2018. V. 80. №. 3. P. 111-115. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-111-115

References

- 1 Marketing research: apple processing market. OGAU «ICC Agroindustrial Complex of the Belgorod Region». Belgorod, 2017. 39 p (in Russian).
- 2 Huang L., Zhang M., Wang L.P., Mujumdar A.S. et al. Influence of combination drying methods on composition, texture, aroma and microstructure of apple slices. *LWT-Food Science and Technology*. 2012. vol. 47. no. 1. pp. 183-188. doi: 10.1016/j.lwt.2011.12.009
- 3 Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Analysis of the properties of apples of different varieties based on thermoanalytical methods. Storage and processing of agricultural raw materials. 2012. no. 11. pp. 28–31. (in Russian).
- 4 Kumar C., Karim M.A. Microwave-convective drying of food materials: A critical review. *Critical Review in Food Science and Nutrition*. 2019. vol. 59. no. 3. pp. 379–394.
- 5 Antipov S.T et al. Equipment for mechanical and hydromechanical processes of food technologies. Saint Petersburg, Lan, 2020. 604 p. (in Russian).
- 6 Antipov S.T et al. Equipment for conducting heat and mass transfer processes of food technologies. Saint Petersburg, Lan, 2020. 460 p. (in Russian).
- 7 Kalashnikov G.V., Chernyaev O.V. Energy-Efficient combination convective drying of disperse materials. *Fibre Chemistry*. 2019. vol. 51. no. 4. pp. 70–73. doi 10.1007/s10692-020-10098-6 (in Russian).
- 8 Wray D., Ramaswamy H.S. Novel concepts in microwave. *Drying Technology*. 2015. vol. 33. no. 7. pp. 769–783.
- 9 Joardder M.U.H., Kumar C., Karim M.A. Multiphase transfer model for intermittent microwave-convective drying of food: Considering shrinkage and pore evolution. *International Journal of Multiphase Flow*. 2017. vol. 95. pp. 101–119.
- 10 Burdo O.G., Syrotyuk I.V., Alhury U., Levtrinska J.O. Microwave Energy, as an Intensification Factor in the Heat-Mass Transfer and the Polydisperse Extract Formation. *Problemele energeticii regionale*. 2018. vol. 36(1). pp. 58–71.
- 11 Calugar P.C., Coldea T.E., Salanță L.C., Pop C.R. et al. An overview of the factors influencing apple cider sensory and microbial quality from raw materials to emerging processing technologies. *Processes*. 2021. vol. 9. no. 3. pp. 502. doi: 10.3390/pr9030502
- 12 Singha P., Muthukumarappan K. Effects of processing conditions on the system parameters during single screw extrusion of blend containing apple pomace. *Journal of Food Process Engineering*. 2017. vol. 40. no. 4. pp. e12513. doi: 10.1111/jfpe.12513

13 Dhillon G.S., Kaur S., Brar S.K. Perspective of apple processing wastes as low-cost substrates for bioproduction of high value products: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2013. vol. 27. pp. 789-805. doi: 10.1016/j.rser.2013.06.046

14 Radjabov A., Ibragimov M., Eshpulatov N. The study of the electrical conductivity of Apples and Grapes as an object of electrical processing. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2021. vol. 226. pp. 00002. doi: 10.1051/e3sconf/202122600002

15 Huc-Mathis D., Journet C., Fayolle N., Bosc V. Emulsifying properties of food by-products: Valorizing apple pomace and oat bran. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2019. vol. 568. pp. 84-91. doi: 10.1016/j.colsurfa.2019.02.001

16 Singha P., Muthukumarappan K. Single screw extrusion of apple pomace-enriched blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. *Food science and technology international*. 2018. vol. 24. no. 5. pp. 447-462. doi: 10.1177/1082013218766981

17 Candrawinata V.I., Golding J.B., Roach P.D., Stathopoulos C.E. From apple to juice—the fate of polyphenolic compounds. *Food reviews international*. 2013. vol. 29. no. 3. pp. 276-293. doi: 10.1080/87559129.2013.790049


18 Lohani U.C., Muthukumarappan K. Effect of extrusion processing parameters on antioxidant, textural and functional properties of hydrodynamic cavitated corn flour, sorghum flour and apple pomace-based extrudates. *Journal of Food Process Engineering*. 2017. vol. 40. no. 3. pp. e12424. doi: 10.1111/jfpe.12424

19 Lan W., Jaillais B., Leca A., Renard C.M. et al. A new application of NIR spectroscopy to describe and predict purees quality from the non-destructive apple measurements. *Food chemistry*. 2020. vol. 310. pp. 125944. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125944


20 Ovcharenko A.S., Rasulova E.A., Ivanova O.V., Velichko N.A. Blended fruit and vegetable juices based on small-fruited apples, pumpkin, mountain ash and honey. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 111-115. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-111-115

Сведения об авторах

Геннадий В. Калашников д.т.н., профессор, кафедра естественных дисциплин, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kagen5@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0873-5346>

Евгений В. Литвинов к.т.н., доцент, кафедра технической механики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zenlit@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4691-0264>

Вклад авторов

Геннадий В. Калашников написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат


Евгений В. Литвинов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, подбор методик исследования

Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Gennadii V. Kalashnikov Dr. Sci. (Engin.), professor, natural sciences department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kagen5@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0873-5346>

Eugene V. Litvinov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technical mechanics department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zenlit@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4691-0264>

Contribution

Gennadii V. Kalashnikov All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Eugene V. Litvinov review of literature sources on the problem under study, research methods

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 27/12/2021	После редакции 25/01/2022	Принята в печать 16/02/2022
Received 27/12/2021	Accepted in revised 25/01/2022	Accepted 16/02/2022

Изучение состава экстрактов пряных трав в процессе сушки

Татьяна А. Кучменко¹

tak1907@mail.ru

 0000-0001-7812-9195Марина К. Абрамян¹

marina-abramyan99@mail.ru

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

Аннотация. Лекарственные и пряные травы широко применяются в фитотерапии. Для исследования растений, оценки эффективности экстракции биологически активных целевых компонентов применяют различные методы. Контроль за процессом осуществляют хроматографическими, спектральными методами. Актуален поиск новых быстрых, доступных, простых методов анализа. Предложено в качестве альтернативного метода известным – метод микровзвешивания сухой капли экстракта. Проведен анализ экстрактов пряной травы петрушки листовой четырьмя методами: спектрофотометрией, рефрактометрией, тонкослойной хроматографией и прямым взвешиванием сухой капли. Объектами исследования служили свежая петрушка защищенного грунта и сушеная петрушка марки Индана. В течение 16 суток высушивали свежую петрушку и следили за изменением химического состава водно-спиртовых экстрактов. По дифференциальным спектрам идентифицировали соединения в экстрактах. Установлено, что после 12-ти дней сушки количество веществ извлекаемых из пряного растения больше, чем в сухом образце. Подобрали состав подвижной фазы для тонкослойной быстрой хроматографии. Лучшее отделение хлорофиллов от сопутствующих веществ, происходит при объемном соотношении толуола и этилового спирта 5:5 и 6:4. Чувствительность метода рефрактометрии не позволяет установить различие в составе экстрактов свежей петрушки. Методом прямого пьезокварцевого микровзвешивания было доказано, что с увеличением времени сушки петрушки количество соединений в сухой капле экстракта увеличивается. Наиболее чувствительный метод - пьезокварцевое микровзвешивание, прибор «MCNano-WPQ-8» можно использовать во внелабораторных условиях для экспрессного мониторинга сушки растительного сырья в маленьких производствах т.к. он проще, дешевле, компактней и чувствительнее других приборов. Прибор и подход апробированы на различном виде фитосырья.

Ключевые слова: пряные растения, контроль качества, продукция, сушка, хлорофиллы, спектрофотометрия, прямой микроанализ, экстракт, рефрактометрия, тонкослойная хроматография, сухая капля

The study of herbs extracts composition in the drying process

Tatyana A. Kuchmenko¹

tak1907@mail.ru

 0000-0001-7812-9195Marina K. Abramyan¹

marina-abramyan99@mail.ru

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

Abstract. Medicinal and flavoring herbs are widely used in herbal medicine. Various methods are used to study plants, evaluate the efficiency of extraction of biologically active target components. The process control is carried out by chromatographic, spectral methods. The search for new fast, affordable, simple methods of analysis is currently relevant. The dry droplet weighing method of the extract was proposed as an alternative to the known methods. The analysis of flavoring herb parsley extracts by four methods (spectrophotometry, refractometry, thin layer chromatography and direct dry drop weighing) was carried out. The objects of study were fresh protected ground parsley and the Indana brand dried parsley. Fresh parsley was dried and the change in the chemical composition of water-alcohol extracts was monitored for 16 days. Compounds in the extracts were identified by differential spectra. It was found out that the amount of substances extracted from the flavoring herb was greater than in the dry sample after 12 days of drying. The composition of the mobile phase for thin layer chromatography was selected. The best separation of chlorophylls from related substances occurs at a volume ratio of toluene and ethyl alcohol of 5:5 and 6:4. The sensitivity of the refractometry method does not allow determining the difference in the composition of fresh parsley extracts. Using the method of direct piezoquartz microweighing, it was proved that with an increase in the drying time of parsley, the number of compounds in a dry drop of the extract increases. The most sensitive method i.e. piezoquartz microweighing, the MCNano-WPQ-8 device can be used in non-laboratory conditions for express monitoring of plant materials drying in small manufactures. It is simpler, cheaper, more compact and more sensitive than other devices. The device and approach were tested on various types of phyto raw materials.

Keywords: spice plants, quality control, production, drying, chlorophylls, spectrophotometry, direct microanalysis, extract, refractometry, thin layer chromatography, dry drop

Введение

Пряные растения пользуются огромной популярностью во многих странах мира, в том числе и в России. Они придают утонченный вкус и аромат различным блюдам, также являются источниками биологически активных веществ (БАВ), необходимых для поддержания в норме здоровья человека [1,2]. В зимний период потребители в основном покупают сухие

травы, т. к. они более доступны. Поэтому на производстве для быстрого высушивания трав чаще всего используют сушильные шкафы, но при длительном воздействии высоких температур происходят необратимые изменения и ухудшается качества получаемого продукта [3]. Актуальным остается вопрос: как оценить качество продукции быстро и во внелабораторных условиях?

Для цитирования

Кучменко Т.А., Абрамян М.К. Изучение состава экстрактов пряных трав в процессе сушки // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 93–98. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-93-98

For citation

Kuchmenko T.A., Abramyan M.K. The study of herbs extracts composition in the drying process. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 93–98. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-93-98

Для установления качества растительного сырья используются методы хроматографии [4–8], спектрофотометрии [9–12] и другие физико-химические методы [13–18]. Наиболее селективными являются хроматографические методы. Однако применение их не всегда оправдано из-за трудоемкости пробоподготовки, высокой стоимости приборов и анализа, затрат времени. В ряде случаев применяют более простой спектрофотометрический метод оценки содержания БАВ в экстрактах растений без предварительного хроматографического разделения. Для анализа пряных трав в настоящее время в качестве альтернативного метода применяют сенсорные методы анализа, в том числе метод пьезокварцевого микровзвешивания сухой капли экстракта [19].

Цель работы – изучение динамики накопления БАВ в процессе сушки растительного сырья для контроля качества продукции.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования выбрана свежая петрушка защищенного грунта торгового наименования Global Village, и сушеная петрушка марки Индана, приобретенные в сети магазинов «Пятерочка».

В рамках эксперимента высушивали листовую петрушку свежую в естественных условиях при температуре 23 ± 2 °С. Для сушки растений раскладывали сырье на подстилках в сухом, изолированном от солнечного света, месте слоем в 2–3 см. В течение 16 суток с периодичностью в 4 дня отбирали навеску средней пробы трав ($m = 3,00$ г.) и помещали в коническую колбу, добавляли 40 см³ 40%-ого раствора этанола, закрывали. Экстракцию проводили в темном месте при периодическом встряхивании в течение 3-х часов.

Методы исследования экстрактов петрушки: спектрофотометрия, рефрактометрия, пьезокварцевое микровзвешивание капли, тонкослойная хроматография.

Анализ экстрактов проводили с использованием спектрофотометра КФК-3 КМ (ООО «ЮНИКО-СИС», Россия). Измеряли светопоглощение исследуемых экстрактов в диапазоне длин волн от 325 до 800 нм с шагом 5 нм. Идентифицировали соединения, которые экстрагируются из петрушки листовой по справочным данным [20].

Рефракцию экстрактов измеряли на рефрактометре «РПЛ-4» (НПО «Аналитприбор», Украина).

Для высокоточного измерения массы экстрагируемых веществ на многоканальных нановесах «MCNano-WPQ-8» (Россия), наносили

микрошприцем 1 мкл экстракта на одну сторону микровесов, сушили 20 мин при температуре (70 ± 5) °С в сушильном шкафу и 10–15 мин охлаждали в эксикаторе. Изменение частоты колебаний кварцевого резонатора после нанесения и сушки экстракта применяли для расчета массы сухих веществ по уравнению Зауэрбрея.

Для определения хлорофиллов в экстракте использовали экспрессную тонкослойную хроматографию. На линию старта по центру пластины наносили микрошприцем 7 мкл экстракта растения (предварительно 5 см³ экстракта упаривали в течение 45 минут при 95 °С). Пластинку высушивали. В хроматографическую камеру помещали элюент (толщина слоя жидкости 0,5 см) и хроматографическую пластину марки «Silufol», пропитанную элюентом размером 10 x 0,7 см. Закрывали камеру и оставляли на некоторое время для насыщения парами растворителя. По достижении линии финиша фронтом растворителя пластину доставали из камеры и высушивали.

Результаты и обсуждение

В ходе анализа литературных источников было установлено, что для детектирования действующих веществ в пряных травах и других растениях в основном используют методы спектрофотометрии, рефрактометрии, капиллярного электрофореза, газовой и жидкостной хроматографии. Но для очень малых производств данные методы не приемлемы для контроля качества растительного сырья, т. к. они дорогостоящие, поэтому им нужны маленький, быстрый, дешевый, но сопоставимый с ними результатами и по аналитическим характеристикам прибор. При изучении накопления веществ в ходе сушки петрушки применили и сопоставили 4 метода детектирования действующих веществ в экстрактах.

В идентичных условиях на приборе спектрофотометре КФК-3КМ были получены и сопоставимы для разного времени сушки спектры поглощения экстрактов петрушки пучковой относительно водно-этанольного раствора (рисунок 1).

Установлено, что биологически активные вещества петрушки имеют экстремумы при длинах волн от 325 до 430 и от 625 до 720 нм, что связано с изменением состава смеси соединений в пряных растениях.

Для уменьшения ошибки спектрофотометрического определения идентификацию соединений в экстрактах проводили с помощью дифференциальных кривых спектров поглощения (рисунок 2).

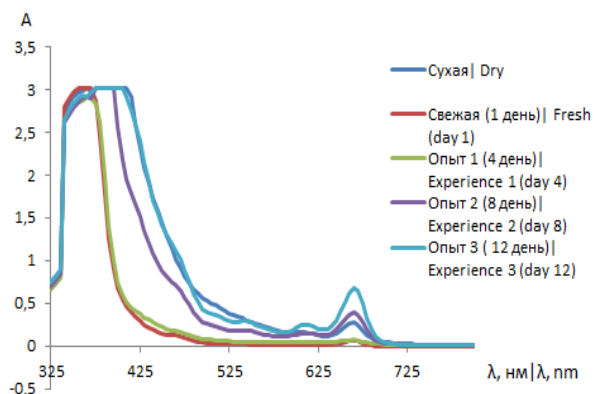


Рисунок 1. Спектры поглощения водно-спиртовых экстрактов петрушки пучковой для разных точек сушки
Figure 1. Absorption spectra of water-alcohol extracts of beam parsley for different drying points

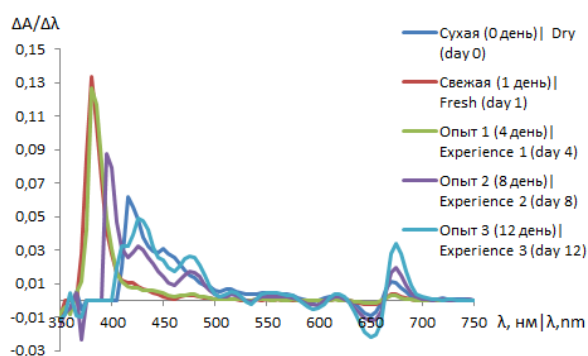


Рисунок 2. Дифференциальные спектры поглощения экстрактов петрушки после 1, 4, 8 и 12 дней сушки и сухого образца
Figure 2. Differential absorption spectra of parsley extracts after 1, 4, 8 and 12 days of drying and dry sample

На спектрах видно, что имеются несколько максимумов у экстрактов петрушки при длинах волн: 380, 395, 415, 425, 475, 515, 675 нм, что свидетельствует о наличии в смеси таких соединений как: хлорофилл а, b, с 2, с 3 [20].

Наиболее сильно различаются составы экстрактов пряных трав в диапазоне длин волн от 350 до 500 нм. Веществ, извлекаемых при длине волны 415 нм, в экстрактах сухой петрушки больше, чем у экстрактов из свежих и высушенных листьев.

Исследованы особенности извлечения соединений петрушки при 4 характеристических длинах волн от времени сушки растения (рисунок 3).

Установлено, что после 12-ти дней сушки количество веществ извлекаемых из сырья, поглощающих при длинах волн 415, 475, 515, 675 нм, больше, чем в сухой, что свидетельствует об их деградации во времени.

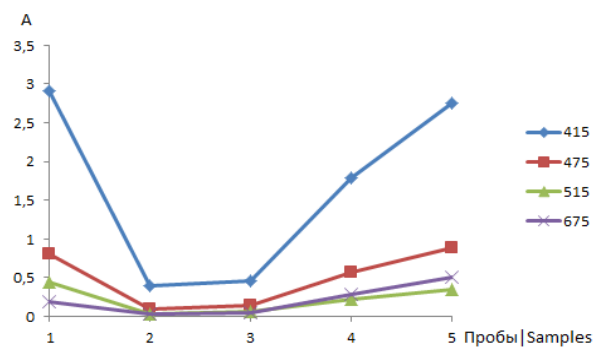


Рисунок 3. Зависимость оптической плотности экстрактов от времени сушки петрушки (1 проба – сухая петрушка, 2 проба – свежая петрушка, 3 проба – 4 дня сушки, 4 проба – 8 дней сушки, 5 проба – 12 дней сушки)

Figure 3. Dependence of the optical density of extracts on the drying time of parsley (1 sample-dry parsley, 2 sample-fresh parsley, 3 sample – 4 days of drying, 4 sample-8 days of drying, 5 sample-12 days of drying)

Для экспрессной оценки содержания экстрагируемых веществ, в частности хлорофиллов, использовали минитонкослойную хроматографию. Предварительно оптимизировали состав подвижной фазы. В качестве подвижной фазы использовали смеси растворителей (этанол-толуол, ацетон-толуол) в разных соотношениях (таблица 1).

Таблица 1.

Идентификация хроматографических зон на хроматограммах

Table 1.

Identification of chromatographic zones on chromatograms

Соотношение толуол/этанол | Ratio toluene/ethanol	Rf	Соотношение толуол/ацетон | Toluene/acetone ratio	Rf
5:5	0,95	5:5	Не движется | Not moving
6:4	0,95	6:4	
7:3	0,95	7:3	
8:2	0,95	8:2	
9:1	0,95	9:1	

Результаты исследования позволяют утверждать, что лучшее отделение суммы хлорофиллов от сопутствующих веществ происходит при объемном соотношении толуола и этилового спирта 5:5 и 6:4, т. к. на пластинках «Silufol» наблюдались более четкие пятна. В системе растворителей ацетон / толуол компоненты хлорофилла «уходят» с фронтом растворителя (рисунок 4).

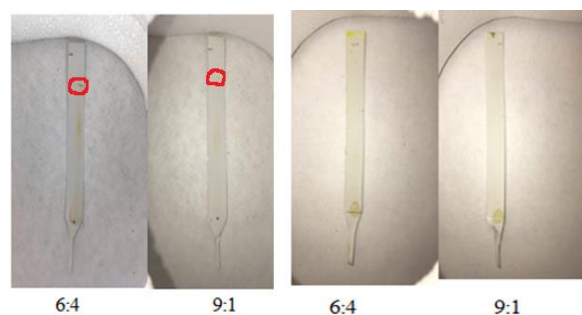


Рисунок 4. Хроматографические зоны веществ экстрактов травы Толуол/Этанол

Figure 4. Chromatographic zones of herb extracts Toluene/Acetone

Выбрав систему растворителей для подвижной фазы, провели исследования остальных экстрактов петрушки, рассчитали подвижность R_f хлорофиллов.

Установлено, что подвижность основных веществ экстрактов равна 0,88. Экстракты сухой, свежей и высушенной петрушки имеют один и тот же состав.

Для количественного определения хлорофиллов были рассмотрены хроматограммы в цветовой модели RGB (таблица 2).

Результаты количественного определения действующих веществ различными методами представлены в таблице 2.

Методом экспрессной тонкослойной хроматографии было установлено, что у экстрактов петрушки R преобладает над G и B (таблица 2), следовательно, в большем количестве в смесях присутствует хлорофилл a, b, но с увеличением времени высушивания растений, количество данных пигментов снижается, что связано с их разрушением.

Установлено (таблица 2), что чувствительность метода рефрактометрии не позволяет установить различие в составе свежих растений, т. к. показатель преломления равен показателю 40-процентного этилового спирта, но с увеличением времени сушки показатель преломления увеличивается.

Методом пьезокварцевого микровзвешивания было доказано (таблица 2), что с увеличением времени сушки петрушки количество соединений увеличивается, т. к. повышается концентрация некоторых веществ.

Рассчитали чувствительность всех методов (таблица 3).

Сравнили по основным характеристикам методы оценки экстрактивных веществ (таблица 4).

Таблица 2.

Результаты исследования

Table 2.

Research results

Проба Sample	Хроматография Chromatography			Рефрактометрия Refractometry	Пьезокварцевое микровзвешивание Quartz crystal microbalance
	R	G	B	n	m, мкг | m, μg
Свежая | Fresh	207	198	169	1,3544	6,99
4 дня | 4 days	196	189	160	1,3566	14,60
8 дней | 8 days	162	154	106	1,3584	44,24
12 дней | 12 days	161	155	103	1,3594	70,09
Сухая | Dry	193	186	132	1,3582	66,28

Таблица 3.

Чувствительность методов, применяемых для анализа веществ

Table 3.

Sensitivity of methods used for the analysis of substances

Метод | Methods	Чувствительность, % | Sensitivity, %
Спектрофотометрия | Spectrophotometry	2,7
Пьезокварцевое микровзвешивание | Quartz crystal microbalance	15,8
Рефрактометрия | Refractometry	1,3
Тонкослойная хроматография | Thin-layer chromatography	2,0

Таблица 4.

Сравнение основных характеристик методов оценки экстрактивных веществ

Table 4.

Comparison of the main characteristics of methods for evaluating extractive substances

Метод Methods	Время анализа, мин Analysis time, min	Необходимость пробоподготовки The need for sample preparation	Стоимость оборудования, руб. Cost of equipment, RUB
Спектрофото-метрия | Spectrophotometry	10	Не требуется Not required	275 753
Пьезокварцевое микровзвешивание Piezoquartz microweighting	30		50 000
Рефрактометрия | Refractometry	10		39 000
Тонкослойная хроматография Thin-layer chromatography	10	Требуется Is required	5000

Заключение

Установлено, что наиболее чувствительным методом определения экстрактивных веществ является пьезокварцевое микровзвешивание. Портативный прибор для измерения массы сухой

капли экстракта можно использовать во внелабораторных условиях для экспрессного мониторинга сушки растительного сырья в маленьких производствах, т. к. он проще, дешевле и чувствительнее других приборов, изученных в работе.

Литература

- 1 Костко И.Г. Петрушка как сырье для производства быстрозамороженной зелени // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения, 2017. С. 300–303.
- 2 Muyumba N.W., Mutombo S.C., Sheridan H. et al. Quality control of herbal drugs and preparations: The methods of analysis, their relevance and applications // *Talanta Open*. 2021. № 4.
- 3 Сафаров Ж., Ахмедов Ш., Жумаев Б., Дадаев Г. и др. Техника и технология сушки лекарственных трав // *Продовольча индустрия апк*. 2016. № 6(45). С. 42–43.
- 4 Khajeh M. Response surface modeling of betulinic acid pre-concentration from medicinal plant samples by miniaturized homogenous liquid–liquid extraction and its determination by high performance liquid chromatography // *Arabian Journal of Chemistry*. 2015. № 8. P.400–406
- 5 Sethiya N.K., Trivedi A., Mishra S.H. Rapid validated high performance thin layer chromatography method for simultaneous estimation of mangiferin and scopoletin in *Canscora decussata* (South Indian Shankhpushpi) extract // *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2015. V. 25. P. 193–198.
- 6 Zhu J., Zhang Z., Wang R., Huang X. et al. Nanoparticles Derived from *Scutellaria barbata* and *Hedyotis diffusa* Herb Pair and Their Anti-cancer Activity // *Pharmacological Research-Modern Chinese Medicine*. 2022. P. 100048.
- 7 Bhargavi S., Madhan Shankar S.R. Dual herbal combination of *Withania somnifera* and five Rasayana herbs: A phytochemical, antioxidant, and chemometric profiling // *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*. 2021. №. 12. P. 283–293.
- 8 Schmidt M.E.P., Pires F.B. et al. Some triterpenic compounds in extracts of *Cecropia* and *Bauhinia* species for different sampling years // *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2018. № 28. P. 21–26.
- 9 Подолина Е.А., Ханина М.А., Рудаков О.Б., Небольсин А.Е. Ультразвуковая экстракция и УФ-спектрофотометрическое определение суммы флавоноидов и дубильных веществ в надземной части василька синего // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология*. 2018. № 2. С. 28–35.
- 10 Dirar A.I. Effects of extraction solvents on total phenolic and flavonoid contents and biological activities of extracts from Sudanese medicinal plants // *South African Journal of Botany*. 2019. № 120. P.261–267
- 11 Kustiati U., Wihadmadyatami H., Kusindarta D. L. Dataset of Phytochemical and secondary metabolite profiling of holy basil leaf (*Ocimum sanctum* Linn) ethanolic extract using spectrophotometry, thin layer chromatography, Fourier transform infrared spectroscopy, and nuclear magnetic resonance // *Data in Brief*. 2022. V. 40. P. 107774.
- 12 Kucharska-Ambrożej K., Karpinska J. The application of spectroscopic techniques in combination with chemometrics for detection adulteration of some herbs and spices // *Microchemical Journal*. 2020. № 153.
- 13 Тринеева О.В., Сливкин А.И. Изучение углеводного комплекса плодов облепихи крушиновидной различными методами // *Вестник воронежского государственного университета. Серия: химия. Биология. Фармация*. 2020. № 2. С. 91–98
- 14 Solomonenko A.N., Dorozhko E.V., Barek J., Korotkova E.I. Adsorptive stripping voltammetric determination of carbofuran in herbs on chromatographic sorbent modified electrode // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 2021. № 90.
- 15 Kasmi S., Hamdi A., Atmani-Kilani D., Debbache-Benaid N. et al. Characterization of phenolic compounds isolated from the *Fraxinus angustifolia* plant and several associated bioactivities // *Journal of Herbal Medicine*. 2021. № 29
- 16 Clemen-Pascual L.M., Macahig R.A.S., Rojas N.R.L. Comparative toxicity, phytochemistry, and use of 53 // *Philippine medicinal plants*. 2022. № 9. P. 23–35.
- 17 Muyumba N.W., Mutombo S.C., Nachtergaeel H.Sh.A., Duez P. Quality control of herbal drugs and preparations: The methods of analysis, their relevance and applications // *Talanta Open*. 2021. № 4.
- 18 Nor-Ashila Aladdin, Jamia Azdina Jamal, Noraini Talip. Comparative study of three *Marantodes pumilum* varieties by microscopy, spectroscopy and chromatography // *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2016. №. 26. P. 1–14.
- 19 Абрамян М.К., Кучменко Т.А. Микровзвешивание экстрактов биологически активных веществ ромашки аптечной // *Химические проблемы современности*. 2020. С. 36.
- 20 Кучменко Т.А., Шуба А.А. Современные методы анализа: методические указания по выполнению лабораторных работ. Воронеж: ВГУИТ, 2016. С. 38.


References

- 1 Kostko I.G. Parsley as a raw material for the production of quick-frozen greens. Scientific support for the development of the agro-industrial complex in the context of import substitution, 2017. pp. 300–303. (in Russian).
- 2 Muyumba N.W., Mutombo S.C., Sheridan H. et al. Quality control of herbal drugs and preparations: The methods of analysis, their relevance and applications. *Talanta Open*. 2021. no. 4.
- 3 Safarov Zh., Akhmedov Sh., Zhumaev B., Dadaev G. et al. Equipment and technology for drying medicinal herbs. 2016. no. 6(45). pp. 42–43. (in Russian).
- 4 Khajeh M. Response surface modeling of betulinic acid pre-concentration from medicinal plant samples by miniaturized homogenous liquid–liquid extraction and its determination by high performance liquid chromatography. *Arabian Journal of Chemistry*. 2015. no. 8. pp. 400–406.

- 5 Sethiya N.K., Trivedi A., Mishra S.H. Rapid validated high performance thin layer chromatography method for simultaneous estimation of mangiferin and scopoletin in *Canscora decussata* (South Indian Shankhpushpi) extract. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2015. vol. 25. pp. 193-198.
- 6 Zhu J., Zhang Z., Wang R., Huang X. et al. Nanoparticles Derived from *Scutellaria barbata* and *Hedyotis diffusa* Herb Pair and Their Anti-cancer Activity. *Pharmacological Research-Modern Chinese Medicine*. 2022. pp. 100048.
- 7 Bhargavi S., Madhan Shankar S.R. Dual herbal combination of *Withania somnifera* and five Rasayana herbs: A phytochemical, antioxidant, and chemometric profiling. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*. 2021. no. 12. pp. 283-293.
- 8 Schmidt M.E.P., Pires F.B. et al. Some triterpenic compounds in extracts of *Cecropia* and *Bauhinia* species for different sampling years. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2018. no. 28. pp. 21-26.
- 9 Podolina E.A., Khanina M.A., Rudakov O.B., Nebolsin A.E. Ultrasonic extraction and UV-spectrophotometric determination of the amount of flavonoids and tannins in the aerial part of the blue cornflower. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology*. 2018. no. 2. pp. 28-35. (in Russian).
- 10 Dirar A.I. Effects of extraction solvents on total phenolic and flavonoid contents and biological activities of extracts from Sudanese medicinal plants. *South African Journal of Botany*. 2019. no. 120. pp.261-267
- 11 Kustiati U., Wihadmadyatami H., Kusindarta D. L. Dataset of Phytochemical and secondary metabolite profiling of holy basil leaf (*Ocimum sanctum* Linn) ethanolic extract using spectrophotometry, thin layer chromatography, Fourier transform infrared spectroscopy, and nuclear magnetic resonance. *Data in Brief*. 2022. vol. 40. pp. 107774.
- 12 Kucharska-Ambrożej K., Karpinska J. The application of spectroscopic techniques in combination with chemometrics for detection adulteration of some herbs and spices. *Microchemical Journal*. 2020. no. 153.
- 13 Trineeva O.V., Slivkin A.I. The study of the carbohydrate complex of fruits of sea buckthorn by various methods. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: chemistry. Biology. Pharmacy*. 2020. no. 2. pp. 91-98. (in Russian).
- 14 Solomonenko A.N., Dorozhko E.V., Barek J., Korotkova E.I. Adsorptive stripping voltammetric determination of carbofuran in herbs on chromatographic sorbent modified electrode. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 2021. no. 90.
- 15 Kasmi S., Hamdi A., Atmani-Kilani D., Debbache-Benaida N. et al. Characterization of phenolic compounds isolated from the *Fraxinus angustifolia* plant and several associated bioactivities. *Journal of Herbal Medicine*. 2021. no. 29
- 16 Clemen-Pascual L.M., Macahig R.A.S., Rojas N.R.L. Comparative toxicity, phytochemistry, and use of 53. *Philippine medicinal plants*. 2022. no. 9. pp. 23-35.
- 17 Muyumba N.W., Mutombo S.C., Nachtergaeel H.Sh.A., Duez P. Quality control of herbal drugs and preparations: The methods of analysis, their relevance and applications. *Talanta Open*. 2021. no. 4.
- 18 Nor-Ashila Aladdin, Jamia Azdina Jamal, Noraini Talip. Comparative study of three *Marantodes pumilum* varieties by microscopy, spectroscopy and chromatography. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2016. no. 26. pp. 1-14.
- 19 Abramyan M.K., Kuchmenko T.A. Microweighing of extracts of biologically active substances of chamomile. *Chemical problems of the present*. 2020. pp. 36. (in Russian).
- 20 Kuchmenko T.A., Shuba A.A. Modern methods of analysis: guidelines for the implementation of laboratory work. *Voronezh, VSUET*, 2016. pp. 38. (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>

Марина К. Абрамян студент, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, marina-abramyan99@mail.ru

Вклад авторов

Татьяна А. Кучменко постановка задачи, разработка методологии эксперимента, обсуждение результатов


Марина К. Абрамян написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет 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>

Marina K. Abramyan student, physical and analytical chemistry department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, marina-abramyan99@mail.ru

Contribution

Tatyana A. Kuchmenko problem statement, development of experimental methodology, discussion of results


Marina K. Abramyan 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 15/12/2021	После редакции 17/01/2022	Принята в печать 14/02/2022
Received 15/12/2021	Accepted in revised 17/01/2022	Accepted 14/02/2022

Разработка желированного продукта на основе отработанного осмотического агента


Наталья А. Грибова¹ natali-g@bk.ru  0000-0002-8440-5325

¹ Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия

Аннотация. Цель научных исследований направлена на использование вторичных ресурсов консервного производства – отработанный осмотический агент от осмоса ягод, плодов в желированные продукты. В предприятиях общественного питания и в кондитерских предприятиях для отделки кулинарных и кондитерских изделий используют желе в незастывшем или в застывшем виде. Застывшее желе используют для приготовления сладких блюд, украшения, отделки тортов и пирожных, незастывшее для покрытия поверхности кулинарных и кондитерских изделий, фруктов, ягод, что значительно повышает органолептическую оценку и срок хранения. При изучении научных работ выявлено, что в основном исследования направлены на внесение различных студнеобразователей, обогащение биологически активными веществами, использование нетрадиционного сырья для расширения ассортимента, повышения, улучшения качества и пищевой ценности выпускаемых различных желейных продуктов. В результате разработана и усовершенствована технологическая схема, рецептура получения желе, основанная на полной замене основного ингредиента сахара-песка на отработанный осмотический агент (раствор сахарозы). Изучены органолептические, физико-химические, микробиологические показатели качества желе. По органолептическим показателям качества исследуемое желе имеет характерный, выраженный вкус и запах, насыщенный ярко-красный цвет, консистенция прочная желированная без отслаивания жидкости. По физико-химическим показателям желе содержит 50,02% сухих веществ, моно- и дисахаридов 50,09%, число пенетрации 20,2, прочность студня 24507,04 Па, pH 3,2, массовая доля титруемых кислот 1,67%, дубильных и красящих веществ 0,69%, аскорбиновой кислоты 8,24 мг%, кальция 14,45 мг, калия 34,32 мг, железа 0,23 мг, показатель активности воды 0,648, микробиологические показатели не обнаружены, энергетическая ценность 200 ккал /837 кДж.

Ключевые слова: желе, осмотический агент, органолептические свойства, физико-химические показатели

Development of jelly based on a spent osmotic agent

Natalya A. Gribova¹ natali-g@bk.ru  0000-0002-8440-5325

¹ Plekhanov Russian Economic University, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia

Abstract. The purpose of scientific research is aimed at using secondary resources of canning production – a spent osmotic agent from the osmosis of berries, fruits into gelled products. In public catering enterprises and confectionery enterprises, jelly is used for finishing culinary and confectionery products in an uncured or frozen form. Frozen jelly is used for the preparation of sweet dishes, decoration, decoration of cakes and pastries, uncured to cover the surface of culinary and confectionery products, fruits, berries, which significantly increases the organoleptic evaluation and shelf life. When studying scientific papers, it was revealed that the research is mainly aimed at introducing various jelly-forming agents, enriching with biologically active substances, using non-traditional raw materials to expand the assortment, increase, and improve the quality and nutritional value of various jelly products produced. As a result, a technological scheme, a recipe for obtaining jelly based on the complete replacement of the main ingredient of granulated sugar with a spent osmotic agent (sucrose solution) has been developed and improved. Organoleptic, physico-chemical, microbiological indicators of jelly quality have been studied. According to the organoleptic quality indicators, the jelly under study has a characteristic, pronounced taste and smell, a rich bright red color, a strong gelled consistency without flaking of the liquid. According to physico-chemical parameters, jelly contains 50.02% of solids, mono – and disaccharides 50.09%, penetration number 20.2, jelly strength 24507.04 Pa, pH 3.2, mass fraction of titrated acids 1.67%, tannins and coloring substances 0.69%, ascorbic acid 8.24mg%, calcium 14.45 mg, potassium 34.32 mg, iron 0.23 mg, water activity index 0.648, microbiological indicators were not detected, energy value 200 kcal /837 kJ.

Keywords: jelly, osmotic agent, organoleptic properties, physico-chemical parameters

Введение

В предприятиях общественного питания и в кондитерских предприятиях особое внимание уделяется желейным продуктам, они являются как десертами, так и отделочными полуфабрикатами для различных пирожных и тортов. Для отделки кулинарных и кондитерских изделий используют желе в незастывшем или в застывшем виде. Из застывшего желе в основном приготавливают различные сладкие блюда и украшения для отделки тортов и пирожных, а незастывшее

желе используют для покрытия поверхности кулинарных и кондитерских изделий, фруктов, ягод, что значительно повышает органолептическую оценку.

Выявлено, что большинство научных исследований направлено на разработку рецептов с внесением различных студнеобразователей, обогащением биологически активными веществами, использованием нетрадиционного сырья для расширения ассортимента, повышения, улучшения качества и пищевой ценности выпускаемых различных желейных продуктов [1–14].

Для цитирования

Грибова Н.А. Разработка желированного продукта на основе отработанного осмотического агента // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 99–104. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-99-104

For citation

Gribova N.A. Development of jelly based on a spent osmotic agent. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 99–104. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-99-104

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

После осмотического обезвоживания плодов, ягод, фруктов остается достаточное количество отработанного осмотического агента [15–17]. Научные исследования доказали, что отработанный осмотический агент обогащен макро- и микроэлементами, витаминами [18–22], являющиеся важной составляющей для обогащения или создания новой продукции.

Материалы и методы

Материалами исследований являются отработанный осмотический агент после осмоса плодов вишни, агар-агар, изучены физико-химические, микробиологические показатели безопасности качества, проведена органолептическая оценка готового продукта и усовершенствована технологическая схема и рецептура желе.

Результаты и обсуждение

В результате цель наших исследований была направлена на усовершенствование технологической рецептуры желе основанная

на полной замене сахара-песка на отработанный осмотический агент после осмоса ягод. Для примера был взят отработанный осмотический агент после осмоса вишни из-за высокой органолептической оценки, и пищевой ценности. В готовом желе определяли физико-химические и органолептические показатели качества. Контролем служило классическое желе для отделки полуфабрикатов, основными ингредиентами контрольного желе на 1 тонну готовой продукции являются (кг): сахар-песок (414,25), вода (475,99), патока крахмальная (103,34), агар-агар (10,34) лимонная кислота (2,06) и краситель (1,0), эссенция (3,10).

Усовершенствованная технологическая схема получения желе включает следующие стадии: подготовка сырья; приготовление рецептурной массы; доведение желеиной массы до кипения; процеживание; отливка в противни; охлаждение (рисунок 1).

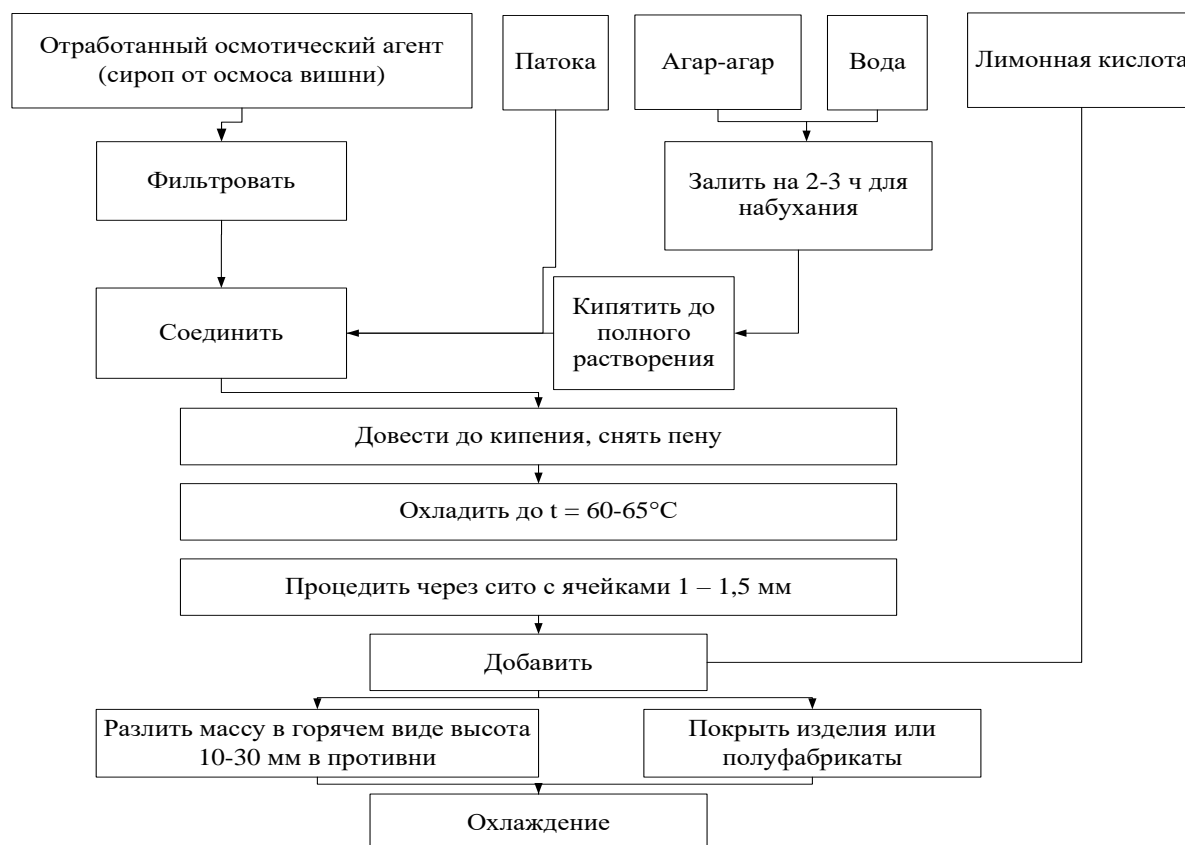


Рисунок 1. Усовершенствованная технологическая схема желе «Вишневое»

Figure 1. The improved technological scheme of jelly «Cherry»

Подготовка сырья и технология получения желе осуществляется в соответствии с действующими технологическими инструкциями по производству желе и инструкций по предотвращению попаданий посторонних предметов в продукцию в соответствии ГОСТ Р 55462–2013 «Желе».

В таблице 1 представлены данные усовершенствованной технологической рецептуры желе с заменой сахара-песка на отработанный осмотический агент после осмоса вишни. В разработанном желе изучали органолептические, физико-химические, микробиологические показатели качества.

Для расчета замены сахара-песка в желе на отработанный осмотический агент мы воспользовались формулой замены одного вида сырья другим в пересчете на сухое вещество:

$$K = \frac{K_1 \cdot A_1}{A_2}, \quad (1)$$

где K – количество заменяемого отработанного осмотического агента, кг; K_1 – количество продукта заменителя, (сахар-песок) в соответствии с рецептурой, кг; A_1 – содержание сухого

вещества в продукте заменителя (сахар-песок), %; A_2 – содержание сухого вещества в отработанном осмотическом агенте, %.

По органолептическим показателям качества исследуемое желе «Вишневое» (таблица 2) имеет характерный, выраженный вкус и запах, насыщенный ярко-красный цвет, соответствующий данному виду сырья, без постороннего привкуса и запаха, консистенция прочная желированная без отслаивания жидкости, что соответствует ГОСТ Р 55462–2013.

Таблица 1.

Усовершенствованная технологическая рецептура желе «Вишневое» с заменой сахара-песка на отработанный осмотический агент

Table 1.

Advanced technological formulation of jelly «Cherry» with the replacement of granulated sugar with a spent osmotic agent

Сырье и полуфабрикаты Raw materials and semi-finished products		Массовая доля сухих веществ, % Mass fraction of dry substances, %	Расход сырья на 1000 кг готовой продукции, г Consumption of raw materials per 1000 kg of finished products, g	
Контроль Control	Желе «Вишневое» Jelly "Cherry"		в натуре in kind	в сухих веществах in dry substances
Сахар-песок Sugar	Отработанный осмотический агент от осмоса вишни | Spent osmotic agent from cherry osmosis	71,60	578,0	413,85
Вода | Water		–	316,34	
Патока крахмальная | Starch molasses		78,0	103,34	80,61
Агар-агар | Agar-agar		85,0	10,34	8,79
Лимонная кислота | Citric acid		98,0	2,06	2,02
Эссенция | Essence	–	–	–	–
Краситель | Dye	–	–	–	–
Итого | Total		50,02	1010,08	505,27

Таблица 2.

Органолептические показатели качества желе «Вишневое»

Table 2.

Organoleptic quality indicators of jelly «Cherry»

Показатель Indicator	Характеристика Characteristic	Заключение в соответствии с ГОСТ 55462 | Conclusion in accordance with GOST 55462
Внешний вид | Appearance	Прозрачная однородная желированная масса Transparent homogeneous gelled mass	Соответствует Respond
Вкус и запах | Taste and smell	Вишни, без постороннего привкуса и запаха Cherries, without foreign taste and smell	
Цвет | Colour	Ярко-красный | Bright red	
Консистенция | Consistency	Прочная желированная без отслаивания жидкости Durable gelled without flaking liquid	Не нормируется Not standardized
Дегустационная оценка, балл: Tasting evaluation, score: (min 1 – max 5)	5,0±0,0	
вкус | taste		
запах | smell	4,9±0,1	
цвет | color	4,7±0,2	
консистенция | consistency	4,8±0,1	
прочность | strength	4,8±0,1	

Органолептическая оценка показала (рисунок 2), что усовершенствованная рецептурная составляющая желе с заменой сахара-песка на отработанный осмотический агент от осмоса ягод вишни по вкусу и запаху (4,9–5,0 баллов)

превосходит контрольный образец, имеет наиболее привлекательный выраженный ярко-красный цвет по прочности соответствует контролю. Итоговая органолептическая оценка желе «Вишневое» составила 24,2 баллов.

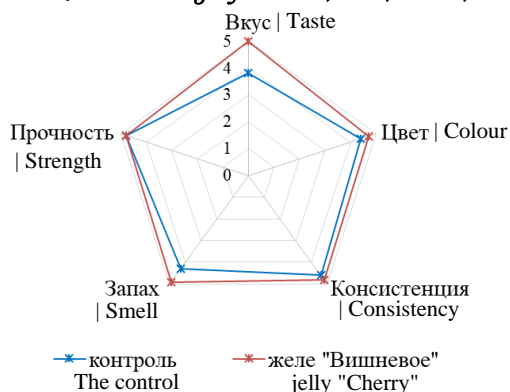


Рисунок 2. Органолептическая оценка желе «Вишневое»

Figure 2. Organoleptic evaluation of jelly «Cherry»

Желе приготовленное на основе осмотического агента после осмоса вишни (таблица 3) по сравнению с контрольным образцом содержит больше дубильных и красящих веществ

в 5,8 раза, калия в 8,2 раза, кальция в 4,5 раза, железа в 1,2 раза. Аскорбиновая кислота в контрольном образце не обнаружена, а на основе осмотического агента содержится 8,24 мг/100 г. Показатель активности воды снизился 0,46%, рН у разработанного желе составил 3,2 и увеличился на 6,25% по сравнению с контрольным, что говорит о благоприятных условиях для желеобразования.

Кислотность желе «Вишневое» увеличилась в 2 раза, содержание моно- и дисахаридов практически не изменилось увеличение составило 0,81%, что говорит о сбалансированном вкусовом качестве – кисло-сладкий, увеличение энергетической ценности минимальное 3 ккал. Число пенетрации и прочность студня соответствует контрольному образцу со значительными улучшениями, микробиологические показатели желе «Вишневое» соответствуют ТР ТС 021/2011.

Таблица 3. Физико-химические и микробиологические показатели безопасности желе «Вишневое»

Table 3.

Physico-chemical and microbiological safety indicators of jelly «Cherry»

Показатели качества Quality indicators	Контроль Control	Желе «Вишневое» Jelly «Cherry»
Содержание сухих веществ, % | Dry matter content, %	50,00	50,02
Углеводы, %, в т. ч.: | Carbohydrates, %	49,32	50,09
моно- и дисахариды | mono – and disaccharides	45,30	45,67
Энергетическая ценность, ккал/кДж | Energy value, kcal/kJ	197/825	200/837
Число пенетрации | Penetration number	19,8	20,2
Прочность студня, Па | The strength of the jelly, Pa	25507,6	24507,4
рН	3,0	3,2
Массовая доля титруемых кислот (в расчете на яблочную кислоту), % Mass fraction of titrated acids (based on malic acid), %	0,81	1,67
Активность воды | Water activity	0,651	0,648
Дубильные и красящие вещества, % | Tanning and coloring substances, %	0,12	0,69
Витамин С, мг% | Vitamin C, mg%	–	8,24
К, мг | K, mg	4,21	34,32
Ca, мг | Ca, mg	3,72	14,45
Fe, мг | Fe, mg	0,19	0,23
КМАФАнМ, КОЕ/г, см ³ не более КМАФАнМ, CFU/g, cm ³ no more	5x10 ³	–
БГКП (колиформы), г/см ³ не более BGCP (coliforms), g/cm ³ no more	1,0	–
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы не более Pathogenic, salmonella no more	25	–
Дрожжи, КОЕ/г не более | Yeast, CFU/g no more	50	–
Плесени, КОЕ/г не более | Mold, CFU/g no more	50	–
		2,6·10 ³
		не обнаружены not detected
		28,0

Заключение

Получен желированный продукт, имеющий высокие органолептические характеристики по вкусу и запаху, с низким показателем активности воды, что говорит о благоприятных

условиях для желеобразования, содержит больше дубильных и красящих веществ, обогащен макро- и микроэлементами (К, Са, Fe), витамином С, сбалансированный вкус кисло-сладкий, энергетическая ценность 200/837 ккал/кДж.

Литература


- 1 Pramanick P., Zaman S., Mitra A. Jelly from vitamin C rich halophytic fruits // International Journal of Universal Pharmacy and Bio Sciences. 2014. V. 3. № 5. P. 36–49.
- 2 Грибова Н.А., Беркетова Л.В. Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 30–37. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-30-37
- 3 Gribova N.A., Eliseeva L.G., Berketova L.V., Evdokimova O.V. et al. Formation and development of consumer properties of berry products with added nutrition value // International Journal of Advanced Science and Technology this link is disabled. 2020. V. 29. № 3. P. 3782–3791.
- 4 Pramanick P., Zaman S., Bera D., Raha A.K. et al. Mangrove fruit Products: A search for alternative livelihood for Island dwellers of Gangetic delta // Int. J. Pharm. Res. Scholars. 2014. V. 3. № 1. P. 131–137.
- 5 Vidhya R., Narain A. Formulation and Evaluation of Preserved Products Utilizing under Exploited Fruit, Wood Apple (*Limonia acidissima*). Am-Eurasian // J. Agric. Environ. Sci. 2011. V. 10. № 1. P. 112–118.
- 6 Pramanick P., Zaman S., Mitra A. Mangrove fruit-based jelly as roadmap to alternative livelihood for island dwellers of Indian Sundarbans // Natural Resources And Their Ecosystem Services. 2021. V. 2. P. 121–126.
- 7 Левченко Е.В. Обоснование рецептуры и технологии молочного желе, обогащенного водорастворимыми компонентами кофе // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. Т. 4. № 2. С. 150–159.
- 8 Дамбарович Л.В., Наумова Э.А. Разработка технологии желейного десерта на основе молочной сыворотки // Вестник молодежной науки. 2017. Т. 3. № 10. С. 1–5.
- 9 Попов А.С. Разработка комплексной малоотходной технологии переработки плодов кизила для получения желе и морса функционального назначения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. 8. С. 137–143.
- 10 Агафонова С.В., Панкова Е.В. Технология мармелада повышенной биологической ценности // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. Т. 4. № 2. С. 54–61.
- 11 Панкова Е.В., Агафонова С.В. Технология желейно-фруктового мармелада, обогащенного биологически активными компонентами овощного и ягодного сырья // Вестник молодежной науки. 2018. Т. 2. № 14. С. 1–6.
- 12 Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Журахова С.Н. Желейно-фруктовый мармелад повышенной пищевой ценности с соком из ягод облепихи // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 46. № 3. С. 50–54.
- 13 Мясичева Н.В., Артемова Е.Н., Макаркина М.А. Желирующая способность пектинов свежих и замороженных ягод красной смородины // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 45. № 2. С. 62–68.
- 14 Алексеева А.А., Вольнова Е.Р., Бутова С.Н. Исследование физико-химических свойств плодового желе обогащенного свекловичным пектином // Студенческий вестник: электрон. научн. журн. 2020. Т. 18. № 116. С. 92–95.
- 15 Noguero A., Igual M., Pagán-Moreno M. Nutritional and Physicochemical Characterization of Vegetable Fibres in Order to Obtain Gelled Products // Foods. 2021. V. 21. № 10. P. 1-24.
- 16 Atzler J.J., Sahin A.W., Gallagher E. et al. Investigation of different dietary-fibre-ingredients for the design of a fibre enriched bread formulation low in FODMAPs based on wheat starch and vital gluten // Eur Food Res Technol. 2021. V. 247. P. 1939–1957. doi: 10.1007/s00217-021-03762-6.
- 17 Jiménez-Hernández J. Osmotic dehydration of mango with impregnation of inulin and piquin-pepper oleoresin // LWT. Food Sci. Technol. 2017. V. 79. № 1. P. 609-515. doi: 10.1016/j.lwt.2016.11.016
- 18 Bozkir H. et al. Ultrasonics-Sonochemistry Influence of ultrasound and osmotic dehydration pre-treatments on drying and quality properties of persimmon fruit // Ultrason. Sonochem. 2019. V. 54. P. 135–141. doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.02.006
- 19 Oliveira D.M. et al. Sensory analysis and chemical characterization of cereal enriched with grape peel and seed flour // Acta Scientiarum-technology. 2013. V. 35. P. 427–431. doi: 10.4025/actascitechnol.v35i3.13176
- 20 Rascón M.P. et al. Osmotic dehydration assisted impregnation of *Lactobacillus rhamnosus* in banana and effect of water activity on the storage stability of probiotic in the freeze-dried product // Lwt. 2018. V. 92. № 3. P. 490–496. doi: 10.1016/j.lwt.2018.02.074
- 21 Francisco X.O.G. et al. Evaluation of osmotic dehydration as a tool for enrichment with bioactive compounds in apple // Revista Mexicana Ciencias Agrícolas. 2019. V. 10. № 5. P. 1151–1156. doi: 10.29312/remexca.v10i5.1770
- 22 Petrulakova M., Valík L. Development of New Cereal-, Pseudocereal-, and Cereal-Leguminous-Based Probiotic Foods // Czech Journal of Food Sciences. 2014. V. 32. P. 391–397.

References


- 1 Pramanick P., Zaman S., Mitra A. Jelly from vitamin C rich halophytic fruits. International Journal of Universal Pharmacy and Bio Sciences. 2014. vol. 3. no. 5. pp. 36–49.
- 2 Gribova N.A., Berketova L.V. Osmotic dehydration of berries: study of mass transfer parameters. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 30–37. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-30-37 (in Russian).
- 3 Gribova N.A., Eliseeva L.G., Berketova L.V., Evdokimova O.V. et al. Formation and development of consumer properties of berry products with added nutrition value. International Journal of Advanced Science and Technology this link is disabled. 2020. vol. 29. no. 3. pp. 3782–3791.
- 4 Pramanick P., Zaman S., Bera D., Raha A.K. et al. Mangrove fruit Products: A search for alternative livelihood for Island dwellers of Gangetic delta. Int. J. Pharm. Res. Scholars. 2014. vol. 3. no. 1. pp. 131–137.
- 5 Vidhya R., Narain A. Formulation and Evaluation of Preserved Products Utilizing under Exploited Fruit, Wood Apple (*Limonia acidissima*). Am-Eurasian. J. Agric. Environ. Sci. 2011. vol. 10. no. 1. pp. 112–118.
- 6 Pramanick P., Zaman S., Mitra A. Mangrove fruit-based jelly as roadmap to alternative livelihood for island dwellers of Indian Sundarbans. Natural Resources And Their Ecosystem Services. 2021. vol. 2. pp. 121–126.

- 7 Levchenko E.V. Substantiation of the formulation and technology of milk jelly enriched with water-soluble coffee components. Bulletin of Science and Education of the North-West of Russia. 2018. vol. 4. no. 2. pp. 150–159. (in Russian).
- 8 Dambarovich L.V., Naumova E.A. Development of technology for jelly dessert based on milk whey. Bulletin of youth science. 2017. vol. 3. no. 10. pp. 1–5. (in Russian).
- 9 Popov A.S. Development of an integrated low-waste technology for processing cornel fruits for obtaining jelly and fruit drink for a functional purpose. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2016. vol. 8. pp. 137–143. (in Russian).
- 10 Agafonova S.V., Pankova E.V. Technology of marmalade of increased biological value. Bulletin of Science and Education of the North-West of Russia. 2018. vol. 4. no. 2. pp. 54–61. (in Russian).
- 11 Pankova E.V., Agafonova S.V. Technology of jelly-fruit marmalade enriched with biologically active components of vegetable and berry raw materials. Bulletin of youth science. 2018. vol. 2. no. 14. pp. 1–6. (in Russian).
- 12 Magomedov G.O., Lobosova L.A., Zhurakhova S.N. Jelly-fruit marmalade of increased nutritional value with juice from sea buckthorn berries. Technics and technology of food production. 2017. vol. 46. no. 3. pp. 50–54. (in Russian).
- 13 Myasishcheva N.V., Artemova E.N., Makarkina M.A. Gelling ability of pectins of fresh and frozen red currant berries. Technics and technology of food production. 2017. vol. 45. no. 2. pp. 62–68. (in Russian).
- 14 Alekseeva A.A., Volnova E.R., Butova S.N. Investigation of the physical and chemical properties of fruit jelly enriched with beet pectin. Student Bulletin: electron. scientific. zhurn. 2020. vol. 18. no. 116. pp. 92–95. (in Russian).
- 15 Nogueroles A., Igual M., Pagán-Moreno M. Nutritional and Physicochemical Characterization of Vegetable Fibres in Order to Obtain Gelled Products. Foods. 2021. vol. 21. no. 10. pp. 1-24.
- 16 Atzler J.J., Sahin A.W., Gallagher E. et al. Investigation of different dietary-fibre-ingredients for the design of a fibre enriched bread formulation low in FODMAPs based on wheat starch and vital gluten. Eur Food Res Technol. 2021. vol. 247. pp. 1939–1957. doi: 10.1007/s00217-021-03762-6
- 17 Jiménez-Hernández J. Osmotic dehydration of mango with impregnation of inulin and piquin-pepper oleoresin. LWT. Food Sci. Technol. 2017. vol. 79. no. 1. pp. 609-515. doi: 10.1016/j.lwt.2016.11.016
- 18 Bozkir H. et al. Ultrasonics-Sonochemistry Influence of ultrasound and osmotic dehydration pre-treatments on drying and quality properties of persimmon fruit. Ultrason. Sonochem. 2019. vol. 54. pp. 135–141. doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.02.006
- 19 Oliveira D.M. et al. Sensory analysis and chemical characterization of cereal enriched with grape peel and seed flour. Acta Scientiarum-technology. 2013. vol. 35. pp. 427–431. doi: 10.4025/actascitechnol.v35i3.13176
- 20 Rascón M.P. et al. Osmotic dehydration assisted impregnation of Lactobacillus rhamnosus in banana and effect of water activity on the storage stability of probiotic in the freeze-dried product. Lwt. 2018. vol. 92. no. 3. pp. 490–496. doi: 10.1016/j.lwt.2018.02.074
- 21 Francisco X.O.G. et al. Evaluation of osmotic dehydration as a tool for enrichment with bioactive compounds in apple. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas. 2019. vol. 10. no. 5. pp. 1151–1156. doi: 10.29312/remexca.v10i5.1770
- 22 Petrulakova M., Valík L. Development of New Cereal-, Pseudocereal-, and Cereal-Leguminous-Based Probiotic Foods. Czech Journal of Food Sciences. 2014. vol. 32. pp. 391–397.

Сведения об авторах

Наталья А. Грибова к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия, natali-g@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8440-5325>

Information about authors

Natalya A. Gribova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia, natali-g@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8440-5325>

Вклад авторов

Наталья А. Грибова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Natalya A. Gribova 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 22/10/2021	После редакции 08/11/2021	Принята в печать 02/12/2021
Received 22/10/2021	Accepted in revised 08/11/2021	Accepted 02/12/2021

Технологические параметры производства и рецептура низкокалорийного полуфабриката «Брауни»

Анна Е. Ковалева	¹	a.e.kovaleva@yandex.ru	 0000-0001-7807-1755
Эльвира А. Пьяникова	¹	alia1969@yandex.ru	 0000-0002-6457-6442
Ольга С. Тараторина	¹	ooo-marchenko@yandex.ru	
Елизавета Д. Ткачева	²	tckachewa.liza@yandex.ru	



1 Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия

2 ООО «Юридическая фирма «Бизнес», ул. К. Маркса, 66/9, г. Курск, 305029, Россия

Аннотация. Мучные кондитерские полуфабрикаты, которые являются вкусными и обладают высокой питательной ценностью, всегда пользуются популярностью у людей всех возрастов. Торт является одним из любимых и наиболее распространенных мучных кондитерских изделий для потребителей во всем мире. Пшеничная мука является одним из основных ингредиентов, используемых для приготовления бисквитных полуфабрикатов, наряду с сахаром, яйцом, консервантами, ароматизаторами и т.д. Частичная или полная замена пшеничной муки всегда желательна, чтобы сделать продукт более питательным. Замена пшеничной муки другой различной мукой улучшает функциональные и питательные свойства полуфабрикатов «Брауни». Разработаны технологические параметры и рецептура производства полуфабрикатов «Брауни», относящихся к низкокалорийным продуктам. Произведена замена пшеничной муки на рисовую, кукурузную и льняную муку, соотношения которых были выведены в результате опытных проработок рецептуры. Сливочное масло заменено на мягкий творог, что позволило снизить калорийность продукта. Йогурт заменен на фруктовую добавку (в виде замороженных яблочных выжимок) для повышения пищевой ценности. Вместо сахара использован сахарозаменитель «Prebiosweet», в состав которого входит подсластитель эритрит, лактулоза, подсластитель экстракт стевии. В отличие от классической технологии производства в разработанной: сокращено количество технологических операций; исключена операция взбивания яичной смеси. Смешивание ингредиентов осуществлялось в два этапа: на первом этапе смешивались все сухие компоненты; на втором этапе – все жидкие. Затем жидкая и сухая смеси перемешивались до однородной консистенции. Продолжительность перемешивания сократилась до 2–3 мин. и осуществлялась на низких оборотах тестомесильной машины. Выпекание полуфабриката «Брауни» осуществлялось при температуре 175 °C в течение 60 минут. Добавление муки рисовой, кукурузной и льняной позволит расширить рацион питания людей, следящих за своим здоровьем.

Ключевые слова: полуфабрикат «Брауни», технология производства, мука рисовая, мука кукурузная, мука льняная, сахарозаменитель, яблочные выжимки

Technological parameters of production and formulation of low-calorie semi-finished product "Brownie"

Anna E. Kovaleva	¹	a.e.kovaleva@yandex.ru	 0000-0001-7807-1755
Elvira A. Pyanikova	¹	alia1969@yandex.ru	 0000-0002-6457-6442
Olga S. Taratorina	¹	ooo-marchenko@yandex.ru	
Elizabeth D. Tkacheva	²	tckachewa.liza@yandex.ru	

1 South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia

2 LLC "Law firm "Business", K. Marx str., 66/9, Kursk, 305029, Russia

Abstract. Flour confectionery semi-finished products, which are delicious and have a high nutritional value, are always popular with people of all ages. Cake is one of the favorites and most common flour confectionery products for consumers all over the world. Wheat flour is one of the main ingredients used for the preparation of biscuit semi-finished products, along with sugar, egg, preservatives, flavorings, etc. Partial or complete replacement of wheat flour is always desirable to make the product more nutritious. Replacing wheat flour with other different flour improves the functional and nutritional properties of Brownie semi-finished products. The technological parameters and the recipe for the production of semi-finished Brownie products related to low-calorie products have been developed. Wheat flour was replaced with rice, corn and flaxseed flour, the ratios of which were derived as a result of experimental studies of the recipe. Butter was replaced with soft cottage cheese, which reduced the caloric content of the product. Yogurt has been replaced with a fruit supplement (in the form of frozen apple pomace) to increase nutritional value. Instead of sugar, the sweetener "Prebiosweet" is used, which includes the sweetener erythritol, lactulose, sweetener stevia extract. In contrast to the classical production technology in the developed one: the number of technological operations is reduced; the operation of whipping the egg mixture is excluded. Mixing of ingredients was carried out in two stages: at the first stage, all dry components were mixed; at the second stage, all liquid components were mixed. Then the liquid and dry mixtures were mixed to a homogeneous consistency. The duration of mixing was reduced to 2-3 minutes. and it was carried out at low speeds of the kneading machine. The Brownie semi-finished product was baked at a temperature of 175 °C for 60 minutes. The addition of rice, corn and flax flour will expand the diet of people who monitor their health, apple squeezes.

Keywords: semi-finished product "Brownie", production technology, rice flour, corn flour, flaxseed flour, sweetener

Для цитирования

Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А., Тараторина О.С., Ткачева Е.Д. Технологические параметры производства и рецептура низкокалорийного полуфабриката «Брауни» // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 105–111. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-105-111

For citation

Kovaleva A.E., Pyanikova E.A., Taratorina O.S., Tkacheva E.D. Technological parameters of production and formulation of low-calorie semi-finished product "Brownie". *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 105–111. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-105-111

Введение

С каждым годом в России, как и во всем мире, все чаще диагностируют заболевания желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистые заболевания, избыточный вес [1]. Основные рекомендации медиков по лечению и профилактике данных заболеваний сводятся к соблюдению строгой диеты, исключающей из рациона высококалорийные продукты питания [2–4]. При этом отмечается, что диета должна быть здоровой и полноценной, содержать все необходимые питательные вещества, витамины, минеральные вещества и полноценный белок.

Один из способов получить низкокалорийный продукт – уменьшить или исключить некоторые калорийные ингредиенты, особенно сахар и жир, поскольку в настоящее время ожирение часто называют серьезной проблемой для здоровья [5].

Мучные кондитерские изделия нельзя отнести к полезным продуктам, так как они обладают высокой калорийностью, содержат большое количество сахара, жира и чаще всего изготовлены из муки высших сортов, а, следовательно, не содержат пищевые волокна, большинство макро- и микроэлементов, и витаминов [6–8]. Низкокалорийные свойства этим продуктам можно придать благодаря введению в рецептуру добавки нетрадиционного сырья [9, 10–20]. Введение или замена в рецептуре дополнительных ингредиентов приводит к изменению традиционных технологических параметров.

«Брауни» – это шоколадный десерт характерного коричневого цвета «brown» в переводе с английского – «коричневый». Мучное кондитерское изделие типа «Брауни» является традиционным для американской кухни, и в последнее время очень популярно среди россиян. «Брауни» по калорийности среди мучных кондитерских изделий считается одним из наиболее калорийных продуктов. В связи с повышенным потребительским спросом на данный вид мучных кондитерских изделий является актуальной разработка рецептуры пониженной калорийности. Снизить калорийность можно за счет введения в рецептуру исключительно полезных продуктов. Использование нежирного творога, яблочных выжимок, замена сахара-песка на натуральный сахарозаменитель и альтернативные виды муки делает этот десерт не только низкокалорийным, но позволяет получить продукт с высоким содержанием витаминов, макро- и микроэлементов.

Цель работы – разработка рецептуры и технологии производства полуфабриката для «Брауни» пониженной калорийности.

Материалы и методы

В качестве контрольного образца выбрана классическая рецептура и технология приготовления бисквитного полуфабриката «Брауни». Классический полуфабрикат «Брауни» вырабатывается из пшеничной муки высшего сорта. «Брауни» представляет полуфабрикат округлой формы, массой 0,8 кг. Диаметр изделия 16 см. Бисквитный полуфабрикат выпекают в пекарной камере при температуре 180–220 °С. Продолжительность выпечки 10–55 мин (в зависимости от толщины бисквита). Бисквит выпекают при переменном режиме в пекарной камере: I зона – 180 °С; II зона – 220 °С.

Для каждого вида мучных кондитерских изделий, существуют утвержденные рецептуры, в которых представлены единые требования к сырью и готовой продукции, расход сырья при приготовлении кондитерских и булочных изделий на предприятиях питания. Эти рецептуры приводятся в специальных сборниках. В таблице 1 дана утвержденная рецептура на полуфабрикат «Брауни» из пшеничной муки высшего сорта, массой 0,8 кг.

Таблица 1.

Рецептура классического полуфабриката «Брауни» из муки пшеничной высшего сорта

Table 1.

The recipe of the classic semi-finished product "Brownie" from wheat flour of the highest grade

Сырье Raw material	Количество сырья, г Quantity of raw materials, g	Количество сырья в% Quantity of raw materials, in%
Сахар-песок Granulated sugar	250	35
Масло сливочное Butter	120	18,00
Йогурт Yogurt	100	15,00
Яйца | Egg	100	14,00
Какао – порошок Cocoa powder	65	9,00
Мука пшеничная в/с Wheat flour of the highest grade	60	8,00
Сода | Soda	5	1,00
Итого | Total	700	100

Недостатком данной рецептуры является невысокая пищевая ценность, недостаточный срок сохранения свежести и высокая калорийность полуфабриката.

В качестве источников витаминов, макро- и микронутриентов целесообразно использовать нетрадиционное для кондитерской промышленности сырье растительного происхождения, получаемое при производстве яблочного сока – свежемороженые яблочные выжимки, которое при этом является достаточно распространенным, доступным и не приводит к существенному удорожанию готового кондитерского изделия.

При переработке яблок на сок от 40 до 60% образуются выжимки, которые в основном используют на корм скоту. Однако их можно использовать и более рационально, получая из них пектин, порошки или замораживать только что полученные выжимки, которые могут быть использованы в кондитерской, консервной, хлебобулочной промышленности в качестве наполнителя, обладающего желирующими свойствами. Основное преимущество свежемороженой яблочной выжимки в том, что в ней сохраняются при хранении все полезные свойства.

Результаты и обсуждение

Для производства полуфабриката «Брауни» используется следующее сырье: яблочные

выжимки, яйца, мягкий творог, какао–порошок, мука рисовая, мука кукурузная, льняная мука, сахарозаменитель «Prebiosweet», ванилин, сода, соль поваренная пищевая с «Указаниями к рецептурам на кондитерские изделия по взаимозаменяемости сырья».

При отработке рецептуры было разработано три модельных образца полуфабриката «Брауни» с разным содержанием яблочных выжимок и мягкого творога. Количественное соотношение ингредиентов подбиралось экспериментально, с учетом качественных показателей:

- образец № 1 – яблочных выжимок – 20,5%, мягкого творога 34% при неизменном соотношении других ингредиентов;
- образец № 2 – яблочных выжимок 27,25%, мягкого творога 27,25% при неизменном соотношении других ингредиентов;
- образец № 3 – яблочных выжимок 34%, мягкого творога 20,5% при неизменном соотношении других ингредиентов.

В таблице 2 представлена рецептура разработанных модельных образцов полуфабриката «Брауни» с добавлением яблочных выжимок.

Таблица 2.

Рецептура полуфабриката «Брауни» с добавлением яблочных выжимок

Table 2.

The recipe of the Brownie semi-finished product with the addition of apple pomace

Сырье Raw material	Образец | Sample					
	№ 1		№ 2		№ 3	
	Количество, г Quantity, g	Количество, % Quantity, %	Количество, г Quantity, g	Количество, % Quantity, %	Количество, г Quantity, g	Количество, % Quantity, %
Яблочные выжимки Apple squeezes	150	20,5	200	27,25	250	34
Яйца | Egg	150	20,5	150	20,5	150	20,5
Мягкий творог Soft cottage cheese	250	34	200	27,25	150	20,5
Какао-порошок Cocoa powder	50	7	50	7	50	7
Рисовая мука Rice flour	40	5	40	5	40	5
Кукурузная мука Corn flour	40	5	40	5	40	5
Льняная мука Flaxseed flour	20	3	20	3	20	3
Сахароза-менитель «Prebio-sweet» Sweetener «Prebio-sweet»	15	2	15	2	15	2
Ванилин | Vanillin	10	1	10	1	10	1
Сода | Soda	7	1	7	1	7	1
Соль | Salt	5	1	5	1	5	1
Итого | Total	737	100	737	100	737	100

Все поступающее пищевое сырье должно отвечать требованиям действующих стандартов, технических условий, гигиенических требований, иметь гигиенический сертификат (или гигиеническое заключение), сертификаты соответствия

или удостоверения о качестве, которые гарантируют его качество и безопасность. На рисунке 1 представлена технологическая схема приготовления полуфабриката «Брауни».

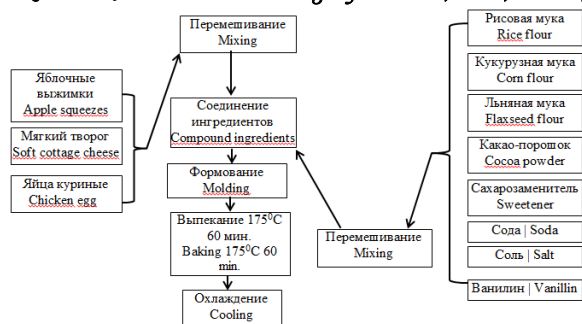


Рисунок 1. Технологическая схема приготовления полуфабриката «Брауни»

Figure 1. Technological scheme of preparation of semi-finished product "Brownie"

Приготовление полуфабриката «Брауни» начинается с подготовки сырья.

Подготовка муки заключается в составлении смеси, проведении смешивания, просеивания и магнитной очистке муки и ее взвешивании.

Чтобы отделить случайные посторонние частицы, отличающиеся по размеру от частиц муки, муку просеивают. Для этой цели на хлебо-заводах используются просеивающие машины. Мука проходит через сита просеивателя, размер ячеек 0,3 мм. Для удаления из муки металлических частиц, проходящих через отверстия сита просеивателя, на мучных линиях предусматриваются магнитные уловители. После прохождения через просеиватель и магнитоуловитель мука ссыпается во внутрицеховую маркированную тару и поступает в зону хранения добавок – сырья. Перед пуском в производство муку взвешивают.

Какао – порошок просеивается через сито для дальнейшего использования.

Входной контроль и подготовка яиц. На производстве яйца поступают в ящиках. Для кондитерских изделий могут использоваться только чистые куриные яйца, без пороков, с неповрежденной скорлупой, не ниже 2-й категории. Распаковка ящиков с яйцами, санитарная обработка и получение яичной массы проводятся при соблюдении строгой поточности. Производят осмотр и сортировку яиц, и передают их на участок по производству меланжа.

Приготовление меланжа. Приготовление меланжа занимается кондитер по подготовке сырья к производству. Кондитер готовит моющий раствор для обработки яиц, проверяет свежесть каждой партии яиц овоскопом, моет яйца в четырехсекционной ванне, где постоянно контролирует наличие посторонних предметов в раковинах и чистоту раствора. Обработанные яйца разбиваются и выливаются в чашки, не более 5 яиц. Затем визуально оценивается готовое сырье (цвет, запах, консистенция, отсутствие посторонних включений).

Яичная масса процеживается через специальное сито, размер ячеек 3–5 мм и помещаются в специальную емкость – ведро, на каждую емкость наклеивают этикетки с датой и временем изготовления, перемещают готовый меланж в холодильник.

Яблочные выжимки поступают свежемороженые в брикетах. Яблочные выжимки подвергают разморозке при комнатной температуре, удаляют упаковку, протирают через сито на протирочной машине для удаления семян и перегородок.

Сухой сахарозаменитель предварительно просеивают через сито с ячейками диаметром 3 мм и пропускают через магниты. Так же готовят соль.

Подготовленные ингредиенты направляются для приготовления теста для производства полуфабрикатов.

Со склада хранения суточного запаса сырья в тестомесильное отделение поступает сырье. В процессе добавления сырья визуально оценивают качество сырья (цвет, консистенция, запах, отсутствие посторонних включений).

Смешивают сырье в два этапа:

- 1 этап: приготовление сухой смеси: смешивание рисовой, кукурузной, льняной муки, какао-порошка, сахарозаменителя, ванилина, соды и соли до однородной консистенции. Готовая смесь должна быть равномерно перемешанной и без комочков;

- 2 этап: приготовление жидкой смеси: смешивают яйца, мягкий творог и яблочные выжимки до однородной консистенции.

Замешивают тесто, соединяя приготовленные жидкую и сухую смеси, и перемешивают в течение 2–3 минут на низких оборотах тестомесильной машины.

Готовое тесто направляется на формование и выпечку. Готовые полуфабрикаты перемещаются в отделение выпечки полуфабрикатов, проходят контроль влажности готового теста.

В процессе выпекания полуфабрикатов сначала осуществляют контроль веса полуфабрикатов для выпекания, а затем готовую массу отсаживают в кольца на листы или просто разливают сплошным слоем на листы, смазанные маслом, либо застланные бумагой или латотканью. Заполненные смесью листы складываются на вагонетку, затем перемещают в печь. Выпекание осуществляют при температуре в камере 175°C в течение 60 минут.

Полуфабрикат «Брауни» готов, когда середина у него не продавливается, при легком надавливании на него пальцем. Деревянная палочка при введении ее в центр выпеченного полуфабриката должна быть влажной. Полуфабрикат «Брауни» должен быть сочным, слегка влажноватым изнутри.

После остывания формы выпеченные полуфабрикаты вынимают и укладывают для выстаивания на решетку в течение 20 – 30 минут, а затем перемещают в зону охлаждения. На рисунке 2 представлен внешний вид готового полуфабриката «Брауни».



Рисунок 2. Внешний вид готового полуфабриката «Брауни»

Figure 2. Appearance of the finished Brownie semi-finished product

Полуфабрикат охлаждается и в течение 8–10 часов в условиях цеха при доступе воздуха.

Заключение

В ходе разработки технологического процесса производства полуфабриката «Брауни» вместо классических ингредиентов, используемых

для бисквитного полуфабриката «Брауни» было использовано сырье с низким гликемическим индексом (различные виды муки), взамен сахара использовали сахарозаменители для снижения калорийности продукта и в рецептуру были введены фруктовые добавки для повышения пищевой ценности.

В результате замены традиционных рецептурных ингредиентов на альтернативные ингредиенты были установлены следующие технологические параметры:

- сокращено количество технологических операций (в традиционной технологии предусмотрено разделение яичной смеси, взбивание с сахаром и последующее введение смесей на разных этапах технологического процесса);

- отсутствие процесса взбивания яичной смеси;

- сокращена продолжительность перемешивания до 2–3 мин., которая осуществляется на низких оборотах тестомесильной машины;

- снижен температурный режим выпекания полуфабриката «Брауни» до 175 °С (по традиционной рецептуре температура выпекания составляет 180–220 °С и осуществляется в два этапа в разных зонах).

Литература

- 1 Жаркова И.М., Сафонова Ю.А. Обоснование рациональной дозировки закваски «Эвиталия» для безглютенового хлеба из амарантовой муки // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 174–181. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-174-181
- 2 Gładys K., Dardzińska J., Guzek M., Adrych K. et al. Expanded Role of a Dietitian in Monitoring a Gluten-Free Diet in Patients with Celiac Disease: Implications for Clinical Practice // *Nutrients*. 2021. V. 13. № 6. P. 1859. doi: 10.3390/nu13061859
- 3 El Khoury D., Balfour-Ducharme S., Joye JI. A Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges // *Nutrients*. 2018. V. 10. № 10. P. 1410. doi: 10.3390/nu10101410
- 4 Bascuñán K.A., Vespa M.C., Araya M. Celiac disease: understanding the gluten-free diet // *European Journal of Nutrition*. 2017. V. 56. № 2. P. 449–459. doi: 10.1007/s00394-016-1238-5
- 5 Felicidad Ronda, Manuel Gomez, Carlos A. Blanco, Pedro A. Caballero Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes // *Food Chemistry* 2005. P. 549–555. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.05.023
- 6 Шарипова М.Б., Икрами М.Б., Каримов О.С., Тураева Г.Н. Использование муки из проросшей пшеницы в технологии мучных кондитерских изделий // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. 2021. № 2. С. 73–78. doi 10.24412/2311-6447-2021-2-73-78
- 7 Hesso N., Loisel C., Chevallier S., Marti A. et al. The role of ingredients on thermal and rheological properties of cake batters and the impact on microcake texture // *LWT-Food Science and Technology*. 2015. V. 63. № 2. P. 1171–1178.
- 8 Yee Ten Chana, Mei Ching Tana, Nyuk Ling Chin Application of Box-Behnken design in optimization of ultrasound effect on apple pectin as sugar replacer // *LWT*. 2019. V. 115. P. 108449. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108449
- 9 Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Кривдина О.А., Рязанцева А.С. Технологические параметры производства бисквитов безглютеновых // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 4. С. 63–69. doi:10.20914/2310-1202-2021-4-63-69
- 10 Pyanikova E.A., Kovaleva A.E., Zaikina M.A. Innovative product as future vision for the development of the food industry at the turn of new industrialisation // 2nd International Scientific Conference on New Industrialization: Global, National, Regional Dimension (SICNI 2018) *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, volume 240. P. 480–484.
- 11 Kondratjuk N., Stepanova T., Pyvovarov P., Pyvovarov Y. Modelling of low calorie pectin-based product composition // *Ukrainian Food Journal*. 2015. V. 4. № 1. P. 22-36.
- 12 Kaluzhskikh A., Dolgoplova N., Kotelnikova M., Ryumshina S. The Study of the Possibility of Using Low-Calorie Foods in the Technology of Flour Confectionery Production // *BIO Web of Conferences*. EDP Sciences, 2021. V. 32. doi:10.1051/bioconf/20213203012
- 13 Kuzmina N.N., Petrov O.Y., Savinkova E.A. Influence of natural antioxidants on quality indicators of semi-finished products from meat of broilers // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2020. V. 421. № 2. P. 022074.


- 14 Queiroz V.A.V., da Silva Aguiar A., de Menezes C.B., de Carvalho C.W.P. et al. A low calorie and nutritive sorghum powdered drink mix: Influence of tannin on the sensorial and functional properties // *Journal of Cereal Science*. 2018. V. 79. P. 43-49. doi: 10.1016/j.jcs.2017.10.001
- 15 Aggarwal D., Sabikhi L., Kumar M.H.S. Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy–multigrain approach // *NFS journal*. 2016. V. 2. P. 1-7. doi: 10.1016/j.nfs.2015.10.001
- 16 Giri N.A., Sakhale B.K. Development of sweet potato flour based high protein and low calorie gluten free cookies // *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. 2019. V. 7. №. 2. P. 427-435. doi:10.12944/CRNFSJ.7.2.12
- 17 Karp S., Wyrwiz J., Kurek M.A., Wierzbicka A. Combined use of cocoa dietary fibre and steviol glycosides in low-calorie muffins production // *International journal of food science & technology*. 2017. V. 52. №. 4. P. 944-953. doi: 10.1111/ijfs.13358
- 18 Ribeiro T.C., Abreu J.P., Freitas M.C.J., Pumar M. et al. Substitution of wheat flour with cauliflower flour in bakery products: effects on chemical, physical, antioxidant properties and sensory analyses // *International food research journal*. 2015. V. 22. №. 2. P. 532.
- 19 Amin T., Bashir A., Dar B.N., Naik H.R. Development of high protein and sugar-free cookies fortified with pea (*Pisum sativum* L.) flour, soya bean (*Glycine max* L.) flour and oat (*Avena sativa* L.) flakes // *International Food Research Journal*. 2016. V. 23. №. 1. P. 72.
- 20 Ramírez-Jiménez A.K., Gaytán-Martínez M., Morales-Sánchez E., Loarca-Piña G. Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds // *LWT*. 2018. V. 89. P. 674-680. doi: 10.1016/j.lwt.2017.11.043

References


- 1 Zharkova I.M., Safonova Ju. Substantiation of rational dosage of "Evitalia" sourdough culture for gluten-free bread from amaranth flour. *Proceedings of VSUET*. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 174–181. doi:10.20914/2310–1202–2021–3–174–181 (in Russian).
- 2 Gładys K., Dardzińska J., Guzek M., Adrych K. et al. Expanded Role of a Dietitian in Monitoring a Gluten-Free Diet in Patients with Celiac Disease: Implications for Clinical Practice. *Nutrients*. 2021. vol. 13. no. 6. pp. 1859. doi: 10.3390/nu13061859
- 3 El Khoury D., Balfour-Ducharme S., Joye JI. A Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges. *Nutrients*. 2018. vol. 10. no. 10. pp. 1410. doi: 10.3390/nu10101410
- 4 Bascuñán K.A., Vespa M.C., Araya M. Celiac disease: understanding the gluten-free diet. *European Journal of Nutrition*. 2017. vol. 56. no. 2. pp. 449–459. doi: 10.1007/s00394–016–1238–5
- 5 Felicidad Ronda, Manuel Gomez, Carlos A. Blanco, Pedro A. Caballero Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry*. 2005. pp. 549–555 doi: 10.1016/j.foodchem.2004.05.023
- 6 Sharipova M.B., Ikrami M.B., Karimov O.S., Turaeva G.N. The use of flour from sprouted wheat in the technology of flour confectionery products. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex-healthy food products*. 2021. no. 2. pp. 73–78. doi 10.24412/2311–6447–2021–2–73–78
- 7 Hesso N., Loisel C., Chevallier S., Marti A. et al. The role of ingredients on thermal and rheological properties of cake batters and the impact on microcake texture. *LWT-Food Science and Technology*. 2015. vol. 63. no.2. pp. 1171–1178.
- 8 Yee Ten Chana, Mei Ching Tana, Nyuk Ling Chinb Application of Box-Behnken design in optimization of ultrasound effect on apple pectin as sugar replacer. *LWT*. 2019. vol. 115. pp. 108449. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108449
- 9 Pyanikova E.A., Kovaleva A.E., Krivdina O.A., Ryazantseva A.S. Technological parameters for the production of gluten-free biscuits. *Proceedings of VSUET*. 2021. vol. 83. no. 4. pp. 63–69. doi:10.20914/2310–1202–2021–4–63–69 (in Russian).
- 10 Pyanikova E.A., Kovaleva A.E., Zaikina M.A. Innovative product as future vision for the development of the food industry at the turn of new industrialization. *2nd International Scientific Conference on New Industrialization: Global, National, Regional Dimension (SICNI 2018) Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, volume 240. pp. 480–484.
- 11 Kondratjuk N., Stepanova T., Pyvovarov P., Pyvovarov Y. Modelling of low calorie pectin-based product composition. *Ukrainian Food Journal*. 2015. vol. 4. no. 1. pp. 22-36.
- 12 Kaluzhskikh A., Dolgoplova N., Kotelnikova M., Ryumshina S. The Study of the Possibility of Using Low-Calorie Foods in the Technology of Flour Confectionery Production. *BIO Web of Conferences*. EDP Sciences, 2021. vol. 32. doi:10.1051/bioconf/20213203012
- 13 Kuzmina N.N., Petrov O.Y., Savinkova E.A. Influence of natural antioxidants on quality indicators of semi-finished products from meat of broilers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2020. vol. 421. no. 2. pp. 022074.
- 14 Queiroz V.A.V., da Silva Aguiar A., de Menezes C.B., de Carvalho C.W.P. et al. A low calorie and nutritive sorghum powdered drink mix: Influence of tannin on the sensorial and functional properties. *Journal of Cereal Science*. 2018. vol. 79. pp. 43-49. doi: 10.1016/j.jcs.2017.10.001
- 15 Aggarwal D., Sabikhi L., Kumar M.H.S. Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy–multigrain approach. *NFS journal*. 2016. vol. 2. pp. 1-7. doi: 10.1016/j.nfs.2015.10.001
- 16 Giri N.A., Sakhale B.K. Development of sweet potato flour based high protein and low calorie gluten free cookies. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. 2019. vol. 7. no. 2. pp. 427-435. doi:10.12944/CRNFSJ.7.2.12
- 17 Karp S., Wyrwiz J., Kurek M.A., Wierzbicka A. Combined use of cocoa dietary fibre and steviol glycosides in low-calorie muffins production. *International journal of food science & technology*. 2017. vol. 52. no. 4. pp. 944-953. doi: 10.1111/ijfs.13358
- 18 Ribeiro T.C., Abreu J.P., Freitas M.C.J., Pumar M. et al. Substitution of wheat flour with cauliflower flour in bakery products: effects on chemical, physical, antioxidant properties and sensory analyses. *International food research journal*. 2015. vol. 22. no. 2. pp. 532.
- 19 Amin T., Bashir A., Dar B.N., Naik H.R. Development of high protein and sugar-free cookies fortified with pea (*Pisum sativum* L.) flour, soya bean (*Glycine max* L.) flour and oat (*Avena sativa* L.) flakes. *International Food Research Journal*. 2016. vol. 23. no. 1. pp. 72.
- 20 Ramírez-Jiménez A.K., Gaytán-Martínez M., Morales-Sánchez E., Loarca-Piña G. Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. *LWT*. 2018. vol. 89. pp. 674-680. doi: 10.1016/j.lwt.2017.11.043

Сведения об авторах

Анна Е. Ковалева к.х.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, a.e.kovaleva@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7807-1755>

Эльвира А. Пьяникова к.т.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, alia1969@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6457-6442>

Ольга С. Тараторина директор, ООО «Юридическая фирма «Бизнес»», ул. К. Маркса, 66/9, г. Курск, 305029, Россия, ooo-marchenko@yandex.ru

Елизавета Д. Ткачева студент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, tckachewa.liza@yandex.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

Anna E. Kovaleva Cand. Sci. (Chem.), associate professor, commodity science, technology and examination of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, a.e.kovaleva@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7807-1755>

Elvira A. Pyanikova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, commodity science, technology and examination of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, alia1969@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6457-6442>

Olga S. Taratorina director, LLC "Law firm "Business", K. Marx str., 66/9, Kursk, 305029, Russia, ooo-marchenko@yandex.ru

Elizabeth D. Tkacheva student, commodity science, technology and examination of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, tckachewa.liza@yandex.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 20/12/2021	После редакции 20/01/2022	Принята в печать 11/02/2022
Received 20/12/2021	Accepted in revised 20/01/2022	Accepted 11/02/2022

Подбор оптимальных условий биосинтеза молочной кислоты







Ольга В. Бондарева	1	bond.vrn15@ya.ru	 0000-0002-7051-9858
Анна А. Толкачева	1	anna-biotech@ya.ru	 0000-0003-0725-6482
Нина А. Некрасова	1	nekrasovaninelya@ya.ru	 0000-0003-0434-3839
Галина П. Шуваева	1	gpshuv@mail.ru	 0000-0002-4294-8209
Дмитрий А. Черенков	1	d.cherenkov@mail.ru	 0000-0002-8564-8919
Ольга С. Корнеева	1	korneeva-olgas@ya.ru	 0000-0002-2863-0771

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

Аннотация. Молочная кислота находит применение во множестве отраслей промышленности, при этом 40% потребности отечественного рынка удовлетворяется за счёт импорта, при этом основными способами получения молочной кислоты является микробиологический или синтетический. Наиболее рационален микробиологический синтез, однако, при его реализации используются ценные сахаросодержащие субстраты. В связи с этим поиск новых технологий получения молочной кислоты является актуальной задачей. Один из перспективных и экономически выгодных способов – переработка молочной сыворотки в молочную кислоту путем бактериального ферментирования лактозы, поскольку сыворотка является отходом производства творога. Постоянным финансовым обязательством для молочной отрасли является экологический сбор, большая часть предприятий молокопереработки фактически не имеет возможности следовать существующим требованиям в области биологических загрязнений, а потому компенсирует водоканалам дополнительные расходы на доочистку сточных вод. Цель исследования – провести скрининг культур микроорганизмов, способных ферментировать лактозу, содержащуюся в молочной сыворотке, и подобрать состав среды, обеспечивающий максимальный выход молочной кислоты. В эксперименте использовали штаммы молочнокислых бактерий, полученные из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (НИЦ «Курчатовский институт» – ГосНИИгенетика). С целью обеспечения максимального выхода молочной кислоты был определен оптимальный состав среды путем подбора концентраций дрожжевого автолизата и раствора солей. Также была подобрана оптимальная продолжительность биосинтеза молочной кислоты. Исследование кислотообразующей способности штаммов молочнокислых бактерий показало, что из исследованных штаммов наибольшую способность ферментировать лактозу, синтезируя молочную кислоту, проявил *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726), что коррелирует с данными по ассимиляции культурой лактозы. Подобраны оптимальная продолжительность культивирования (132 ч) и концентрация дрожжевого лизата (5%) в питательной среде на основе творожной сыворотки. При оптимальных параметрах максимальная концентрация молочной кислоты в культуральной жидкости *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726) составила 54.77 г/л, что сопоставимо с используемыми в настоящее время продуцентами при промышленном производстве молочной кислоты.

Ключевые слова: творожная сыворотка, молочная кислота, молочнокислые бактерии, кислотообразующая способность

Selection of optimal conditions for the lactic acid biosynthesis

Olga V. Bondareva	1	bond.vrn15@ya.ru	 0000-0002-7051-9858
Anna A. Tolkacheva	1	anna-biotech@ya.ru	 0000-0003-0725-6482
Nina A. Nekrasova	1	nekrasovaninelya@ya.ru	 0000-0003-0434-3839
Galina P. Shuvaeva	1	gpshuv@mail.ru	 0000-0002-4294-8209
Dmitry A. Cherenkov	1	d.cherenkov@mail.ru	 0000-0002-8564-8919
Olga S. Korneeva	1	korneeva-olgas@ya.ru	 0000-0002-2863-0771

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

Abstract. Lactic acid is used in various industries: chemical, food, cosmetic, pharmaceutical, agriculture and polymer production. 40% of the domestic market demand for lactic acid is met through imports, while the main methods for producing lactic acid are microbiological or synthetic. The most rational is microbiological synthesis, however, when it is implemented, valuable sugar-containing substrates (crystalline sucrose, molasses, sugar syrup) are used, which significantly affects the cost of the final product. There was an obvious need to search for new technologies for the production of lactic acid. Prospective and cost-effective is the processing of whey into lactic acid using bacterial fermentation of the lactose contained in the whey. The aim of the study is to screen cultures of microorganisms capable of fermenting lactose contained in milk whey and to select the composition of the medium that provides the maximum yield of lactic acid. Strains of lactic acid bacteria were used in the experiment: *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* 122 (B-1699), *Lactobacillus brevis* B-78 (B-5728), *Lactobacillus plantarum* K-9 (B-5466), *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726), *Lactobacillus acidophilus* (B-9012), *Lactobacillus paracasei* BT 24/88 (B-6253), *Lactobacillus paracasei* 139 (B-2430), obtained from the Russian National Collection of Industrial Microorganisms (Scientific Center "Kurchatov Institute" -Research Institute for Genetics and Selection of Industrial Microorganisms). The authors determined the optimal composition of the medium for the biosynthesis of lactic acid by selecting the concentrations of yeast autolysate and salt solution that provide the maximum yield of lactic acid. The authors also selected the optimal duration of lactic acid biosynthesis. The study of the acid-forming ability of strains of lactic acid bacteria showed that of the strains studied, *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726) showed the greatest ability to ferment lactose by synthesizing lactic acid, which correlates with the data on assimilation of lactose by the culture. The optimal cultivation time (132 h) and the concentration of yeast lysate (5%) in a nutrient medium based on curd whey were selected. With optimal parameters, the maximum concentration of lactic acid in the culture liquid of *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726) was 54.77 g / L, which is comparable with the currently used producers in the industrial production of lactic acid.

Keywords: curd whey, lactic acid, lactic acid bacteria, acid-forming ability

Для цитирования

Бондарева О.В., Толкачева А.А., Некрасова Н.А., Шуваева Г.П., Черенков Д.А., Корнеева О.С. Подбор оптимальных условий биосинтеза молочной кислоты // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 112–117. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-112-117

For citation

Bondareva O.V., Tolkacheva A.A., Nekrasova N.A., Shuvaeva G.P., Cherenkov D.A., Korneeva O.S. Selection of optimal conditions for the lactic acid biosynthesis. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 112–117. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-112-117

Введение

В настоящее время молочная кислота (МК) – промышленно важный продукт, спрос на который растет во всем мире, в том числе в России. Потребность рынка в МК составляет порядка 130–150 тыс. т/год.

Молочную кислоту используют во многих промышленных отраслях, в химической добавляют для синтеза различных соединений (пропионовая и акриловая кислоты, уксусный альдегид и другие) и при изготовлении нейтрализаторов, растворителей, средств от нагара; в пищевой промышленности используют в качестве добавки в изделиях кондитерского и мучного производств, используют при консервации плодоовощных культур, а также в процессе изготовления слабоалкогольных и безалкогольных напитков; в косметической используют в кремах, в средствах против акне, в качестве питающего и отбеливающего компонента; в фармацевтической ее используют при изготовлении диализных растворов и минеральных препаратов, протезов и хирургических нитей, а также в системах контролируемой доставки лекарств. В сельском хозяйстве также отмечают использование молочной кислоты, так ее применяют в качестве добавки, которая способствует снижению уровня заболеваемости и повышению уровня репродуктивности сельскохозяйственных животных и птиц. Особое значение и интерес в современном мире представляют полимеры молочной кислоты, которые используют для получения биоразлагаемого пластика. Такие полимеры оказываются изомерами молочной кислоты и обладают схожими физическими и химическими свойствами с применяемыми в настоящее время полимерами из нефтехимических соединений [1, 5, 7, 11–20].

К сожалению, значительная часть потребности отечественного рынка в МК (40%) удовлетворяется за счёт импорта, так как отсутствуют инновационные технологии для её производства и предприятия, которые обладают возможностью выпускать качественную и высококонцентрированную МК [16].

В настоящее время промышленно молочную кислоту получают двумя способами: микробиологический и синтетический. Целесообразным является микробный синтез, однако, в его технологии основными компонентами выступают ценные сахаросодержащие субстраты (сахароза, меласса, патока), которые оказывают значительное влияние на стоимость конечного продукта. В связи с этим существует очевидная необходимость разработки новых технологий получения молочной кислоты [5, 12, 17, 20].

Получить молочную кислоту можно из отходов молочной промышленности, а именно, молочной сыворотки, в состав которой входит достаточное количество молочного сахара – лактозы, ферментируемой молочнокислыми бактериями в МК [9, 11, 15, 18, 19].

Развитие молочной отрасли способствует увеличению объемов молочной сыворотки, налажено производство её концентрата с увеличенным содержанием лактозы. Это открывает широкую перспективу экономически выгодного и рационального использования сыворотки. Переработка молочной сыворотки в молочную кислоту позволит обеспечить российский рынок ценным продуктом и снизить нагрузку на окружающую среду, так как только 20% сыворотки подвергается переработке, а остальной объём сливается в окружающую среду.

Цель исследования – провести скрининг культур микроорганизмов, способных ферментировать лактозу, содержащуюся в молочной сыворотке, и подобрать состав среды, обеспечивающий максимальный выход молочной кислоты.

Методы и материалы

В эксперименте исследовались штаммы молочнокислых бактерий (МКБ): *Leuconostomesenteroidessubsp. mesenteroides* 122 (B-1699), *Lactobacillus brevis* B-78 (B-5728), *Lactobacillus plantarum* K-9 (B-5466), *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726), *Lactobacillus acidophilus* (B-9012), *Lactobacillus paracasei* БТ 24/88 (B-6253), *Lactobacillus paracasei* 139 (B-2430), полученные из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (НИЦ «Курчатовский институт» – ГосНИИгенетика).

Для восстановления лиофилизированных культур молочнокислых бактерий применяли питательную среду Man-RogosaSharpe (MRS, стандартная) следующего состава (г/л): гидролизат казеина – 10, пептон – 10, глюкоза – 20, дрожжевой экстракт – 5, калий фосфорнокислый двузамещенный – 2, ацетат натрия – 5, цитрат триаммония – 2, сульфат магния – 0,2, $MnSO_4$ – 0,05.

Для изучения накопления молочной кислоты исследуемыми штаммами использовали предварительно освобождённую от белка творожную молочную сыворотку, следующего состава (г/л): молочный жир – 1, белок – 0,70, лактоза – 52, минеральные соли – 9, молочная кислота – 6. Для обогащения сыворотки применяли дрожжевой автолизат и раствор микроэлементов по Федорову (г/л): H_3BO_3 – 5,0; $Na_2MoO_4 \times 2H_2O$ – 5,0; $MnSO_4 \times 4H_2O$; KI – 0,5; NaBr – 0,5; $ZnSO_4 \times 7H_2O$ – 0,2 [4]. Дрожжевой автолизат готовили из прессованных дрожжей, добавляя 2 см³ хлороформа и выдерживая 72 часа при температуре 50 °С [7].

В качестве инокулята использовали культуры молочнокислых бактерий, которые выдерживали на жидкой среде MRS в шейкер-культиваторе Multitron (INFORSHT, Швейцария) при температуре 37 °С в течение 12 часов. Инокулят вносили в количестве 2% от объема среды.

Биосинтез молочной кислоты проводили в лабораторных условиях в шейкере-культиваторе при температуре 37 °С в течение 168 часов. Каждые 12 часов проводится отбор проб для контроля pH, измерение проводили при помощи pH-метра pH-150МИ (ООО «Измерительная техника», Россия). Оптимальное значение pH среды (около 6,7) поддерживали добавлением 20% раствора Ca(OH)₂ [6].

Для определения окончания процесса брожения и максимального накопления молочной кислоты ведут контроль за остатком массовой доли лактозы в среде с помощью рефрактометра. Суть данной методики заключается в том, что молочная кислота обладает способностью преломления проходящего луча света под определенным углом, с учетом исходной концентрации молочного сахара [3,4].

Содержание молочной кислоты определяли с помощью спектрофотометрического метода, предложенного Л.Н. Борщевской с соавторами [10].

Результаты и обсуждение

В результате анализа кислотообразующей способности молочнокислых бактерий (рисунок 1) было установлено, что максимальной кислотообразующей способностью обладает штамм *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726). Содержание МК в культуральной жидкости составило 54.77 г./л, что на 54% выше по сравнению с известными в настоящее время продуцентами МК [6, 17]. По способности синтезировать МК из лактозы творожной сыворотки исследуемые штаммы можно расположить в следующей убывающей последовательности: *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726) – 54.77 г./л, *Lactobacillus brevis* B-78 (B-5728) – 49.39 г./л, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* 122 (B-1699) – 40.60 г./л, *Lactobacillus paracasei* BT 24/88 (B-6253) – 24.59 г./л, *Lactobacillus paracasei* 139 (B-2430) – 14.60 г./л, *Lactobacillus acidophilus* (B-9012) – 11.80 г./л, *Lactobacillus plantarum* K-9 (B-5466) – 6.00 г./л.

Аналогичные результаты были получены при анализе способности штаммов ферментировать лактозу (рисунок 2). Установлено, что штамм *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726) утилизировал 78% лактозы, содержащейся в молочной сыворотке, что на 20% выше относительно других исследуемых штаммов.

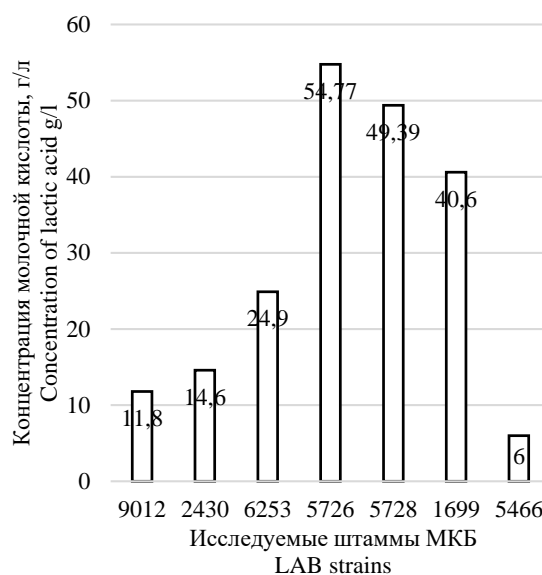


Рисунок 1. Концентрация молочной кислоты в культуральной жидкости исследуемых штаммов через 120 часов культивирования

Figure 1. The concentration of lactic acid in the culture fluid after 120 hours of cultivation

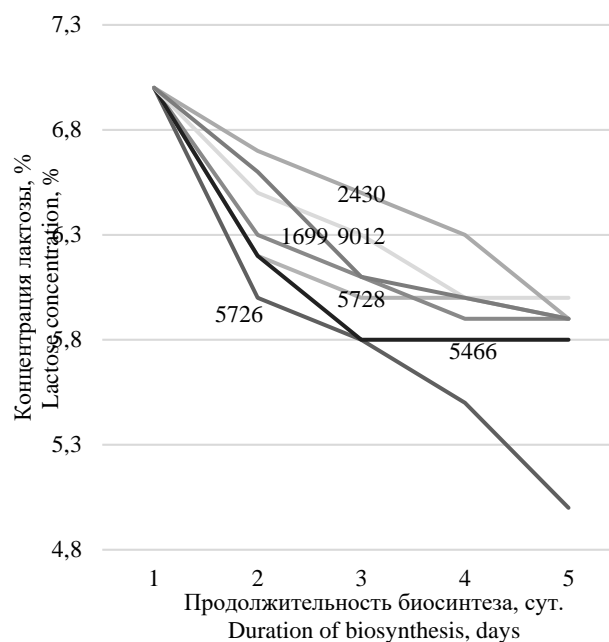


Рисунок 2. Кинетика ассимиляции лактозы (%) культурами исследуемых штаммов

Figure 2. Kinetics of lactose assimilation by the culture of the studied strains

Для определения оптимального состава среды для биосинтеза молочной кислоты штаммом *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726) проводили культивирование в течение 72 ч в питательной среде на основе творожной сыворотки с различным содержанием дрожжевого лизата (таблица 1).

Таблица 1.

Определение оптимальной концентрации дрожжевого автолизата в питательной среде для биосинтеза молочной кислоты штаммом *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726)

Table 1.

Selection of the optimal concentration of yeast autolysate in the nutrient medium for the biosynthesis of lactic acid by the *Lactobacillus casei* C-1 (B 5726) strain

Концентрация дрожжевого автолизата в питательной среде, % The concentration of yeast autolysate in the nutrient medium, %	Концентрация молочной кислоты через 72 ч культивирования, г/л Lactic acid concentration after 72 hours of cultivation, g/l
1	22,2
2,5	24,36
5	27,96
7,5	26,33
10	25,35
15	25,20

В ходе эксперимента выявлено, что достичь конечную максимальную концентрацию молочной кислоты можно путем добавления к питательной среде автолизата дрожжей в количестве 5 % от объема среды.

Для определения оптимальной продолжительности биосинтеза МК штаммом *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726) культуру выращивали на стандартной среде (MRS) при температуре 37 °С в течение 7 суток. Количество МК в культуральной жидкости определяли каждые 12 ч (рисунок 3). Установлено, что максимальное количество молочной кислоты продуцент накапливает к 132 ч роста (54.77 г./л). Дальнейшее культивирование не приводило к значительному увеличению концентрации МК, из чего

следует вывод о целесообразности ограничения продолжительности культивирования *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726) периодом в 132 ч.

Рисунок 3. Кинетика накопления молочной кислоты штаммом *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726)

Figure 3. Kinetics of lactic acid accumulation by *Lactobacillus casei* C 1 (B 5726) strain

Заключение

Исследование кислотообразующей способности штаммов молочнокислых бактерий показало, что из исследованных штаммов наибольшую способность ферментировать лактозу, синтезируя молочную кислоту, проявил *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726), что коррелирует с данными по ассимиляции культурой лактозы. Подобраны оптимальная продолжительность культивирования (132 ч) и концентрация дрожжевого лизата (5%) в питательной среде на основе творожной сыворотки. При оптимальных параметрах максимальная концентрация молочной кислоты в культуральной жидкости *Lactobacillus casei* C-1 (B-5726) составила 54.77 г./л, что сопоставимо с используемыми в настоящее время продуцентами при промышленном производстве МК.

Литература

- 1 Болотенков М.В. Производство молочной кислоты в мембранном биореакторе. М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 2017. 78 с.
- 2 Государственная фармакопея Российской Федерации, XIV издание; под редакцией С.Е. Емшанова. Москва: «Медицина», 2018. 2787 с.
- 3 Горбатова К.К., Гунькова П.И. Химия и физика молока. СПб: ГИОРД, 2012. 336 с.
- 4 ГОСТ 34304–2017 Молоко и молочные продукты. Метод определения лактозы и галактозы (с Поправкой). Москва, Стандартинформ, 2018. 7 с.
- 5 Дуринец А.С. Биологические основы совершенствования культивирования молочнокислых бактерий для разработки высокоэффективной технологии получения молочной кислоты: дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук: 03.01.06. Москва, 2020. 153 с.
- 6 Залашко М.Н. Биотехнология переработки молочной сыворотки. М.: Агропромиздат, 1990. 192 с.
- 7 Квасников Г.И., Нестеренко О.А. Молочнокислые бактерии и пути их использования. М: Агвопоомиздат, 2015. 208 с.
- 8 Пат. № 2000109701, RU, С12P 7/56. Способ получения молочной кислоты / Исакова Д.М. № 2000109701/13; Заявл. 20.04.2000; Оpubл. 20.10.2001.
- 9 Самуйленко А.Я., Еремец В.Е., Гринь С.А., Шинкарев С.М. и др. Промышленные способы биотехнологического получения и выделения молочной кислоты // Вестник технологического университета. 2017. С. 123–126.
- 10 Борщевская Л.Н., Гордеева Т.Л., Калинина А.Н., Синецкий С.П. Спектрофотометрическое определение молочной кислоты // Журнал аналитической химии. 2016. С. 787–780.

- 11 Hujanen M., Linko Y.-Y. Effect of temperature and various nitrogen sources on L (+)-lactic acid production by *Lactobacillus casei* // *Appl Microbiol Biotechnol*. 1995. P. 307–313.
- 12 Fitzpatrick J.J., Ahrens M., Smith S. Effect of manganese on *Lactobacillus casei* fermentation to produce lactic acid from whey permeate // *Process Biochemistry*. 2001. V. 36. №7. P. 671 – 675.
- 13 Rocha-Mendoza D., Kosmerl E., Krentz A., Zhang L. et al. Invited review: Acid whey trends and health benefits // *Journal of Dairy Science*. 2021. V. 104. №. 2. P. 1262-1275. doi: 10.3168/jds.2020-19038
- 14 Litchfield J.H. Lactic Acid, Microbially Produced // *Encyclopedia of Microbiology*. 2009. P. 362–372.
- 15 Ago K.-I., Hasegawa S., Azuma M., Takahashi K. Lactic acid fermentation from rice by adopting food wastes as nutrients // *Journal of Chemical Engineering of Japan*. 2007. V. 40. №2. P. 164 – 167.
- 16 Amrane A., Prigent Y. Lactic acid production from lactose in batch culture: analysis of the data with the help of a mathematical model; relevance for nitrogen source and preculture assessment // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 1994. V. 40. №5. P. 644–649.
- 17 Coelho L.F., Bernardo M.P., de Oliveira P.M. et al. Lactic acid production from renewable resources // *Lactic Acid: Production, Properties and Health Effects*. 2012. P 47–64.
- 18 Kwon S., Lee P.C., Lee E.G., Keun Chang Y. et al. Production of lactic acid by *Lactobacillus rhamnosus* with vitamin-supplemented soybean hydrolysate // *Enzyme and Microbial Technology*. 2000. V. 26. №2. P. 209–215.
- 19 Smithers G.W. Whey-ing up the options - Yesterday, today and tomorrow // *Int. Dairy J*. 2015. V. 48. P. 2-14. doi: 10.1016/j.idairyj.2015.01.011
- 20 Gharwalová L., Paulová L., Patakova P., Branská B. et al. Use of wheat straw and chicken feather hydrolysates as a complete medium for lactic acid production // *Czech Journal of Food Sciences*. 2018. V. 36. №. 2. P. 146-153. doi: 10.17221/461/2017-CJFS

References

- 1 Bolotnikov M.V. Production of lactic acid in a membrane bioreactor. Moscow, TsNIITEImyasomolprom, 2017. 78 p. (in Russian).
- 2 State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIV edition; under. edited by S.E. Emshanova. Moscow, Medicine, 2018. 2787 p. (in Russian).
- 3 Gorbatova K.K., Gunkova P.I. Chemistry and physics of milk. St. Petersburg, GIORD, 2012. 336 p. (in Russian).
- 4 GOST 34304–2017. Milk and dairy products. Method for determination of lactose and galactose (Amended). Moscow, Standartinform, 2018. 7 p. (in Russian).
- 5 Durinets A.S. Biological bases for improving the cultivation of lactic acid bacteria for the development of a highly efficient technology for the production of lactic acid: dis. for the competition scientist step. cand. biol. Sciences: 03.01.06. Moscow, 2020. 153 p. (in Russian).
- 6 Zalashko M.N. Biotechnology of whey processing. Moscow, Agropromizdat, 1990. 192 p. (in Russian).
- 7 Kvasnikov G.I., Nesterenko O.A. Lactic acid bacteria and ways of their use. Moscow, Agvopoomizdat, 2015. 208 p. (in Russian).
- 8 Isakova D.M. Method for obtaining lactic acid. Patent RF, no. 2000109701, 2001.
- 9 Samuylenko A.Ya., Eremets V.E., Grin S.A., Shinkarev S.M. and other Industrial methods of biotechnological production and isolation of lactic acid. *Bulletin of the Technological University*. 2017. pp. 123–126. (in Russian).
- 10 Borshchevskaya L.N., Gordeeva T.L., Kalinina A.N., Sineoky S.P. Spectrophotometric determination of lactic acid. *Journal of Analytical Chemistry*. 2016. pp. 787–780. (in Russian).
- 11 Hujanen M., Linko Y.-Y. Effect of temperature and various nitrogen sources on L (+)-lactic acid production by *Lactobacillus casei*. *Appl Microbiol Biotechnol*. 1995. pp. 307–313.
- 12 Fitzpatrick J.J., Ahrens M., Smith S. Effect of manganese on *Lactobacillus casei* fermentation to produce lactic acid from whey permeate. *Process Biochemistry*. 2001. vol. 36. no. 7. pp. 671 – 675.
- 13 Rocha-Mendoza D., Kosmerl E., Krentz A., Zhang L. et al. Invited review: Acid whey trends and health benefits. *Journal of Dairy Science*. 2021. vol. 104. no. 2. pp. 1262-1275. doi: 10.3168/jds.2020-19038
- 14 Litchfield J.H. Lactic Acid, Microbially Produced. *Encyclopedia of Microbiology*. 2009. pp. 362–372.
- 15 Ago K.-I., Hasegawa S., Azuma M., Takahashi K. Lactic acid fermentation from rice by adopting food wastes as nutrients. *Journal of Chemical Engineering of Japan*. 2007. vol. 40. no. 2. pp. 164 – 167.
- 16 Amrane A., Prigent Y. Lactic acid production from lactose in batch culture: analysis of the data with the help of a mathematical model; relevance for nitrogen source and preculture assessment. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 1994. vol. 40. no. 5. pp. 644–649.
- 17 Coelho L.F., Bernardo M.P., de Oliveira P.M. et al. Lactic acid production from renewable resources. *Lactic Acid: Production, Properties and Health Effects*. 2012. pp. 47–64.
- 18 Kwon S., Lee P.C., Lee E.G., Keun Chang Y. et al. Production of lactic acid by *Lactobacillus rhamnosus* with vitamin-supplemented soybean hydrolysate. *Enzyme and Microbial Technology*. 2000. vol. 26. no. 2. pp. 209–215.
- 19 Smithers G.W. Whey-ing up the options - Yesterday, today and tomorrow. *Int. Dairy J*. 2015. vol. 48. pp. 2-14. doi: 10.1016/j.idairyj.2015.01.011
- 20 Gharwalová L., Paulová L., Patakova P., Branská B. et al. Use of wheat straw and chicken feather hydrolysates as a complete medium for lactic acid production. *Czech Journal of Food Sciences*. 2018. vol. 36. no. 2. pp. 146-153. doi: 10.17221/461/2017-CJFS

Сведения об авторах

Ольга В. Бондарева м.н.с., лаборатория метагеномики и пищевой биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, bond.vrn15@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7051-9858>

Анна А. Толкачева м.н.с., лаборатория метагеномики и пищевой биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, anna-biotech@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0725-6482>

Нина А. Некрасова м.н.с., лаборатория метагеномики и пищевой биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nekrasovaninelya@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0434-3839>

Галина П. Шуваева доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gpshuv@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4294-8209>

Дмитрий А. Черенков д.б.н., профессор, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, d.cherenkov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8564-8919>

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@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2863-0771>

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

Olga V. Bondareva researcher, laboratory of metagenomics and food biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, bond.vrn15@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7051-9858>

Anna A. Tolkacheva researcher, laboratory of metagenomics and food biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, anna-biotech@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0725-6482>

Nina A. Nekrasova researcher, laboratory of metagenomics and food biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nekrasovaninelya@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0434-3839>

Galina P. Shuvaeva associate professor, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gpshuv@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4294-8209>

Dmitry A. Cherenkov Dr. Sci. (Biol.), professor, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, d.cherenkov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8564-8919>

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@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2863-0771>

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 10/12/2021	После редакции 12/01/2022	Принята в печать 18/02/2022
Received 10/12/2021	Accepted in revised 12/01/2022	Accepted 18/02/2022

Инновационные безалкогольные напитки из натурального растительного сырья

Мария В. Бабаева	1	m-babaeva@mail.ru	 0000-0003-2258-3828
Светлана В. Жуковская	1	zhu2165@yandex.ru	 0000-0002-2324-6340
Дмитрий А. Казарцев	1	kda_79@mail.ru	 0000-0001-6597-2327
Владимир М. Жиров	2	zhirov.vladimir@rosspirtprom.ru	 0000-0002-8519-1082
Наталья Л. Клейменова	3	klesha78@list.ru	 0000-0002-1462-4055
Надежда Н. Попова	3	smaginan@bk.ru	 0000-0001-7532-6863

1 Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия







2 АО «РОСПИРТПРОМ» Кутузовский проспект, 34, стр. 21, г. Москва, 121170, Россия

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

Аннотация. Исследования позволили разработать технологию производства безалкогольных напитков с использованием натурального растительного сырья. Для приготовления безалкогольного натурального напитка прямого заваривания было выбрано следующее растительное сырье: ромашка, апельсин, лимонник, валериана, корица, имбирь, роза, каркаде, шиповник, ханибуш. В результате исследования состава ингредиентов, было установлено, что данное сырье богато витаминами, макро- и микроэлементами, органическими кислотами, дубильными веществами, пищевыми волокнами, флавонолами и другими функциональными веществами. При этом в них содержится небольшое количество калорий. Благодаря наличию в составе плодов шиповника бензойной кислоты, в составе апельсина – сорбиновой кислоты, напиток будет стабилизирован, так как они являются природными консервантами. Также апельсиновая корка, каркаде придают напитку вкус и приятный аромат. Таким образом рассмотренное сырье является благоприятным объектом, чтобы создать на их основе безалкогольный напиток. Напитки на основе этих натуральных растительных ингредиентов будут пользоваться спросом у людей, следящих за своим здоровьем. При проведении эксперимента были составлены по три экспериментальных купажа для двух напитков, с различным содержанием ромашки, апельсина, лимонника, валерианы, корицы, имбиря и розы, каркаде, шиповника, ханибуша, лимонника. По органолептическим показателям был выбран один вариант для каждого напитка. Изучены органолептические и физико-химические показатели готового продукта – натурального безалкогольного напитка прямого заваривания. На основе проведенных исследований была смоделирована технологическая схема получения безалкогольного напитка прямого заваривания. Разработана технологическая документация на напитки.

Ключевые слова: безалкогольный напиток, растительное сырье, технология, технология, органолептические показатели

Innovative soft beverages made from natural vegetable raw materials

Maria V. Babaeva	1	m-babaeva@mail.ru	 0000-0003-2258-3828
Svetlana V. Zhukovskaya	1	zhu2165@yandex.ru	 0000-0002-2324-6340
Dmitry A. Kazartsev	1	kda_79@mail.ru	 0000-0001-6597-2327
Vladimir M. Zhirov	2	zhirov.vladimir@rosspirtprom.ru	 0000-0002-8519-1082
Natalya L. Kleymenova	3	klesha78@list.ru	 0000-0002-1462-4055
Nadezhda N. Popova	3	smaginan@bk.ru	 0000-0001-7532-6863

1 K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (The First Cossack University) 73 Zemlyanoy Val street, Moscow, 109004, Russia

2 АО «РОСПИРТПРОМ» Kutuzovsky Prospekt, 34, p. 21, Moscow, 121170, Russia

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

Abstract. The research made it possible to develop a technology for the production of soft beverages using natural vegetable raw materials. To prepare a non-alcoholic natural drink of direct brewing, the following vegetable raw materials were selected: chamomile, orange, lemongrass, valerian, cinnamon, ginger, rose, karkade, rosehip, honeybush. As a result of the study of the composition of the ingredients, it was found that this raw material is rich in vitamins, macro- and microelements, organic acids, tannins, dietary fibers, flavonols and other functional substances. At the same time, they contain a small amount of calories. Due to the presence of benzoic acid in the composition of rosehip fruits, sorbic acid in the composition of orange, the drink will be stabilized, since they are natural preservatives. Also, orange peel, karkade give the drink a taste and a pleasant aroma. Thus, the considered raw materials are a favorable object to create a soft drink based on them. Beverages based on these natural herbal ingredients will be in demand among people who take care of their health. During the experiment, three experimental blends were made for two beverages, with different contents of chamomile, orange, lemongrass, valerian, cinnamon, ginger and rose, karkade, rosehip, honeybush, lemongrass. According to the organoleptic parameters, one option was selected for each drink. The organoleptic and physico-chemical parameters of the finished product - a natural soft drink of direct brewing - have been studied. Based on the conducted research, a technological scheme for obtaining a soft drink based on the direct brewing method was modeled. Technological documentation for beverages has been developed.

Keywords: soft drink, vegetable raw materials, technology, technology, organoleptic indicators

Для цитирования

Бабаева М.В., Жуковская С.В., Казарцев Д.А., Жиров В.М., Клейменова Н.Л., Попова Н.Н. Инновационные безалкогольные напитки из натурального растительного сырья // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1 С. 118–124. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-118-124

For citation

Babaeva M.V., Zhukovskaya S.V., Kazartsev D.A., Zhirov V.M., Kleymenova N.L., Popova N.N. Innovative soft beverages made from natural vegetable raw materials. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 118–124. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-118-124

Введение

Безалкогольные напитки составляют важную часть рациона человека. В последнее время наметилась стойкая тенденция к обогащению напитков веществами, полезными для организма. В соответствии с Государственной программой «Здоровое питание-здоровье нации», приоритетным направлением рассматриваемой области считается расширение ассортимента низкокалорийных натуральных напитков для потребителей, следящих за своим здоровьем. Разработка этой группы продуктов диктуется насущной потребностью современного рынка, необходимостью оптимизации питания и здоровья, имеет важное значение ввиду резко возросших под влиянием современных причин больших нагрузок на адаптационные способности организма человека [1].

Исследователи и специалисты большинства отраслей пищевой промышленности, фармацевтики, медицины уделяют большое внимание проблемам питания, что связано с успехами фундаментальных наук: биохимии, клеточной биологии, геномики в установлении наличия взаимосвязи между отдельными биологически активными компонентами пищи и функциональной активностью органов и систем организма и человека.

Важнейшая роль отдается напиткам из натуральных ингредиентов, которые выполняют различные биологические роли в организме человека. В связи с необходимостью выпуска конкурентоспособной продукции отечественные специалисты ведут работу по созданию новых технологий напитков, расширению ассортимента, повышению качества продукции и улучшению ее оформления. Причем особенно следует отметить тенденцию все более к широкому использованию натурального растительного сырья. Современные запросы промышленности требуют специально подготовленных для производства напитков полуфабрикатов из растительного сырья с целью получения продукции высокой стойкости или целевого извлечения веществ из растительного сырья для получения напитков общего значения, функциональных напитков или продукции адресной направленности (дети разных возрастных групп, спортсмены и т.д.) [2, 3].

При классификации безалкогольных напитков имеются определенные трудности в классификации функциональных напитков, т. к. одни и те же напитки могут входить

в разные классификационные группы. Ученые предлагают к функциональным напиткам отнести напитки общеукрепляющего, профилактического, адаптогенного и специального назначения [4, 5].

При производстве безалкогольных напитков использование лекарственного и пряно-ароматического растительного сырья приводит к обогащению натуральными функциональными ингредиентами, и такие напитки обладают общеукрепляющими и лечебно-профилактическими свойствами [6–9].

Материалы и методы

В качестве ингредиентов было использовано растительное сырье в высушенном виде. Были отобраны сухие ингредиенты ромашки, апельсиновой корки, лимонника, валерианы, корицы, имбиря, розы, каркаде, шиповника, ханибуша, лимонника. Для обеспечения формирования оригинального вкуса и сладости, мы вводили сахар и лимонную кислоту. Физико-технологические и органолептические показатели в безалкогольных напитках определяли по ГОСТ 6687.2–90 и ГОСТ 6687.4–86.

Результаты и обсуждение

На первом этапе были изучены составы лекарственного растительного сырья для создания фитокомпозиций, которые могут улучшить органолептические характеристики. Для обеспечения формирования оригинального вкуса и сладости, мы вводили сахар и лимонную кислоту.

Растительное сырье измельчали и подвергали тепловому воздействию, а затем использовали в купажи [10].

Были изучены органолептические и физико-химические показатели готовых продуктов – безалкогольного напитка из ромашки, апельсиновой корки, лимонника, валерианы, корицы, имбиря (вариант 1) и безалкогольного напитка из розы, каркаде, шиповника, ханибуша, лимонника (вариант 2).

Были отобраны 2 варианта напитков и определены технохимические и органолептические показатели.

Для оценки качества полученного безалкогольного, были проведены исследования по определению органолептических, физико-химических показателей готового напитка.

Техно-химические показатели готового напитка представлены в таблице 3.

Пищевая ценность напитков представлена в таблице 4.

Таблица 1.
Характеристика образцов по органолептическим показателям для варианта 1

Table 1.

Characteristics of samples by organoleptic indicators for option 1

Показатель Index	Образец | Sample		
	1	2	3
Внешний вид и консистенция Appearance and texture	Прозрачный, легкий опал и незначительный осадок естественного происхождения Clear, light opal and slight natural sediment		
Вкус и аромат Taste and aroma	Яркий приятный аромат, слишком кислый | Bright pleasant aroma, too sour	Выраженный аромат валерианы, неслаженный вкус Pronounced aroma of valerian, unbalanced taste	Яркий, гармоничный вкус, с тонами розмарина, Слаженный, с приятной кислинкой | Bright, harmonious taste, with tones of rosemary, Well-balanced, with a pleasant sourness
Цвет | Color	Светло-коричневый, соломенный | Light brown, straw		

Таблица 2.
Характеристика образцов по органолептическим показателям для варианта 2

Table 2.

Characteristics of samples by organoleptic indicators for option 2

Показатель Index	Образец | Sample		
	1	2	3
Внешний вид и консистенция Appearance and texture	Прозрачный, возможен легкий опал и незначительный осадок естественного происхождения | Clear, slight opal and slight natural sedimentation possible		
Вкус и аромат Taste and aroma	Преобладает вкус лимонника, слишком кислый | Lemongrass flavor prevails, too sour	Аромат приятный, пустоватый вкус, не хватает кислинки | The aroma is pleasant, empty taste, not enough sourness	Нежный аромат, сложный, гармоничный, сладкий вкус, с приятной кислинкой, легким привкусом розы | Delicate aroma, complex, harmonious, sweet taste, with pleasant sourness, slight aftertaste of rose
Цвет | Color	Темно-розовый с гранатовым оттенком | Dark pink with garnet hues		

Таблица 3.
Физико-химические показатели напитков

Table 3.

Physicochemical indicators of beverages

Варианты напитков Drink options	Наименование показателей The name of indicators	Значение Value
Вариант 1 Option 1	Массовая доля сухих веществ в напитках | Mass fraction of solids in drinks	8,0
	Кислотность, см ³ раствора гидроокиси натрия концентрацией 1 моль/дм ³ на 100 см ³ | Acidity, cm ³ of sodium hydroxide solution with a concentration of 1 mol/dm ³ per 100 cm ³	2,0
Вариант 2 Option 2	Массовая доля сухих веществ в напитках | Mass fraction of solids in drinks	7,0
	Кислотность, см ³ раствора гидроокиси натрия концентрацией 1 моль/дм ³ на 100 см ³ | Acidity, cm ³ of sodium hydroxide solution with a concentration of 1 mol/dm ³ per 100 cm ³	2,0

Таблица 4.
Пищевая ценность напитков

Table 4.

Nutritional value of beverages

Содержание в 100 г. продукта Content in 100 g of product	Белок, г Protein, g	Жир, г Fat, g	Углеводы, г Carbohydrates, g	Калорийность, ккал Calorie content, kcal
Вариант 1 | Option 1	–	–	7,0	28, 7
Вариант 2 | Option 2	–	–	7,0	29, 7

За счет использования в рецептуре таких ингредиентов, как ромашка, апельсиновая корка, лимонник, валериана, корица, имбирь, роза, каркаде, шиповник, ханибуш безалкогольные напитки вышли с большим количеством биологически активных веществ: эфиров, минеральных веществ, микроэлементов, алкалоидов, биогенных аминов и других веществ. Остальные показатели и допустимые отклонения соответствуют требованиям ГОСТ 28188–2014.

На основании проведенных исследований предложена технология безалкогольного напитка на основе натурального растительного сырья (рисунок 1).

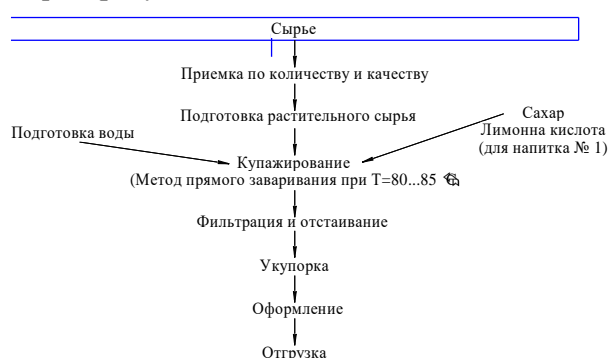


Рисунок 1. Технологическая схема производства натурального безалкогольного напитка прямого заваривания

Figure 1. Technological scheme for the production of a natural soft drink direct brewing

Схема включает: приемку сырья; подготовку воды; приготовление напитка; розлив, укупорку, бракераж, наклейку этикеток и передачу готовой продукции на склад; хранение и транспортирование готовой продукции.

Приемка сырья. Приемку сырья проводят в соответствии с требованиями нормативных и технологических документов на каждые виды сырья.

Подготовка воды. Подготовку воды выполняют в соответствии с «Технологической инструкцией по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков» по ТИ 10–5031536–73–90 на оборудовании по водоподготовке, позволяющие получить воду, которые отвечают требованиям, указанным в ТИ 10–5031536–73–90.

Приготовление сахарного сиропа. Расчетную массу сахара и лимонной кислоты задают в купаже безалкогольного напитка в виде сахарного сиропа, в количестве, необходимом для приготовления данного вида напитка. Для напитка № 2 лимонная кислота не используется.

Для подготовки сахарного сиропа назначенной массовой доли сухих веществ рассчитывается требуемое количество сахара и подготовленной воды на одну варку.

Приготовление купажа напитка. Купаж напиток готовят путем интенсивного перемешивания компонентов в количествах, которые обеспечивают получение органолептических характеристик (вкус, цвет, запах) и физико-химических показателей натурального безалкогольного напитка. Предварительно все оборудование, включая трубопроводы, запорную и регулирующую арматуру, должны быть тщательно перепроверено на герметичность, вымыто, продезинфицировано и повторно промыто водой.

Для подготовки безалкогольного натурального напитка растительные ингредиенты: сырье смешивают с подготовленной водой в соотношении 1:5, добавляют расчетное количество сахарного сиропа, в который при варке при необходимости добавляли лимонную кислоту, доводят подготовленной водой до заданного объема, в соответствии с рецептурой, и нагревают (не доводя до кипения) купаже до температуры 85...90 °С, настаивают (томят) при данной температуре 4...5 минут, оставляют на самоотстаивание на 45 мин и подают на фильтрацию.

Затем безалкогольный напиток из форфаса, при соблюдении правил асептики (в стерильной среде), направляют на горячий розлив и стерильную укупорку.

Розлив. Розлив безалкогольного напитка производится горячим способом при температуре 80...85 °С для стабилизации в вымытые теплые стеклянные бутылки вместимостью 0,5 дм³, с помощью линейных разливающих машин. Далее бутылки немедленно укупориваются. Готовый напиток охлаждают до 10 °С.

Рекомендуемый срок годности продукции при температуре хранения от 0 до +8 °С с момента изготовления – 12 месяцев со дня розлива. Срок годности напитка безалкогольного после вскрытия бутылки составляет 48 часов, при условии хранения при температуре 0 до +8 °С.

Исследования показали, что, подобранное сырье ромашка, апельсин, лимонник, валериана, корица, имбирь, роза, каркаде, шиповник, ханибуш позволило разработать технологию безалкогольных напитков, которые будут способствовать улучшению обменных процессов, так как содержат комплекс витаминов, антиоксидантов, фенольных и минеральных веществ, необходимых в питании всех возрастных категорий людей и имеет профилактическую направленность за счет содержания витаминов (С, РР, К, биотин, А, витамины группы В), микроэлементов и бактерицидных веществ.

По итогам Международной выставки «Продэкспо-2020» второй вариант представленного безалкогольного напитка получил золотую медаль и Диплом лауреата международного конкурса «Лучший продукт года».

Заключение

1. Для приготовления безалкогольного натурального напитка прямого заваривания было выбрано следующее растительное сырье: ромашка, апельсин, лимонник, валериана, корица, имбирь, роза, каркаде, шиповник, ханибуш. В результате исследования состава ингредиентов, было установлено, что данное сырье богато витаминами, макро- и микроэлементами, органическими кислотами, дубильными веществами, пищевыми волокнами, флавонолами и другими функциональными веществами. При этом в них содержится небольшое количество калорий. Благодаря наличию в составе плодов шиповника бензойной кислоты, в составе апельсина – сорбиновой кислоты, напиток будет стабилизирован, так как они являются природными консервантами. Также апельсиновая корка, каркаде придают напитку вкус и приятный аромат. Таким образом, рассмотренное сырье является благоприятным объектом, чтобы создать на их основе безалко-

гольный напиток из натурального растительного сырья. Напитки на основе этих натуральных растительных ингредиентов будут пользоваться спросом у людей, следящих за своим здоровьем.

2. При проведении эксперимента были составлены по три экспериментальных купажа для двух напитков, с различным содержанием ромашки, апельсина, лимонника, валерианы, корицы, имбиря и розы, каркаде, шиповника, ханибуша, лимонника. По органолептическим показателям был выбраны 2 вариант напитков.

3. Изучены органолептические и физико-химические показатели готового продукта – натурального безалкогольного напитка прямого заваривания.

4. На основе проведенных исследований была смоделирована технологическая схема получения безалкогольного напитка на основе метода прямого заваривания.

5. Разработана технологическая документация на напитки.

Литература

- 1 О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204.
- 2 Владыкин В. Обзор российского рынка безалкогольных напитков // Исследования компании Euromonitor International. 2016. С. 4.
- 3 Габинская О.С. Значение факторов конкурентоспособности в модели принятия решения о покупке // Пищевая промышленность. 2016. № 12. С. 74–75.
- 4 Котова Т.В., Котова Н.И. Классификация безалкогольных тонизирующих напитков // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2016. № 2 (37). С. 83–87.
- 5 Орещенко А.В., Дурнев А.Д. Пищевая комбинаторика – теория разработки новых видов безалкогольных напитков // Пищевая промышленность. 2016. № 12. С. 15–17.
- 6 Драпкина Г.С., Кравченко С.Н., Постолова М.А. Технология производства функциональных напитков // Современные наукоемкие технологии. 2007. № 9. С. 78–79.
- 7 Оганесянц Л.А., Панасюк А.Л.Э., Гернет М.В., Зайнуллин Р.А., Кунакова Р.В. Технология безалкогольных напитков. СПб: Издательство «ГИОРД», 2012. 27 с.
- 8 Тананайко Т.М., Юрченко А.А. Новые функциональные безалкогольные напитки брожения // Эпоха науки. 2019. № 20. С. 198–207.
- 9 Удалова Л.П., Догаева Л.А., Юрикова Е.В. Инновационные виды безалкогольных напитков для функционального питания // Успехи современного естествознания. 2016. № 11 (часть 1). С. 33–37.
- 10 Домарецкий В.А. Технология экстрактов, концентратов и напитков из растительного сырья // Пищевая промышленность. 2013. № 5. С. 4.
- 11 Ashurst P.R. Chemistry and technology of soft drinks and fruit juices. John Wiley & Sons, 2016.
- 12 Azmir J., Zaidul I.S.M., Rahman M.M., Sharif K.M. et al. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review // Journal of food engineering. 2013. V. 117. №. 4. P. 426-436. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014
- 13 Dziki D., Różyło R., Gawlik-Dziki U., Świeca M. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds // Trends in Food Science & Technology. 2014. V. 40. №. 1. P. 48-61. doi: 10.1016/j.tifs.2014.07.010
- 14 Piorowski D.T., McClements D.J. Beverage emulsions: Recent developments in formulation, production, and applications // Food Hydrocolloids. 2014. V. 42. P. 5-41. doi: 10.1016/j.foodhyd.2013.07.009
- 15 Pisoschi A.M., Pop A., Cimpeanu C., Predoi G. Antioxidant capacity determination in plants and plant-derived products: A review // Oxidative medicine and cellular longevity. 2016. V. 2016. doi: 10.1155/2016/9130976
- 16 Vinatoru M., Mason T.J., Calinescu I. Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials // TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2017. V. 97. P. 159-178. doi: 10.1016/j.trac.2017.09.002
- 17 Lourenço S. C., Moldão-Martins M., Alves V. D. Antioxidants of natural plant origins: From sources to food industry applications // Molecules. 2019. V. 24. №. 22. P. 4132. doi: 10.3390/molecules24224132
- 18 Izah S.C., Inyang I.R., Angaye T.C., Okowa I.P. A review of heavy metal concentration and potential health implications of beverages consumed in Nigeria // Toxics. 2017. V. 5. №. 1. P. 1. doi: 10.3390/toxics5010001
- 19 Monteiro C.A., Cannon G., Moubarac J.C., Martins A.P.B. et al. Dietary guidelines to nourish humanity and the planet in the twenty-first century. A blueprint from Brazil // Public health nutrition. 2015. V. 18. №. 13. P. 2311-2322. doi: 10.1017/S1368980015002165


20 Martins N., Roriz C.L., Morales P., Barros L. et al. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices // Trends in Food Science & Technology. 2016. V. 52. P. 1-15. doi: 10.1016/j.tifs.2016.03.009

References


- 1 On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024: Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2018 No. 204. (in Russian).
- 2 Vladykin V. Overview of the Russian market of soft drinks. Research by Euromonitor International. 2016. pp. 4. (in Russian).
- 3 Gabinskaya O.S. The value of competitiveness factors in the purchasing decision model. Food industry. 2016. no. 12. pp. 74–75. (in Russian).
- 4 Kotova T.V., Kotova N.I. Classification of non-alcoholic tonic drinks. Technology and commodity science of innovative food products. 2016. no. 2 (37). pp. 83–87. (in Russian).
- 5 Oreshchenko A.V., Durnev A.D. Food combinatorics - the theory of the development of new types of soft drinks. Food industry. 2016. no. 12. pp. 15–17. (in Russian).
- 6 Drapkina G.S., Kravchenko S.N., Postolova M.A. Technology for the production of functional drinks. Modern science-intensive technologies. 2007. no. 9. pp. 78–79. (in Russian).
- 7 Oganeyanits L.A., Panasyuk A.L.E., Gernet M.V., Zainullin R.A., Kunakova R.V. Technology of soft drinks. St. Petersburg, GIOR Publishing House, 2012. 27 p. (in Russian).
- 8 Tananaiko T.M., Yurchenko A.A. New functional non-alcoholic fermented drinks. Epoch of Science. 2019. no. 20. pp. 198–207. (in Russian).
- 9 Udalova L.P., Dogaeva L.A., Yurikova E.V. Innovative types of soft drinks for functional nutrition. Successes of modern natural science. 2016. no. 11 (part 1). pp. 33–37. (in Russian).
- 10 Domaretsky V.A. Technology of extracts, concentrates and drinks from vegetable raw materials. Food industry. 2013. no. 5. pp. 4. (in Russian).
- 11 Ashurst P.R. Chemistry and technology of soft drinks and fruit juices. John Wiley & Sons, 2016.
- 12 Azmir J., Zaidul I.S.M., Rahman M.M., Sharif K.M. et al. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. Journal of food engineering. 2013. vol. 117. no. 4. pp. 426-436. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014
- 13 Dziki D., Różyło R., Gawlik-Dziki U., Świeca M. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. Trends in Food Science & Technology. 2014. vol. 40. no. 1. pp. 48-61. doi: 10.1016/j.tifs.2014.07.010
- 14 Piorkowski D.T., McClements D.J. Beverage emulsions: Recent developments in formulation, production, and applications. Food Hydrocolloids. 2014. vol. 42. pp. 5-41. doi: 10.1016/j.foodhyd.2013.07.009
- 15 Pisoschi A.M., Pop A., Cimpeanu C., Predoi G. Antioxidant capacity determination in plants and plant-derived products: A review. Oxidative medicine and cellular longevity. 2016. vol. 2016. doi: 10.1155/2016/9130976
- 16 Vinatoru M., Mason T.J., Calinescu I. Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2017. vol. 97. pp. 159-178. doi: 10.1016/j.trac.2017.09.002
- 17 Lourenço S. C., Moldão-Martins M., Alves V. D. Antioxidants of natural plant origins: From sources to food industry applications. Molecules. 2019. vol. 24. no. 22. pp. 4132. doi: 10.3390/molecules24224132
- 18 Izah S.C., Inyang I.R., Angaye T.C., Okowa I.P. A review of heavy metal concentration and potential health implications of beverages consumed in Nigeria. Toxics. 2017. vol. 5. no. 1. pp. 1. doi: 10.3390/toxics5010001
- 19 Monteiro C.A., Cannon G., Moubarac J.C., Martins A.P.B. et al. Dietary guidelines to nourish humanity and the planet in the twenty-first century. A blueprint from Brazil. Public health nutrition. 2015. vol. 18. no. 13. pp. 2311-2322. doi: 10.1017/S1368980015002165
- 20 Martins N., Roriz C.L., Morales P., Barros L. et al. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. Trends in Food Science & Technology. 2016. vol. 52. pp. 1-15. doi: 10.1016/j.tifs.2016.03.009

Сведения об авторах

Мария В. Бабаева к.т.н., доцент, кафедра технологии виноделия, бродильных производств и химии имени Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, m-babaeva@mail.ru


 <https://orcid.org/0000-0003-2258-3828>

Светлана В. Жуковская к.х.н., доцент, кафедра технологии виноделия, бродильных производств и химии имени Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, zhu2165@yandex.ru


 <https://orcid.org/0000-0002-2324-6340>

Information about authors

Maria V. Babaeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of technology of winemaking, fermentation and chemistry named after G.G. Agabalyantsa, K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management, Zemlyanoy Val street 73, Moscow, 109004, Russia, m-babaeva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2258-3828>

Svetlana V. Zhukovskaya Cand. Sci. (Chem.), associate professor, department of technology of winemaking, fermentation and chemistry named after G.G. Agabalyantsa, K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management, Zemlyanoy Val street 73, Moscow, 109004, Russia, zhu2165@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2324-6340>

Дмитрий А. Казарцев к.т.н., доцент, кафедра технологии виноделия, броидильных производств и химии имени Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, kda_79@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6597-2327>

Владимир М. Жиров к.т.н., доцент, нач. отдела стандартизации, АО «РОССПИРТПРОМ», Кутузовский пр-т, 34, стр. 21, г. Москва, 121170, Россия, zhirov.vladimir@rosspirtprom.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8519-1082>

Наталья Л. Клейменова к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и технологий 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>

Надежда Н. Попова к.т.н., доцент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, smaginan@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7532-6863>

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.

Dmitry A. Kazartsev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of technology of winemaking, fermentation and chemistry named after G.G. Agabalyantsa, K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management, Zemlyanoy Val street 73, Moscow, 109004, Russia, kda_79@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6597-2327>

Vladimir M. Zhirov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, beginning. department, JSC "ROSSPIRTPROM", Kutuzovsky ave., 34, building 21, Moscow, 121170, Russia, zhirov.vladimir@rosspirtprom.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8519-1082>

Natalya L. Kleyменова 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>

Nadezhda N. Popova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, smaginan@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7532-6863>

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 14/01/2022	После редакции 07/02/2022	Принята в печать 01/03/2022
Received 14/01/2022	Accepted in revised 07/02/2022	Accepted 01/03/2022

Обоснование эффективности применения гидратированных порошков моркови и свеклы в технологии опары для бараночных изделий

Антон В. Тихий	¹	antontikhiy@yandex.ru	 0000-0002-0890-3728
Надежда В. Баракова	¹	n.barakova@mail.ru	 0000-0001-7296-8609
Евгений А. Самоделкин	²	smdlkn@inbox.ru	 0000-0001-9576-4940




¹ Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО), ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 197101, Россия

² Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» - Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», ул. Шпалерная, 49, Санкт-Петербург, 191015, Россия

Аннотация. Исследовано два способа внесения порошков моркови и свеклы в опару бараночных изделий: внесение сухих порошков и предварительно гидратированных. Исследовали водоудерживающие свойства порошков моркови и свеклы и изменение подъемной силы дрожжей при внесении перед брожением опары не гидратированных и гидратированных порошков. Для проведения экспериментов использовали порошки моркови и свеклы компании ООО "Витбиокор", среднеинтегральный размер частиц в порошке моркови составил 85–95 мкм; в порошке свеклы – 95–105 мкм. Использовали также муку высшего сорта «Предпортовая» производителя АО "Петербургский мельничный комбинат" и дрожжи хлебопекарные прессованные производителя ОАО «Комбинат пищевых продуктов». Размер частиц порошков определяли лазерным дифракционным анализатором Malvern Mastersizer 2000. Водоудерживающую способность порошков определяли при гидромодуле 1:10 методом центрифугирования при скорости вращения ротора 6000 об/мин¹ в течение 20 минут (для образцов с порошком моркови) и в течение 15 мин (для образцов с порошком свеклы). Подъемную силу дрожжей определяли методом "всплывающего шарика". Гидратацию порошков проводили при гидромодуле 1:5, температуре 30 °С в течение 60 мин. В результате было установлено, что максимальной водоудерживающей способностью (43%) обладают порошки моркови, выдержанные в течение 40 мин и порошки свеклы (33%), выдержанные в течение 40 мин. Было установлено, что независимо от дозы внесения порошков моркови и свеклы подъемная сила дрожжей в образцах опары с внесением гидратированных порошков выше, чем в образцах опары с внесением не гидратированных порошков, причем в образцах с внесением порошков свеклы эта разница была более выраженной. Полученные результаты показывают целесообразность проведения гидратации порошков моркови и свеклы перед внесением их в тесто для бараночных изделий.

Ключевые слова: бараночные изделия, порошок моркови, порошок свеклы, дрожжи, гидратированные порошки

The effectiveness of using hydrated carrot and beet powders in the production of round cracknels sourdough

Anton V. Tikhiy	¹	antontikhiy@yandex.ru	 0000-0002-0890-3728
Nadezhda V. Barakova	¹	n.barakova@mail.ru	 0000-0001-7296-8609
Evgeny A. Samodelkin	²	smdlkn@inbox.ru	 0000-0001-9576-4940

¹ Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Lomonosova ave. 9, St. Petersburg, 197101, Russia

² Research Institution Research Center 'Kurchatov Institute' - Central Research Institute for Engineering Materials Prometheu", st. Shpalernaya 49, St. Petersburg, 191015, Russia

Abstract. Two methods of adding carrot and beet powders to the sourdough of round cracknel products have been studied, such as adding the dry powders and adding the pre-hydrated ones. The water-retaining properties of carrot and beet powders and the change in the lifting force of yeast when applying non-hydrated and hydrated powders before fermentation were investigated. For the experiment, we used Vitbiokor LLC carrot and beet powders. The average integral particle size in carrot powder was 85–95 microns, in beet powder —95–105 microns. We also used the flour of the highest grade Predportovaya (produced by Saint Petersburg Mill Plant, JSC) and the pressed baking yeast produced by Food Combine, JSC. The particle size of the powders was determined by a Malvern Mastersizer 2000 laser diffraction analyzer. The water-holding capacity of the powders was determined by a hydromodule of 1:10 by centrifugation with the rotational speed 6000rpm¹ for 20 minutes (the carrot powder samples) and for 15 minutes (the beet powder samples). The lifting force of the yeast has been determined with the help of the "pop-up ball" method. The powders were hydrated at a hydromodule of 1:5, at a temperature of 30°C for 60 minutes. The results show that carrot powders aged for 40 minutes and beet powders (33%) aged for 40 minutes have the maximum water retention capacity (43%). It was found that the quantity of carrot and beet powders added does not correlate with the lifting force of the yeast in the sourdough samples. It is higher in the samples with the hydrated powders added, rather than in the ones with the non-hydrated powders. Moreover, this difference was more pronounced in the beet powder samples. The study shows the importance of carrot and beet powders hydration before adding them to the sourdough. It's also significant to conduct the experiments to evaluate the effectiveness of carrot and beet powders hydration before adding them to the round cracknel products sourdough

Keywords: lamb products, carrot powder, beet powder, yeast, hydrated powders

Для цитирования

Тихий А.В., Баракова Н.В., Самоделкин Е.А. Обоснование эффективности применения гидратированных порошков моркови и свеклы в технологии опары для бараночных изделий // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 125–130. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-125-130

For citation

Tikhiy A.V., Barakova N.V., Samodelkin E.A. The effectiveness of using hydrated carrot and beet powders in the production of round cracknels sourdough. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 125–130. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-125-130

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

Введение

В настоящее время в рецептуры хлебобулочных изделий включаются порошки, приготовленные из овощных культур и дикорастущих растений [1, 2]. Наличие в порошках микроэлементов, витаминов, биологически активных веществ, не только повышает функциональность изделия [3], но и влияет на биотехнологические процессы, протекающие во время их приготовления, реологические характеристики теста и показатели качества готовой продукции [4, 5].

Как правило, овощные порошки и порошки, приготовленные на базе другого растительного сырья, вносят на стадии приготовления теста, при этом изучается влияние порошков на реологические показатели теста и готовых изделий и недостаточно изучено влияние порошков и компонентов, входящих в их состав на процессы сбраживания теста. Хлебобулочные изделия готовят как опарным, так и безопарным способом, и на обоих этих стадиях протекают процессы брожения.

В технологию бараночных изделий обязательно входит технология приготовления опары, во время которой вносится все расчетное количество дрожжей, причем предпочтительно отдается приготовлению густой опары (влажностью 40%). Созревание опары будет зависеть от свойств дрожжей и от того, насколько быстро питательные вещества будут поступать в дрожжи. Чтобы этот процесс протекал как можно быстрее, необходимо, чтобы вещества, входящие в состав порошков, были хорошо растворимыми, могли быстро перейти в питательную для дрожжей среду. Растворимость компонентов, входящих в состав порошков, достигается это не только технологией приготовления порошков, но и предварительной подготовкой порошков [6], например, их гидратацией.

При смешивании порошков с водой происходит процесс набухания. Вода проникает в высокомолекулярные компоненты растительного сырья, сохраняя при этом целостность порошка, происходит значительное увеличение его объема. Часть молекулы воды адсорбционно связывается с высокомолекулярными веществами порошка, а часть молекул за счет диффузии проникает во внутреннюю структуру набухающего вещества [7, 8]. В результате часть низкомолекулярных компонентов набухающего вещества может перейти в растворенное состояние, что в дальнейшем будет влиять на процесс поступления компонентов порошков в дрожжевую клетку и оказывать влияние на весь процесс брожения [9, 10–20].

Цель работы – исследовать водоудерживающую способность порошков моркови и свеклы и оценить эффективность проведения гидратации порошков перед внесением их в опару бараночных изделий.

Материалы и методы

Для проведения экспериментов использовали порошки моркови и свеклы компании ООО «Витбиокор», Республика Беларусь. В порошке моркови: содержание белков составило 10%, жиров – 0,8%, углеводов – 55%, клетчатки – 2,4%, влажность – 8%, гранулометрический состав – 85–95 мкм; в порошке свеклы: содержание белков – 9,9%, жиров – 0,7%, углеводов – 59,7%, влажность – 8,2%, гранулометрический состав – 95–105 мкм. Использовали муку высшего сорта «Предпортовая» производителя АО «Петербургский мельничный комбинат», влажность – 12,9%. Дрожжи хлебопекарные прессованные высокоактивные производителя ОАО «Комбинат пищевых продуктов», влажность – 77%. Размер частиц определяли лазерным дифракционным анализатором Malvern Mastersizer 2000.

Для определения водоудерживающей способности порошков моркови и свеклы были приготовлены образцы с гидромодулем 1:10. Образцы выдерживали при комнатной температуре в течение 60 минут и с интервалом в 10 минут отбирали образцы для определения методом центрифугирования количества удержанной влаги. Режим центрифугирования: скорости вращения ротора 6000 об/мин⁻¹ в течение 20 минут для образцов с морковью и в течение 15 минут – образцы с порошком свеклы. По окончании центрифугирования пробирки с суспензиями взвешивали, затем сливали выделившуюся воду и взвешивали остаточную массу порошка.

Результаты и обсуждение

На первом этапе проведения экспериментов определяли водоудерживающие свойства порошков моркови и свеклы. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.

Из графиков следует, что при гидромодуле порошков и воды 1:10 максимальная водоудерживающая способность порошков была отмечена после 40 мин выдержки и составила для порошка моркови 43%, для свеклы – 33%. Способность порошков удерживать воду впоследствии, при хранении готовых изделий, позволит им более длительный период сохранять необходимую влажность, не допуская его пересыхания и твердения.

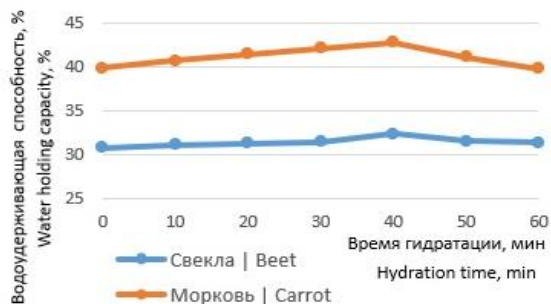


Рисунок 1. Изменение водоудерживающей способности порошков моркови и свеклы в зависимости от времени контакта порошков с водой

Figure 1. Change in the water-holding capacity of carrot and beet powders depending on the time of contact of the powders with water

Во время взаимодействия порошков с водой некоторые компоненты порошков будут переходить в растворенное состояние, что в дальнейшем, при взаимодействии порошков с дрожжами во время брожения опары, будет положительно влиять на скорость поступления питательных веществ в дрожжевую клетку.

В технологический процесс приготовления бараночных изделий входит технологическая операция – приготовление густой опары. Для определения влияния гидратированных порошков на активность дрожжей, была проведена серия экспериментов: были приготовлены 4 образца с гидратированным в течение 40 минут порошком моркови с разным количеством порошка: 1,5%; 3,0%; 6,0% и 9% относительно массы муки и 4 образца с таким же количеством не гидратированного порошка с таким же процентным содержанием порошка. Аналогичным образом было приготовлено 8 образцов со свеклой.

При гидратации порошков гидромодуль был выбран 1:5, с тем расчетом, чтобы уложиться в количество воды, вносимую в опару по рецептуре. Гидратацию порошков проводили в течение 40 минут.

Для приготовления опары в каждый образец вносилось 100 грамм муки, 2,5 грамм дрожжей и если вносили сухие порошки: 1,5 г, 3 г, 6 г и 9 г, то для всех образцов брали одинаковое количество воды – 50 см³.

Если в опару вносили предварительно гидратированные порошки, то количество воды, вносимой в опару, пересчитывали с учетом количества воды, пошедшей на гидратацию порошков. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Был приготовлен также контрольный образец, в который порошки моркови и свеклы не вносились.

Из графиков, представленных на рисунке 2 следует, что время всплытия шарика в опаре,

приготовленной с гидратированными порошками моркови меньше, чем время всплытия шарика с сухими порошками и зависит от дозы внесения порошка: при дозе внесения морковного порошка 1,5% от массы муки – в среднем за все период приготовления опары в течении 180 мин время всплытия шарика сократилось на 17,0%, при внесении порошка в количестве 3% – на 10,5%, при внесении порошка в количестве 6% – на 9,6%, при внесении порошка в количестве 9% – на 8,5% относительно времени всплытия шарика в опаре, приготовленной при внесении сухого порошка моркови в таком же количестве.

Таблица 1.

Количество воды и гидратированного порошка, вносимых в опару

Table 1.

The amount of water and hydrated powder added to the dough

Сырье Raw material	Образец | Sample				
	0%	1,5%	3,0%	6,0%	9,0%
Вода, см ³ | Water, cm ³	50,0	42,5	35,0	20,0	5,0
Гидратированный порошок, г | Hydrated powder, g	0	9,0	18,0	36,0	54,0

Время всплытия шарика при внесении гидратированного порошка моркови в опару относительно времени всплытия шарика контрольного образца – опара без внесения порошков, сократилось в зависимости от дозы внесения порошка в среднем на 29,6; 32,0%; 23,9%; 8,7%.

Из графиков, представленных на рисунках также следует, что время всплытия шарика в опаре, приготовленной с гидратированными порошками свеклы меньше, чем время всплытия шарика с сухими порошками и зависит от дозы внесения порошка: при дозе внесения свекольного порошка 1,5% от массы муки – в среднем за все период приготовления опары в течении 180 мин время всплытия шарика сократилось на 38,1%, при внесении порошка в количестве 3% – на 28,6%, при внесении порошка в количестве 6% – на 26,4%, при внесении порошка в количестве 9% – на 25,5% относительно времени всплытия шарика в опаре, приготовленной при внесении сухого порошка моркови в таком же количестве.

Время всплытия шарика при внесении гидратированного порошка свеклы в опару относительно времени всплытия шарика контрольного образца – опара без внесения порошков, сократилось в зависимости от дозы внесения порошка в среднем на 41,5; 40,7; 34,4; 19,4%.

При некоторых дозах внесения как гидратированных, так и сухих порошков на начало брожения опары (через 30 мин) время всплытия шарика опары с порошком может быть больше, чем время всплытия шарика контрольного образца, но в дальнейшем, по мере сбраживания опары, разница всплытия шарика выравнивается в пользу образцов с порошками.

Время всплытия шарика опары характеризует бродильную активность дрожжей, поэтому на основании полученных результатов, сравнивая эффективность свекольных и морковных гидратированных порошков, можно сказать,

что внесение гидратированных свекольных порошков в любой дозировке с точки зрения повышения бродильной активности дрожжей, более эффективно, чем морковных, что можно объяснить разной вязкостью гидратированных порошков. Коэффициент динамической вязкости свекольного и морковного порошка при гидромодуле 1:5 и измеренная на Вискозиметре Thermo Viscotester 7L plus. При шпинделе R₄ и количестве оборотов n-12 об/мин⁻¹, вязкость свекольного порошка составила 120 мПа×с, а порошка моркови -520 мПа×с.

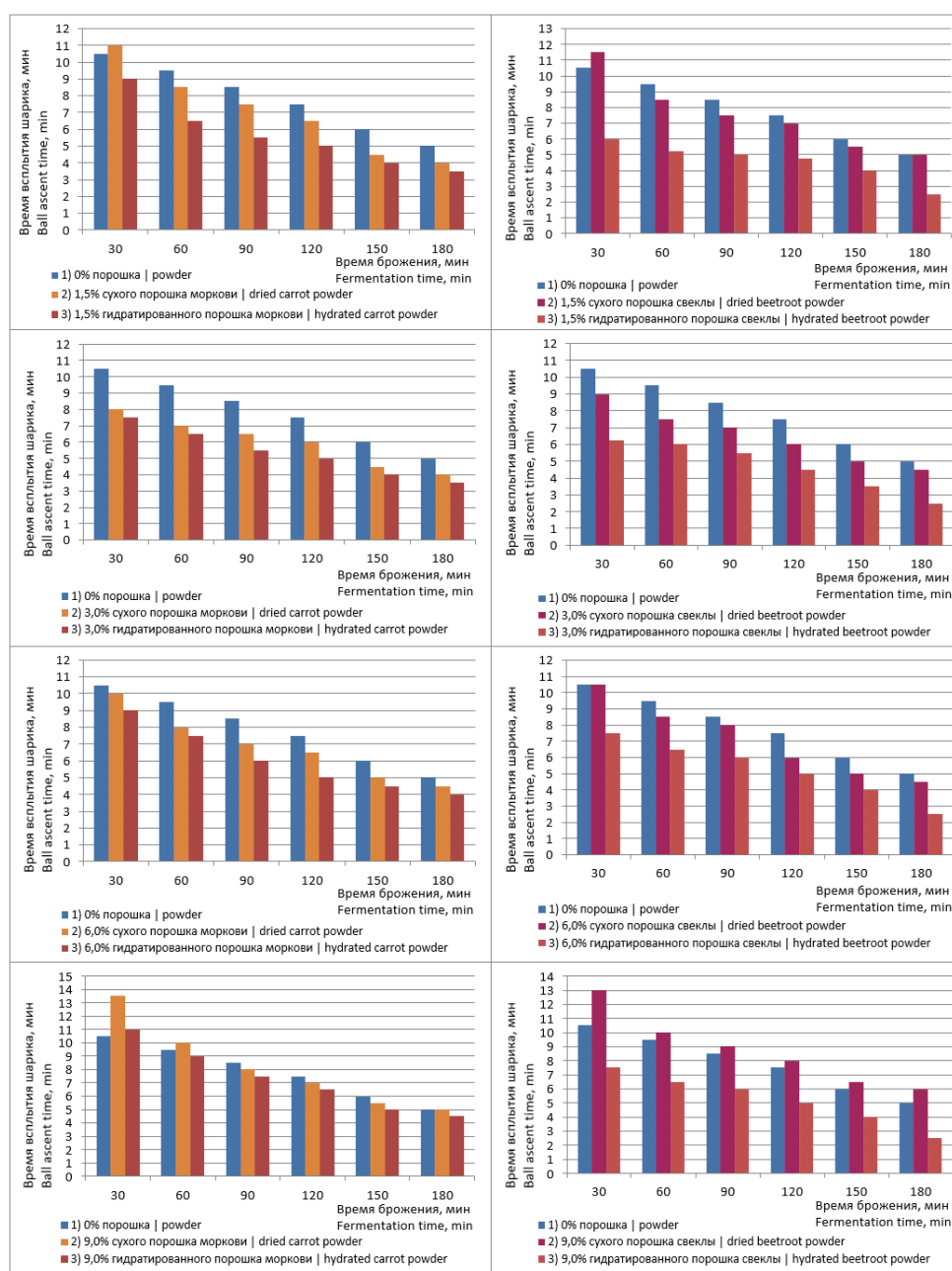


Рисунок 2. Изменение активности дрожжей с сухими и гидратированными порошками моркови и свеклы в зависимости дозировки и времени брожения

Figure 2. Change in yeast activity with dry and hydrated carrot and beetroot powders depending on the dosage and fermentation time

Заключение

Результаты, полученные в данном исследовании, говорят о целесообразности перед внесение порошков моркови и свеклы в опару проводить гидратацию порошков, потому что подобная подготовка порошков позволит

повысить бродительную активность дрожжей и сократить время приготовления опары. Более того, необходимо продолжить исследования и оценить эффективность проведения гидратации порошков перед их внесением в тесто.

Литература

- 1 Зубкова Т.В., Захаров В.Л. Использование тонкодисперсных порошков из моркови и тыквы в технологии хлебопечения // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2016. № 1. С. 84–89.
- 2 Невская Е.В., Зуева А.Г., Беляев А.Г. Использование экстракта и порошка кипрея узколистного в рецептуре хлебобулочных изделий // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т.50 № 1. С. 61–69.
- 3 Домбровская Я.П., Аралова С.И., Текутьева Ю.А., Денисова А.А. Перспективы применения нетрадиционного растительного сырья для повышения биологической ценности мучных кондитерских изделий // Пищевая промышленность. 2017. № 7. С. 19–21.
- 4 Кононенко В.В., Черных В.Я., Годунов О.А., Гербел Д. Калориметрические методы исследования состояния биополимеров растительных порошков // Вестник Юр ГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2019. Т. 7. С. 39–54.
- 5 Грязина Ф.И., Данилова О.А., Емельянова Т.Н. Применение натуральных обогатителей в технологии хлебобулочных изделий пониженной влажности // Вестник Марийского государственного университета. 2016. Т.2. № 2(6). С. 15–19.
- 6 Seo E.O., Ko S.H. Quality characteristics of muffins containing beet powder // Culinary science and hospitality research. 2014. V. 20. №. 1. P. 27-37.
- 7 Douglass I., Harrowell P. Kinetics of Dissolution of an Amorphous Solid // J. Phys Chem B. 2018. V. 122(8). P. 2425–2433. doi: 10.1021/acs.jpcc.7b12243
- 8 Drake A.C., Lee Y., Burgess E.M., Karlsson J.O.M. et al. Effect of water content on the glass transition temperature of mixtures of sugars, polymers, and penetrating cryoprotectants in physiological buffer // PLoS One. 2018. V 13.1. doi: 10.1371/journal.pone.0190713.
- 9 Аллерт А.А., Адьшевская М.Н. Научное обоснование применения овощных масс свеклы, моркови, петрушки в технологии хлебобулочных изделий // Известия КГТУ. 2017. № 45. С. 125–135.
- 10 Корячкина С.Я., Ладнова О.Л., Лобок И.С., Микаелян А.В. Обоснование создания функциональных хлебобулочных изделий с применением смеси порошков тыквы и моркови // Хлебопродукты. 2018. С. 60–62.
- 11 Ha S.R., Choi J.S., Jin S.K. The physicochemical properties of pork sausages with red beet powder // Journal of Life Science. 2015. V. 25. №. 8. P. 896-902.
- 12 Gong Y., Deng G., Han C., Ning X. Process optimization based on carrot powder color characteristics // Engineering in agriculture, environment and food. 2015. V. 8. №. 3. P. 137-142. doi: 10.1016/j.eaef.2015.07.005
- 13 Kassymov S., Rebezov M., Ikonnikova A., Fedin I. et al. Using of pumpkin and carrot powder in production of meat cutlets: effect on chemical and sensory properties // International Journal of Psychosocial Rehabilitation. 2020. V. 24. №. 4. P. 1607-1613. doi: 10.37200/IJPR/V24I4/PR201274
- 14 Alvarado-Ramírez M., Santana-Gálvez J., Santacruz A., Carranza-Montealvo L.D. et al. Using a functional carrot powder ingredient to produce sausages with high levels of nutraceuticals // Journal of food science. 2018. V. 83. №. 9. P. 2351-2361. doi: 10.1111/1750-3841.14319
- 15 Jalgaonkar K., Jha S.K., Mahawar M.K. Influence of incorporating defatted soy flour, carrot powder, mango peel powder, and moringa leaves powder on quality characteristics of wheat semolina-pearl millet pasta // Journal of Food Processing and Preservation. 2018. V. 42. №. 4. P. e13575. doi: 10.1111/jfpp.13575
- 16 Sule S., Oneh A.J., Agba I.M. Effect of carrot powder incorporation on the quality of pasta // MOJ Food Process Technol. 2019. V. 7. №. 3. P. 99-103.
- 17 Öztürk-Kerimoğlu B., Kara A., Urgan Öztürk M., Serdaroğlu M. A new inverse olive oil emulsion plus carrot powder to replace animal fat in model meat batters // LWT. 2021. V. 135. P. 110044. doi: 10.1016/j.lwt.2020.110044
- 18 Salehi F., Kashaninejad M., Akbari E., Sobhani S.M. et al. Potential of sponge cake making using infrared-hot air dried carrot // Journal of texture studies. 2016. V. 47. №. 1. P. 34-39. doi: 10.1111/jtxs.12165
- 19 Santana-Gálvez J., Pérez-Carrillo E., Velázquez-Reyes H.H., Cisneros-Zevallos L. et al. Application of wounding stress to produce a nutraceutical-rich carrot powder ingredient and its incorporation to nixtamalized corn flour tortillas // Journal of Functional Foods. 2016. V. 27. P. 655-666. doi: 10.1016/j.jff.2016.10.020
- 20 Phebean I.O., Akinyele O., Toyin A., Folasade O. et al. Development and quality evaluation of carrot powder and cowpea flour enriched biscuits // International Journal of Food Science and Biotechnology. 2017. V. 2. №. 2. P. 67-72. doi: 10.11648/j.ijfsb.20170203.15

References

- 1 Zubkova T.V., Zakharov V.L. The use of finely dispersed powders from carrots and pumpkins in bakery technology. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. 2016. no. 1. pp. 84–89. (in Russian).
- 2 Nevskaya E.V., Zueva A.G., Belyaev A.G. The use of extract and powder of fireweed angustifolia in the recipe of bakery products. Technique and technology of food production. 2020. vol. 50. no. 1. pp. 61–69. (in Russian).
- 3 Dombrovskaya Ya.P., Aralova S.I., Tekutyeva Yu.A., Denisova A.A. Prospects for the use of non-traditional vegetable raw materials to increase the biological value of flour confectionery. Food industry. 2017. no. 7. pp. 19–21. (in Russian).
- 4 Kononenko V.V., Chernykh V.Ya., Godunov O.A., Gerbel D. Calorimetric methods for studying the state of biopolymers of plant powders. Vestnik Yur GU. Series "Food and Biotechnology". 2019. vol. 7. pp. 39–54. (in Russian).

- 5 Gryazina F.I., Danilova O.A., Emelyanova T.N. The use of natural enrichers in the technology of low-moisture bakery products. *Bulletin of the Mari State University*. 2016. vol. 2. no. 2(6). pp. 15–19. (in Russian).
- 6 Seo E.O., Ko S.H. Quality characteristics of muffins containing beet powder. *Culinary science and hospitality research*. 2014. vol. 20. no. 1. pp. 27-37.
- 7 Douglass I., Harrowell P. Kinetics of Dissolution of an Amorphous Solid. *J. Phys Chem B*. 2018. vol. 122(8). pp. 2425–2433. doi:10.1021/acs.jpbc.7b12243 (in Russian).
- 8 Drake A.C., Lee Y., Burgess E.M., Karlsson J.O.M. et al. Effect of water content on the glass transition temperature of mixtures of sugars, polymers, and penetrating cryoprotectants in physiological buffer. *PLoS One*. 2018. vol. 13.1. doi: 10.1371/journal.pone.0190713 (in Russian).
- 9 Allert A.A., Adshevskaya M.N. Scientific substantiation of the use of vegetable masses of beets, carrots, parsley in the technology of bakery products. *Izvestiya KSTU*. 2017. no. 45. pp. 125–135. (in Russian).
- 10 Koryachkina S.Ya., Ladnova O.L., Lobok I.S., Mikaelyan A.V. Substantiation of the creation of functional bakery products using a mixture of pumpkin and carrot powders. *Khleboprodukty*. 2018. pp. 60–62. (in Russian).
- 11 Ha S.R., Choi J.S., Jin S.K. The physicochemical properties of pork sausages with red beet powder. *Journal of Life Science*. 2015. vol. 25. no. 8. pp. 896-902.
- 12 Gong Y., Deng G., Han C., Ning X. Process optimization based on carrot powder color characteristics. *Engineering in agriculture, environment and food*. 2015. vol. 8. no. 3. pp. 137-142. doi: 10.1016/j.eaef.2015.07.005
- 13 Kassymov S., Rebezov M., Ikonnikova A., Fedin I. et al. Using of pumpkin and carrot powder in production of meat cutlets: effect on chemical and sensory properties. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*. 2020. vol. 24. no. 4. pp. 1607-1613. doi: 10.37200/IJPR/V24I4/PR201274
- 14 Alvarado-Ramírez M., Santana-Gálvez J., Santacruz A., Carranza-Montealvo L.D. et al. Using a functional carrot powder ingredient to produce sausages with high levels of nutraceuticals. *Journal of food science*. 2018. vol. 83. no. 9. pp. 2351-2361. doi: 10.1111/1750-3841.14319
- 15 Jalgaonkar K., Jha S.K., Mahawar M.K. Influence of incorporating defatted soy flour, carrot powder, mango peel powder, and moringa leaves powder on quality characteristics of wheat semolina-pearl millet pasta. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2018. vol. 42. no. 4. pp. e13575. doi: 10.1111/jfpp.13575
- 16 Sule S., Oneh A.J., Agba I.M. Effect of carrot powder incorporation on the quality of pasta. *MOJ Food Process Technol*. 2019. vol. 7. no. 3. pp. 99-103.
- 17 Öztürk-Kerimoğlu B., Kara A., Urgan Öztürk M., Serdaroğlu M. A new inverse olive oil emulsion plus carrot powder to replace animal fat in model meat batters. *LWT*. 2021. vol. 135. pp. 110044. doi: 10.1016/j.lwt.2020.110044
- 18 Salehi F., Kashaninejad M., Akbari E., Sobhani S.M. et al. Potential of sponge cake making using infrared-hot air dried carrot. *Journal of texture studies*. 2016. vol. 47. no. 1. pp. 34-39. doi: 10.1111/jtxs.12165
- 19 Santana-Gálvez J., Pérez-Carrillo E., Velázquez-Reyes H.H., Cisneros-Zevallos L. et al. Application of wounding stress to produce a nutraceutical-rich carrot powder ingredient and its incorporation to nixtamalized corn flour tortillas. *Journal of Functional Foods*. 2016. vol. 27. pp. 655-666. doi: 10.1016/j.jff.2016.10.020
- 20 Phebean I.O., Akinyele O., Toyin A., Folasade O. et al. Development and quality evaluation of carrot powder and cowpea flour enriched biscuits. *International Journal of Food Science and Biotechnology*. 2017. vol. 2. no. 2. pp. 67-72. doi: 10.11648/j.ijfsb.20170203.15

Сведения об авторах

Information about authors

Антон В. Тихий аспирант, факультет биотехнологий, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 197101, Россия, antontikhyy@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0890-3728>

Надежда В. Баракова к.т.н., доцент, факультет биотехнологий, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 197101, Россия, n.barakova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7296-8609>

Евгений А. Самоделькин ведущий специалист, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», ул. Шпалерная, 49, Санкт-Петербург, 191015, Россия, smdlkn@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9576-4940>

Anton V. Tikhyy graduate student, faculty of biotechnology, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 197101, Russia, St. Petersburg, Lomonosova ave. 9, antontikhyy@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0890-3728>

Nadezhda V. Barakova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, faculty of biotechnology, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 97101, Russia, St. Petersburg, Lomonosova ave. 9, n.barakova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7296-8609>

Evgeny A. Samodelkin leading specialist, Research Institution Research Center 'Kurchatov Institute', Central Research Institute for Engineering Materials Prometheu", st. Shpalernaya 49, St. Petersburg, 191015, Russia, smdlkn@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9576-4940>

Вклад авторов

Contribution

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

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

Конфликт интересов

Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 06/12/2021

После редакции 27/12/2021





Принята в печать 25/01/2022

Received 06/12/2021

Accepted in revised 27/12/2021

Accepted 25/01/2022

Оценка нутриентного профиля сырного продукта при реализации новых ресурсосберегающих технологических решений





Алина А. Короткова	1	alina.cor@yandex.ru	 0000-0002-0705-5501
Валентина Н. Храмова	1	hramova_vn@mail.ru	 0000-0001-7630-7672
Светлана Е. Божкова	1	bozhkova@mail.ru	 0000-0001-9992-3515
Юлия Н. Картушина	1	kartysina@rambler.ru	 0000-0003-1325-9241

1 Волгоградский государственный технический университет, пр-т Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Россия

Аннотация. Развитие сыродельной отрасли в современных условиях определяют перспективные направления: медико-социальное – расширение ассортимента продукции с диетическими свойствами и пониженной калорийностью, технологическое – освоение новых способов формования для выпуска сложносоставных и комбинированных сырных продуктов, экономическое – снижение норм расхода молока за счет вовлечения вторичного сырья, экологическое – минимизация углеродного следа сыродельных заводов путем сокращения сбросов сыворотки. Патентованный способ получения комбинированного мягкого сырного продукта предлагает набор ресурсосберегающих технологических решений по введению в сырную головку агаризованной желейной «начинки» на основе возвратной соленой сыворотки с добавлением пряных растительных компонентов. Оригинальная конструкция формы образует сквозное отверстие по центру сырной головки и обеспечивает соотношение сырной части и «начинки» 4 : 1. Предлагаемый способ использования соленой подсырной сыворотки в производстве мягкого сырного продукта обоснован с точки зрения степени адекватности его макро- и микронутриентного состава физиологическим потребностям в пищевых веществах и энергии. Новый сырный продукт с желейной «начинкой» содержит 14,5% белка и 15,3% жира, что восполняет 17% потребности взрослого человека. Продукт отличается пониженной калорийностью 208 ккал при существенном 28% энергетическом вкладе белковой составляющей, что придает ему диетические свойства. Обеспеченность сырного продукта незаменимыми аминокислотами достигает 90% потребности в фенилаланине и тирозине, 87% в лизине, 74% в изолейцине и лейцине. Жирнокислотный профиль характеризуют благоприятные показатели относительного содержания линоленовой и олеиновой кислот. Низкомолекулярные летучие жирные кислоты формируют вкус и аромат сырного продукта без созревания. Витаминный состав продукта имеет функциональную обеспеченность по витаминам А – 40%, К – 31%, группы В и РР – 15-20% потребности. Технологические решения по выработке сырного продукта с «начинкой» сохраняют функциональность его нутриентного профиля, способствуют экономии до 20% молока и повышают экологичность производства.

Ключевые слова: мягкий сыр, формование, соленая сыворотка, начинка, аминокислоты, жирные кислоты, витамины

An assessment of the cheese product's nutrient profile in implementation the new resource-saving technological solutions

Alina A. Korotkova	1	alina.cor@yandex.ru	 0000-0002-0705-5501
Valentina N. Khramova	1	hramova_vn@mail.ru	 0000-0001-7630-7672
Svetlana E. Bozhkova	1	bozhkova@mail.ru	 0000-0001-9992-3515
Yuliya N. Kartushina	1	kartysina@rambler.ru	 0000-0003-1325-9241

1 Volgograd State Technical University, Lenin Av., 28 Volgograd, 400005, Russia

Abstract. In the current conditions the cheese industry development is determining by perspective trends: medical and social – expansion the products range with dietary properties and reduced a calorie content, technological – mastering a new moulding methods for the production of complex and combined cheese products, economic – reduction of a milk consumption rates due to involvement secondary raw materials, ecological – minimizing the carbon footprint of cheese factories by reducing whey's discharges. The patented method for producing the combined soft cheese product offers a set of resource-saving technological solutions for introducing into the cheese head an agarised jelly "filling" based on return salty whey with the spicy plant components addition. The original mold design forms a through hole in the center of the cheese head and provides the cheese part to the "filling" in a ratio as 4 : 1. The proposed method of the using salty sub-raw whey in soft cheese's production is justified from the point of view the adequacy level its macro- and micronutrient composition to physiological requirements in food nutrients and energy. The new cheese product with a jelly "filling" contains 14.5% protein and 15.3% fat, that makes up for 17% of the requirements for adult. The product has a reduced calorie content to 208 kcal with a significant 28% energy contribution by the protein component, that gives it dietary properties. The cheese product's provision by essential amino acids reaches 90% of the requirement in phenylalanine and tyrosine, 87% in lysine, 74% in isoleucine and leucine. The fatty acid profile is characterized by favorable a relative content values of linolenic and oleic acids. Low-molecular volatile fatty acids form the taste and aroma of cheese product without ripening. Its vitamin composition has functional availability for vitamins A - 40%, K - 31%, group B and PP - 15-20% of the requirement. The technological solutions for making of the cheese product with the "filling" maintain a functionality its nutrient profile, contribute to saving up to 20% of milk and increase the environmental friendliness of production.

Keywords: soft cheese, moulding, salty whey, filling, amino acids, fatty acids, vitamins

Для цитирования

Короткова А.А., Храмова В.Н., Божкова С.Е., Картушина Ю.Н. Оценка нутриентного профиля сырного продукта при реализации новых ресурсосберегающих технологических решений // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 131–139. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-131-139

For citation

Korotkova A.A., Khramova V.N., Bozhkova S.E., Kartushina Yu.N. An assessment of the cheese product's nutrient profile in implementation the new resource-saving technological solutions. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 131–139. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-131-139

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

Введение

В формировании пищевого статуса населения сыр и сырные продукты массового потребления выступают значимым источником основных нутриентов: животного белка, жира, кальция и фосфора в легкоусвояемых формах. В свете распространенности белковой недостаточности, обменных нарушений, избыточного веса, сердечно-сосудистых заболеваний, атеросклероза становится актуальным производство сыров с диетическими свойствами. В этом ключе одним из перспективных направлений развития сыродельной отрасли является снижение калорийности, повышение сбалансированности по аминокислотному и жирокислотному составу, расширение микронутриентного спектра сыров [1–3]. В то же время растущая конкуренция на рынке мягких свежих сыров задает тренд на новые формы выпуска сырных продуктов, например, в виде рулетов или многослойных композиций, сочетающих слои разного происхождения, консистенции и структурно-механических свойств, с разнородными включениями, что формирует оригинальные вкусовые свойства, увеличивает потребительскую привлекательность и повышает спрос.

Многочисленные технологии сыроделия предусматривают свертывание белков молока с последующим отделением сыворотки от сырной массы с помощью различных приемов. В производстве мягких несозревающих сыров в результате удаления излишней влаги при обработке сырного зерна, прессовании, посоле и обсушке происходит концентрирование молочного белка и жира в сырном сгустке [3, 4]. В сыр из молока практически полностью переходит казеин, кальций, фосфор, молочный жир, часть органических кислот, витаминов и микроэлементов. В то же время 52% сухих веществ молока, в том числе 95% особо ценных сывороточных белков молока, а также 96% веществ в истинно-растворимом ионно-молекулярном состоянии – лактоза, минеральные вещества, водорастворимые витамины, – остаются в сыворотке [5, 6]. В результате, средний выход мягкого сыра не превышает 25%, что в современных условиях угрозы дефицита животного белка не оправдывает высокие нормы расхода молока и создает необходимость их рационализации. В числе наилучших доступных технологий [7] в сыроделии обозначено повышение степени использования всех составных частей молока для производства сыра за счет привлечения подсырной сыворотки, что пополняет ресурсные возможности предприятия без дополнительных затрат и позволяет экономить основное сырье. Высокая пищевая

и биологическая ценность сыворотки при низкой калорийности обосновывают ее пригодность для производства диетических продуктов.

С другой стороны, большой отход сыворотки как побочного продукта – от 75 до 80%, – повышает степень загрязнения сточных вод сыродельных предприятий органическими веществами и существенно увеличивает показатель биохимической потребности в кислороде (БПК), что в настоящее время представляет основную экологическую проблему сыродельного производства [7–10]. Сокращение и прекращение сбросов сыворотки снижает экологическую нагрузку на окружающую среду в промышленной зоне сыродельных заводов. Однако, наиболее эффективные из существующих способов решения этой проблемы – концентрирование всех компонентов сыворотки сгущением и сушкой, предварительная деминерализация электродиализом, выделение сывороточных белков тепловой денатурацией и коагуляцией, а также ультрафильтрацией, производство молочного сахара, – предполагают дополнительные производственные мощности, специфическое оборудование и высокий расход энергоносителей [11–14]. Введение современных требований экологического законодательства по ограничению выбросов парниковых газов и минимизации углеродного следа диктует острую потребность в разработке новых ресурсо- и энергосберегающих технологических решений для предприятий сыродельной отрасли.

В связи с этим вызывает интерес научно-практическое обоснование ресурсосберегающего способа использования соленой подсырной сыворотки без предшествующего обессоливания в производстве продуктов сыроделия. Предлагаемое технологическое решение состоит в возврате части соленой сыворотки, выделенной при самопрессовании, в сырную головку в составе агаризованной желейной «начинки», что позволяет получить оригинально сформированный сложносоставной комбинированный сырный продукт [15]. Для устранения специфического сывороточного привкуса и придания «начинке» привлекательного зеленого цвета в рецептурную композицию вводят травы и пряности: зелень укропа, петрушки и чеснок. Эфирные масла в составе зелени и чеснока формируют гармоничный пикантный вкус и аромат продукта, что также стимулирует секрецию пищеварительных желез и способствует усвоению пищи, растительный пигмент хлорофилл семейства магнийпорфиринов выступает структурным аналогом животного гемоглобина, а флавоноиды и фитонциды оказывают бактерицидный иммунобарьерный эффект.

Присутствие растительных ингредиентов только в «начинке», где активность воды понижена за счет студнеобразования, замедляет микробиологическую порчу сырного продукта [16].

При таком сочетании сырная составляющая комбинированного продукта выступает источником белка, липидов, жирорастворимых витаминов, кальция и фосфора, а сывороточная «начинка» дополняет продукт водорастворимыми витаминами, минеральными солями и сывороточными белками, которые, в отличие от казеина, формирующего сырный сгусток, сбалансированы по серосодержащим аминокислотам. Использование же соленой сыворотки, отделяющейся при самопрессовании, способствует экологизации производства, исключает затраты на обессоливание и повышает биологическую ценность продукта.

В приоритете алиментарного подхода к обоснованию технологий продуктов адекватного питания, цель исследований составила оценка макро- и микронутриентного профиля нового сырного продукта, комбинированного с соленой подсырной сывороткой оригинальным способом, разработанным с учетом тенденции внедрения ресурсосберегающих технологических решений в сыродельную отрасль.

Материалы и методы

Исследования выполняли в лаборатории кафедры технологии пищевых производств Волгоградского государственного технического университета (ВолгГТУ), а также в комплексной аналитической лаборатории Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (ГНУ НИИММП, г. Волгоград) и в ФБУ «Волгоградский ЦСМ». Материал исследований составил образец комбинированного сырного продукта, выработанный в условиях лаборатории кафедры технологии пищевых производств ВолгГТУ по запатентованной технологии [15] из коровьего молока от частного сдатчика с использованием хлорида кальция ООО «Хим-продукт-Волгоград», молокосвертывающего ферментного препарата марки «СНУ-МАХ» (Дания, Chr. Hansen), бактериальной закваски прямого внесения DCC-260 (Дания, Chr. Hansen), представляющей собой смесь мезофильных *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*, *Lactobacterium casei* и термофильных *Lactobacterium helveticum*, *Streptococcus thermophilum* молочнокислых бактерий, поваренной соли ООО «Руссоль», возвратной

соленой подсырной сыворотки от опытной выработки, пищевого агара ООО «Международная сырьевая компания», растительного сырья регионального происхождения: зелени укропа, петрушки и чеснока.

Согласно предлагаемой технологии [15], выработка образца комбинированного сырного продукта предусматривала несколько этапов: получение сырной головки, подготовка сывороточно-растительной «начинки», формирование готового продукта и структурообразование. На первом этапе сырную массу, полученную по традиционной технологии мягкого несозревающего сыра путем кислотно-сычужной коагуляции белков молока с посолкой в зерне, заливали в перфорированную закрывающуюся форму в виде полого цилиндра с наружным диаметром 85 мм и внутренним диаметром 38 мм и проводили самопрессование сырной головки, периодически переворачивая формы, в течение 6 ч при температуре 18 °С со сбором соленой сыворотки. Оригинальная конструкция формы обеспечила образование сквозного отверстия по центру сырной головки. Для подготовки желаемой «начинки» измельченные до однородной массы растительные компоненты – зелень укропа, петрушки и чеснок, – вместе с пищевым агаром вносили в горячую соленую сыворотку температурой 80 °С, после чего смесь нагревали до температуры 100 °С, выдерживали в течение 2–3 минут для активации гелеобразователя и охлаждали до 65–70 °С с сохранением текучести. На заключительном этапе отверстие, сформированное внутренним диаметром сырной головки, заполняли агаризованной сывороточно-растительной смесью, после чего продукт охлаждали до температуры 7 °С в течение 30 минут для структурообразования и застудневания «начинки». Предлагаемые технологические решения обеспечивают получение комбинированного продукта с содержанием сырной части и агаризованной «начинки» в объемном отношении 4 : 1.

Нутриентный профиль исследуемого объекта оценивали по уровню адекватности его качественного и количественного состава физиологическим потребностям организма взрослого человека в основных и эссенциальных пищевых веществах и энергии с учетом обновленных медико-биологических норм и рекомендаций МР 2.3.1.0253–21 [17].

Показатели, необходимые для оценки макронутриентной обеспеченности нового сырного продукта, определяли общепринятыми методами: массовую долю белка – методом Кьельдаля по ГОСТ 23327–98, жира – кислотным методом по ГОСТ 5867–90, углеводов –

расчетом по правилу аддитивности. Энергетическую ценность установили согласно МР 2.3.1.0253–21, исходя из того, что 1 г белка обеспечивает 4,0 ккал, 1 г жира – 9,0 ккал, 1 г углеводов – 4 ккал, в т. ч. моно- и дисахаридов – 3,8 ккал, пищевых волокон – 2 ккал [17].

Микронутриентный профиль исследуемого образца оценивали по результатам анализа его аминокислотного, жирнокислотного и витаминного составов. Аминокислотный состав комбинированного сырного продукта исследовали на кафедре технологии пищевых производств ВолгГТУ совместно с комплексной аналитической лабораторией ГНУ НИИММП методом ионообменной хроматографии с помощью системы аминокислотного анализа ARACUS (Германия, RMA GmbH). Биологическую ценность белков сырного продукта как характеристику степени соответствия его аминокислотного состава «идеальному» белку оценивали химическим методом по величине аминокислотного сора незаменимых аминокислот, рассчитанной по общепринятой методике. Жирнокислотный состав образца определяли методом газовой хроматографии по ГОСТ 32915–2014 в лаборатории ФБУ «Волгоградский ЦСМ». Витаминный

состав объекта исследования как многокомпонентной пищевой системы со сложной рецептурной композицией идентифицировали по принципу аддитивности, широко применяемому в математическом аппарате пищевой комбинаторики.

Результаты

Важным аспектом, подтверждающим потребительскую адекватность разработанной ресурсосберегающей рецептуры и технологии сырного продукта, выступают его нутриентная и энергетическая обеспеченности, обусловленные показателями состава (таблица 1).

Биологическая ценность белков сырного продукта характеризует степень соответствия его аминокислотного состава потребностям организма в аминокислотах для синтеза белка (таблица 2).

Качество жировой составляющей сырного продукта зависит от содержания в нем различных фракций жирных кислот и их соотношения (таблица 3).

Витаминный состав комбинированного сырного продукта характеризует разнообразие, что увеличивает его ценность в физиологическом отношении (таблица 4).

Таблица 1.
Макронутриентная и энергетическая обеспеченности сырного продукта

Table 1.

Provision of the cheese product by macronutrients and energy

Показатель | Indicator	Значение | Value	% НФП | % PhRN
Белки, % | Proteins, %	14,5	17
Жир, % | Fat, %	15,3	17
Углеводы, % | Carbohydrates, %	3,14	0,8
Энергетическая ценность, ккал | Energy value, kcal	208	8

Примечание: норма физиологической потребности (НФП)

Note: physiological requirement norm (PhRN)

Таблица 2.
Биологическая ценность белков сырного продукта

Table 2.

Biological value of the cheese product proteins

Аминокислота Amino acid	Эталон ФАО/ВОЗ, г/100 г. Standard FAO/WHO, g/100 g	Содержание, г/100 г. Content, g/100 g	Аминокислотный скор, % Amino acid score, %
Валин | Valine	5	3,03	61
Изолейцин + лейцин Isoleucine + leucine	11	7,93	72
Лизин | Lysine	5,5	4,68	85
Метионин + цистеин Methionine + cysteine	3,5	2,22	63
Треонин | Threonine	4	1,76	44
Триптофан | Tryptophan	1	0,81	81
Фенилаланин + тирозин Phenylalanine + tyrosine	6	5,65	89

Таблица 3.

Жирнокислотный состав сырного продукта

Table 3.

Fatty acid composition of the cheese product

Наименование | Name	Условное обозначение Symbol	Содержание, % | Content, %
Насыщенные жирные кислоты Saturated fatty acids:	–	61,7
масляная | butyric	C _{4:0}	2,6
капроновая | caproic	C _{6:0}	1,7
каприловая | caprylic	C _{8:0}	1,0
каприновая | capric	C _{10:0}	2,1
лауриновая | lauric	C _{12:0}	2,7
миристиновая | myristic	C _{14:0}	10,5
пальмитиновая | palmitic	C _{16:0}	30,3
стеариновая | stearic	C _{18:0}	10,8
Мононенасыщенные жирные кислоты Monounsaturated fatty acids:	–	28,1
миристолеиновая | myristoleic	C _{14:1}	0,7
пальмитолеиновая | palmitoleic	C _{16:1}	2,0
олеиновая | oleic	C _{18:1}	25,4
Полиненасыщенные жирные кислоты Polyunsaturated fatty acids:	–	4,4
линолевая | linoleic	C _{18:2}	3,4
линоленовая | linolenic	C _{18:3}	1

Таблица 4.

Витаминная обеспеченность сырного продукта

Table 4.

Vitamin provision of the cheese product

Витамин | Vitamin	НФП по МР 2.3.1.0253–21, мг в сутки PhRN for MR 2.3.1.0253–21, mg per day	Содержание, мг/100 г. Content, mg/100 g	% НФП% PhRN
жирорастворимые витамины | fat-soluble vitamins:			
А	0,85	0,36	40
Е	15	0,37	2
К	0,12	0,04	31
водорастворимые витамины | water-soluble vitamins:			
β -каротин | β -carotene	5	0,23	5
В ₁	1,5	0,25	17
В ₂	1,8	0,34	19
В ₅	5	1,02	20
В ₆	2	0,19	9
В ₉	0,4	0,03	9
В ₁₂	0,003	0,0005	17
С	100	7,35	7
Н	0,05	0,004	8
РР	20	3	15

Обсуждение

Как известно, пищевая ценность сыров, прежде всего, обусловлена высоким содержанием белка и жира. По данным анализа макронутриентной обеспеченности, 100 г. разработанного сырного продукта восполняют 17% физиологической потребности среднего взрослого человека в белке и жире, что позволяет считать его функциональным источником этих

пищевых веществ в рационе (таблица 1). На фоне пониженной общей калорийности 208 ккал, энергетический запас сырного продукта отличается незначительный – около 6%, – вклад углеводов и существенный – 28%, – удельный энергетический вес белковой составляющей, что придает новому продукту диетические свойства (рисунок 1).

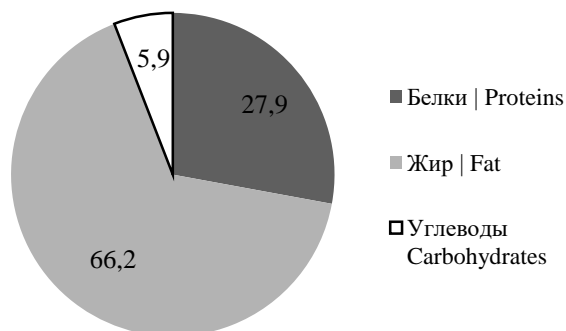


Рисунок 1. Калорийность сырного продукта, %
Figure 1. Calorie content of the cheese product, %

В свою очередь, преобладание белков и жиров в нутриентном профиле сырного продукта и их значительный вклад в калорийность, вызывает интерес в отношении полноценности аминокислотного и жирнокислотного составов, которую отражают показатели биологической ценности и эффективности.

Несмотря на то, что по полученным значениям скоров все незаменимые аминокислоты в составе белков сырного продукта являются лимитирующими, содержание некоторых аминокислот, в частности, фенилаланина и тирозина,

в сумме приближено к «идеальному» белку (таблица 2). Оценка обеспеченности сырного продукта незаменимыми аминокислотами, проведенная с учетом рекомендуемой приказом № 614 Минздрав России от 19.08.2016 г. суточной нормы потребления сыра, составляющей, в среднем, 20 г., выявляет его функциональность (таблица 5).

Так, ежедневное употребление сырного продукта в рекомендованном количестве восполняет физиологическую потребность организма в фенилаланине и тирозине на 18%, в лизине – на 17%, в изолейцине и лейцине – на 15%, что, согласно требованиям ГОСТ Р 52349–2005, подтверждает функциональные свойства продукта по перечисленным аминокислотам. Поскольку рациональная норма потребления сыра колеблется в зависимости от пола, возраста, характера трудовой деятельности и других факторов, целесообразно отметить, что 100 г. сырного продукта содержат 90% суммарной НФП в фенилаланине и тирозине, 87% в лизине, 74% в изолейцине и лейцине, тем самым, способны практически полностью обеспечить организм этими аминокислотами.

Таблица 5.

Обеспеченность сырного продукта незаменимыми аминокислотами

Table 5.

Provision of the cheese product by essential amino acids

Аминокислота Amino acid	НФП ФАО/ВОЗ, мг в сутки PhRN FAO/WHO, mg per day	% НФП | % PhRN	
		в расчете на 100 г. per 100 g	в расчете на норму потребления per consumption rate
Валин | Valine	650	68	14
Изолейцин + лейцин Isoleucine + leucine	1560	74	15
Лизин | Lysine	780	87	17
Метионин + цистеин Methionine + cysteine	845	38	8
Треонин | Threonine	455	56	11
Триптофан | Tryptophan	228	52	10
Фенилаланин + тирозин Phenylalanine + tyrosine	910	90	18

Одним из важных аспектов биологической ценности пищевого белка выступает степень усвояемости. В технологии сыра протеолиз белков молока под действием молокосвертывающего фермента и, частично, заквасочной микрофлоры в процессе свертывания и при последующем развитии молочнокислого процесса облегчает их усвоение [4]. Комплексный анализ белковой составляющей позволяет рекомендовать новый сырный продукт в качестве источника биологически ценного легкоусвояемого белка.

Количественным выражением биологической эффективности сырного продукта является его соответствие формуле гипотетически идеального жира, разработанной Институтом питания РАМН и ВНИИМС [18–20]. Виду доминирования насыщенной фракции в жирнокислотном составе комбинированного сырного продукта, значение индекса насыщенности 0,53 приближено к нижней границе в формуле идеального жира 0,6–0,9. Значительную долю 49% насыщенных жирных кислот составляет пальмитиновая кислота, известная своей

способностью оказывать стимулирующее воздействие на процессы обновления дермы и межклеточного вещества [17]. Помимо высших жирных кислот предельная фракция содержит 12% низкомолекулярных летучих жирных кислот состава $C_4:0 - C_{10:0}$ – масляную, капроновую, каприловую, каприновую, – которые участвуют в образовании специфического сырного аромата и вкуса, что приобретает особое значение ввиду отсутствия стадии созревания в разработанной технологии сырного продукта и предотвращает появление порока невыраженного вкуса. Аппетитный вкус и аромат стимулируют секрецию желудочного сока, что ускоряет пищеварительный процесс и повышает усвояемость продукта. В составе мононенасыщенной фракции преобладает олеиновая кислота, на долю которой приходится 90,4%. Детальный анализ жирнокислотного состава сырного продукта выявил соответствие относительного содержания линоленовой кислоты 0,01 верхней границе формулы идеального жира 0,005–0,01. В то же время, относительное содержание ценных линолевой и олеиновой кислот в 2,7 раза превышает нежелательную стеариновую, что является благоприятным аспектом жирнокислотного состава сырного продукта.

Комбинирование мягкого сыра с сывороточно-растительным студнем обеспечивает сбалансированность витаминного состава продукта. В большей степени сырный продукт обеспечен жирорастворимыми витаминами, что закономерно ввиду преобладания липидов в его составе. В частности, 100 г. сырного продукта содержат 40% НФП в витамине А, улучшающего состояние кожи и укрепляющего иммунную систему, и 31% НФП в витамине К, участвующем в механизме свертывания крови. Основным источником витамина К в рецептуре сырного продукта выступает укроп в составе «начинки». Обеспеченность продукта водорастворимыми витаминами B_1, B_2, B_5, B_{12} и РР, содержащимися, главным образом, в сывороточной части, составляет 15–20% НФП (таблица 4). Следует отметить участие этих витаминов в процессах обмена, в том числе белка, окислительно-восстановительных реакциях, направленное действие на улучшение состояния кожных покровов.

Заключение

Использование в технологии сырного продукта возвратной соленой подсырной сыворотки без предварительного обессоливания и осветления получило научное и практическое обоснование. Комбинированный мягкий сырный продукт с пряной «начинкой» в виде сывороточно-растительного студня сохраняет высокую пищевую ценность нутриентного профиля, может выступать низкокалорийным источником усвояемого белка и жира, а также отличается функциональной обеспеченностью витаминами А, К, группы В и РР. При этом биологическая ценность белков по незаменимым аминокислотам и эффективность жирнокислотного состава позволяют рекомендовать новый сырный продукт для систематического употребления в составе ежедневного рациона взрослого здорового человека.

Наряду с расширением ассортимента продуктов сыроделия и оптимизацией их нутриентного профиля, набор оригинальных технологических решений по замене части сырной головки агаризованным студнем на основе соленой подсырной сыворотки с растительными наполнителями – рецептурная композиция, способ формования и конструкция формы, режимы подготовки и обработки сырья и промежуточных продуктов, – способствует рациональному сбережению молочного сырья, позволяет увеличить выход продукта, сократить энергетические и материальные затраты. Потенциал развития предлагаемой технологии составляет не только возможность варьирования рецептуры студневой начинки путем введения различных вкусовых ингредиентов натурального происхождения, например, пряных трав, болгарского перца, тыквы и других, но и адаптация к особенностям молокоемкого производства созревающих сыров. Ресурсосберегающий эффект от выработки сырных продуктов с «начинкой» на основе подсырной сыворотки позволяет достигнуть экономии до 20% молочного сырья, т. е. до 2 т молока в расчете на выработку 1 т сыра, что одновременно повышает экологичность сыродельного производства за счет сокращения углеродного следа.

Литература

- 1 Батурин А.К., Мартинчик А.Н., Камбаров А.О. Структура питания населения России на рубеже XX и XXI столетий // Вопросы питания. 2020. № 4. С. 60–70. doi:10.24411/0042-8833-2020-10042
- 2 Делицкая И.Н., Мордвинова В.А., Свириденко Ю.Я. Новый тренд в сыроделии: полутвердые сыры с редуцированной калорийностью // Переработка молока. 2018. № 10. С. 52–53.
- 3 Дерканосова А.А., Курчаева Е.Е., Востроилов А.В., Баженова Е.В. и др. Научные подходы к использованию молока коров красно-пестрой породы в производстве мягких сыров комбинированного состава // Вестник ВГУИТ. 2021. № 1 (83). С. 146–154. doi: 10.20914/2310-1202-2021-1-146-154

- 4 Мордвинова В.А., Остроухова И.Л., Остроухов Д.В., Ильина С.Г. Особенности производства кисломолочных сыров // Сыроделие и маслоделие. 2019. № 1. С. 18–20.
- 5 Волкова Т.А. Побочное молочное сырье – ресурс для производства продуктов сыроделия и маслоделия // Молочная промышленность. 2021. № 5. С. 35–37. doi: 10.31515/1019-8946-2021-05-35-37
- 6 Храмов А.Г. Прогностический взгляд на перспективы переработки молочной сыворотки // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2018. № 2–3 (362–363). С. 9–12. doi: 10.26297/0579-3009.2018.2-3.2
- 7 Кузин А.А., Грунская В.А., Острцова Н.Г., Буйлова Л.А. и др. Перспективы перехода на принципы наилучших доступных технологий // Молочная промышленность. 2017. № 10. С. 29–31.
- 8 Карякин М.А. Очистка сточных вод, содержащих молочную сыворотку. Дорожная карта по выбору технологии // Молочная промышленность. 2021. № 7. С. 20–22.
- 9 Uctug F.G. The environmental life cycle assessment of dairy products // Food Engineering Reviews. 2019. V. 11. №. 2. P. 104–121. doi: 10.1007/s12393-019-9187-4
- 10 Sahu R., Agarwal T. Carbon footprint of raw milk and other dairy products // Challenges and opportunities of circular economy in agri-food sector. Springer, Singapore, 2021. P. 177-189. doi: 10.1007/978-981-16-3791-9_10
- 11 Волкова Т.А. Оценка технологического уровня отрасли в области переработки молочной сыворотки // Пищевая промышленность. 2021. № 7 (261). С. 14–18.
- 12 Вихарева, Е.А., Ходяшев Н.Б. Основные направления переработки молочной сыворотки // Химия. Экология. Урбанистика. 2017. Т. 1. С. 346–349.
- 13 Lappa, I.K., Papadaki, A., Kachrimanidou, V., Terpou et al. Cheese whey processing: Integrated biorefinery concepts and emerging food applications // Foods. 2019. V. 8. №. 8. doi: 10.3390/foods8080347
- 14 Benoit S., Chamberland J., Doyen A., Margni M. et al. Integrating pressure-driven membrane separation processes to improve eco-efficiency in cheese manufacture: a preliminary case study // Membranes. 2020. V. 10. №. 10. doi: 10.3390/membranes10100287
- 15 Пат. № 2654594, RU, A23C19/02, 19/032, 19/068. Способ получения комбинированного сырного продукта/А.А. Короткова, Е.А. Горте, И.В. Мгебришвили, Е.А. Селезнева, И.Ф. Горлов, В.Н. Храмова, Л.Ф. Григорян, О.П. Серова; ВолгГТУ. № 2017108006; Заявл. 10.03.2017; Оpubл. 21.05.2018. Бюл. № 15.
- 16 Горлов И.Ф., Короткова А.А., Горте Е.А., Храмова В.Н. и др. Повышение потребительской адекватности мягких свежих сыров // Аграрно-пищевые инновации. 2018. № 4 (4). С. 92–99. doi: 10.31208/2618-7353-2018-4-92-99
- 17 Попова А.Ю., Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. О новых (2021) нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации/Вопросы питания. 2021. № 4 (536). С. 6–19. doi: 10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19
- 18 Донскова Л.А., Беляев Н.М., Лейберова Н.В. Жирнокислотный состав липидов как показатель функционального назначения продуктов из мяса птицы: теоретические и практические аспекты // Индустрия питания | Food Industry. 2018. Т. 3. № 1. С. 4–10. doi: 10.29141/2500-1922-2018-6-1-1.
- 19 Johler S., Weder D., Bridy C., Huguenin M.C. et al. Outbreak of staphylococcal food poisoning among children and staff at a Swiss boarding school due to soft cheese made from raw milk // Journal of dairy science. 2015. V. 98. №. 5. P. 2944-2948. doi: 10.3168/jds.2014-9123
- 20 El-Sayed S.M. Use of spinach powder as functional ingredient in the manufacture of UF-Soft cheese // Heliyon. 2020. V. 6. №. 1. P. e03278. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03278


References

- 1 Baturin A.K., Martinchik A.N., Kambarov A.O. The transit of Russian nation nutrition at the turn of the 20th and 21st centuries. Problems of nutrition. 2020. no. 4. pp. 60–70. doi:10.24411/0042-8833-2020-10042 (in Russian).
- 2 Delitskaya I.N., Mordvinova V.A., Sviridenko G.M. A new trend in cheese making: semi-solid cheeses with reduced calorie content. Milk processing. 2018. no. 10. pp. 52–53. (in Russian).
- 3 Derkanosova A.A., Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Bazhenova E.V. et al. Scientific approaches to the application of red-and-white cows milk in the production of combined composition soft cheeses. Proceedings of VSUET. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 146–154. doi:10.20914/2310-1202-2021-1-146-154 (in Russian).
- 4 Mordvinova V.A., Ostrouhova I.L., Ostrouhov D.V., Il'ina S.G. Special issues of the fermented cheese production. Cheese and butter making. 2019. no. 1. pp. 18–20. (in Russian).
- 5 Volkova T.A. By-Product dairy raw materials – a resource for the production of cheese and butter products. Dairy industry. 2021. no. 5. pp. 35–37. doi: 10.31515/1019-8946-2021-05-35-37 (in Russian).
- 6 Khramtsov A.G. Prognostic view on the prospects of processing whey. Izvestiya vuzov. Food technology. 2018. vol. 362–363. no. 2–3. pp. 9–12. doi: 10.26297/0579-3009.2018.2-3.2 (in Russian).
- 7 Kuzin A.A., Grunskaya V.A., Ostretsova N.G., Builova L.A. et al. Perspectives of transition on the principles of the best available technologies. Dairy industry. 2017. no. 10. pp. 29–31. (in Russian).
- 8 Karjakin M.A. Treatment of waste water containing milk whey. Technology roadmap. Dairy industry. 2021. no. 7. pp. 20–22. doi: 10.31515/1019-8946 (in Russian).
- 9 Uctug F.G. The environmental life cycle assessment of dairy products. Food Engineering Reviews. 2019. vol. 11. no. 2. pp. 104–121. doi: 10.1007/s12393-019-9187-4
- 10 Sahu R., Agarwal T. Carbon footprint of raw milk and other dairy products. Challenges and opportunities of circular economy in agri-food sector. Springer, Singapore, 2021. pp. 177-189. doi: 10.1007/978-981-16-3791-9_10
- 11 Volkova T.A. Assessment of the industry technological level in the whey processing field/Milk processing. 2021. vol. 261. no. 7. pp. 14–18 (in Russian).


- 12 Vkhareva E.A., Khodyashev N.B. The main directions of processing milk whey. Chemistry. Ecology. Urbanistics. 2017. vol. 1. pp. 346–349 (in Russian).
- 13 Lappa, I.K., Papadaki, A., Kachrimanidou, V., Terpou et al. Cheese whey processing: Integrated biorefinery concepts and emerging food applications. Foods. 2019. vol. 8, no. 8. doi: 10.3390/foods8080347
- 14 Benoit S., Chamberland J., Doyen A., Margni M. et al. Integrating pressure-driven membrane separation processes to improve eco-efficiency in cheese manufacture: a preliminary case study. Membranes. 2020. vol. 10. no. 10. doi: 10.3390/membranes10100287
- 15 Korotkova A.A., Gorte E.A., Mgebrishvili I.V., Selezneva E.A. et al. Method for obtaining combined analogue cheese. Patent RF, no. 2654594, 2018.
- 16 Gorlov I.F., Korotkova A.A., Gorte E.A., Hramova V.N. et al. Increase in consumer adequacy soft fresh cheeses. Agrarian-and-food innovations. 2018. vol. 4. no. 4. pp. 92–99. doi: 10.31208/2618–7353–2018–4–92–99 (in Russian).
- 17 Popova A. Yu., Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. On the new (2021) norms of physiological requirements in energy and nutrients of various groups of the population of the Russian Federation. Problems of nutrition. 2021. vol. 536. no. 4. pp. 6–19. doi: 10.33029/0042–8833–2021–90–4–6–19 (in Russian).
- 18 Donskova L.A., Belyaev N.M., Leiberova N.V. Fatty-acid composition of lipids as functional purpose indicator of poultry meat products from: theoretical and practical aspects. Food Industry. 2018. vol. 3. no. 1. pp. 4–10. doi: 10.29141/2500–1922–2018–6–1–1 (in Russian).
- 19 Johler S., Weder D., Bridy C., Huguenin M.C. et al. Outbreak of staphylococcal food poisoning among children and staff at a Swiss boarding school due to soft cheese made from raw milk. Journal of dairy science. 2015. vol. 98. no. 5. pp. 2944–2948. doi: 10.3168/jds.2014-9123
- 20 El-Sayed S.M. Use of spinach powder as functional ingredient in the manufacture of UF-Soft cheese. Heliyon. 2020. vol. 6. no. 1. pp. e03278. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03278

Сведения об авторах**Information about authors**


Алина А. Короткова к.б.н., доцент, кафедра технологии пищевых производств, Волгоградский государственный технический университет, пр-т Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Россия, alina.cor@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0705-5501>


Валентина Н. Храмова д.б.н., профессор, кафедра технологии пищевых производств, Волгоградский государственный технический университет, пр-т Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Россия, hramova_vn@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>


Светлана Е. Божкова к.б.н., доцент, кафедра технологии пищевых производств, Волгоградский государственный технический университет, пр-т Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Россия, bozhkova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9992-3515>


Юлия Н. Картушина к.г.-м.н., доцент, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет, пр-т Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Россия, kartysina@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1325-9241>


Alina A. Korotkova Cand. Sci. (Biol.), associate professor, food technology industries department, Volgograd State Technical University, Lenin Av., 28 Volgograd, 400005, Russia, alina.cor@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0705-5501>


Valentina N. Khranova Dr. Sci. (Biol.), professor, food technology industries department, Volgograd State Technical University, Lenin Av., 28, Volgograd, 400005, Russia, hramova_vn@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>

Svetlana E. Bozhkova Cand. Sci. (Biol.), associate professor, food technology industries department, Volgograd State Technical University, Lenin Av., 28, Volgograd, 400005, Russia, bozhkova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9992-3515>

Yuliya N. Kartushina Cand. Sci. (Geol.-Min.), associate professor, industrial ecology and life safety department, Volgograd State Technical University, Lenin Av., 28, Volgograd, 400005, Russia, kartysina@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1325-9241>

Вклад авторов**Contribution**

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

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

Конфликт интересов**Conflict of interest**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 20/01/2022

После редакции 09/02/2022




Принята в печать 02/03/2022

Received 20/01/2022

Accepted in revised 09/02/2022

Accepted 02/03/2022

Определение остаточного количества антибиотиков в продуктах животного происхождения

Ольга С. Чаплыгина	¹	chaplygina_95@mail.ru	 0000-0003-3193-858X
Александр Ю. Просеков	¹	aprosekov@rambler.ru	 0000-0002-5630-3196
Дарья Д. Белова	²	antonina-daria@mail.ru	 0000-0002-0630-7658




¹ Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия

² Кузбасская сельскохозяйственная академия, ул. Марковцева, 5, г. Кемерово, 650056, Россия

Аннотация. Антибиотики широко используются для профилактики и лечения инфекционных заболеваний в медицине и ветеринарии, а также в качестве стимуляторов роста в животноводстве. Присутствие остаточных следов антибиотиков в животноводческой продукции, а далее и в пищевых продуктах, полученных на ее основе, представляет опасность как для человека, так и для окружающей среды в целом. Нерациональное использование антибиотиков в сельском хозяйстве стимулирует появление антибиотикорезистентных бактерий, способных вызывать инфекционные заболевания у человека и животных, не поддающиеся лечению современными лекарственными препаратами. В связи с потенциальным риском для здоровья человека во многих странах регламентированы максимально допустимые пределы содержания остаточных следов антибиотиков. Поэтому актуальной задачей остается разработка новых высокочувствительных, точных, простых и экономически выгодных методов их определения. Данный обзор направлен на анализ последних работ в области идентификации остаточных следов антибиотиков в пищевых продуктах.

Ключевые слова: антибиотики, экстракция, животноводство, продукты питания, хроматография, антибиотикорезистентность

Определение остаточного количества антибиотиков в продуктах животного происхождения

Olga S. Chaplygina	¹	chaplygina_95@mail.ru	 0000-0003-3193-858X
Alexander Yu. Prosekov	¹	aprosekov@rambler.ru	 0000-0002-5630-3196
Daria D. Belova	²	antonina-daria@mail.ru	 0000-0002-0630-7658

¹ Kemerovo State University, Krasnaya str., 6, Kemerovo, 650000, Russia

² Kuzbass Agricultural Academy, 5 Markovtseva str., Kemerovo, 650056, Russia

Abstract. Antibiotics are widely used for the prevention and treatment of infectious diseases in medicine and veterinary medicine, as well as growth stimulants in animal husbandry. The presence of residual traces of antibiotics in animal products, and further in food products derived from it, poses a danger to both humans and the environment as a whole. The irrational use of antibiotics in agriculture stimulates the emergence of antibiotic-resistant bacteria that can cause infectious diseases in humans and animals that cannot be treated with modern medicines. Due to the potential risk to human health in many countries, the maximum permissible limits for the content of residual traces of antibiotics are regulated. Therefore, the development of new highly sensitive, accurate, simple and cost-effective methods for their determination remains an urgent task. This review is aimed at analyzing recent work in the field of identification of residual traces of antibiotics in food products.

Keywords: antibiotics, extraction, animal husbandry, food, chromatography, antibiotic resistance

Введение

Термин «антибиотики» охватывает широкий спектр химических веществ, которые производятся естественным, полусинтетическим и синтетическим путем и используются для подавления (бактериостатического) роста бактерий или их уничтожения (бактерицидные). В зависимости от их действия они классифицируются как бактериостатические (бактерицидные), а также по серии эффективности как антибиотики узкого или широкого спектра действия [1].

В связи с широким использованием ветеринарных препаратов и антибиотиков в животноводстве одной из серьезных проблем обеспечения безопасности пищевых продуктов является наличие остаточных следов антибиотиков в продуктах животного происхождения. Данные препараты применяют для предотвращения быстрого распространения инфекционных заболеваний. Помимо лечебных и профилактических целей антибиотики могут использоваться в качестве кормовых добавок для увеличения массы тела и в качестве консервантов кормов [2, 3].

Для цитирования

Чаплыгина О.С., Просеков А.Ю., Белова Д.Д. Определение остаточного количества антибиотиков в продуктах животного происхождения // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 140–148. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-140-148

For citation

Chaplygina O.S., Prosekov A.Yu., Belova D.D. Определение остаточного количества антибиотиков в продуктах животного происхождения. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 140–148. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-140-148

Установлено, что при добавлении антибиотиков в корм происходит снижение падежа молодняка, ускорение процессов роста и развития и сокращение объема потребления кормов на 5–10% [4]. Однако необходимо учитывать, что антибиотики попадая в организм животных способны длительное время циркулировать в нем, а их остатки попадают в продукты животного происхождения (молоко, мясо, яйца и др.). Также следы антибиотиков могут находиться в сельскохозяйственных культурах и овощах из-за использования фекальных удобрений [2, 5, 6].

Остаточные следы антибиотиков могут вызывать различные побочные эффекты, такие как перенос устойчивых к антибиотикам бактерий человеку, иммунопатологические эффекты, аллергия, мутагенность, нефропатия (гентамицин), гепатотоксичность, репродуктивные расстройства, токсичность для костного мозга (хлорамфеникол) и даже канцерогенность (сульфаметазин, окситетрациклин), фуразолидон). Наиболее важным побочным эффектом остатков антибиотиков является перенос бактерий, устойчивых к антибиотикам, на человека благодаря мобильным свойствам устойчивости [7–9].

Цель работы – проведение анализа публикаций, в которых отражены последние разработки и достижения в области идентификации остаточных следов антибиотиков в пищевых продуктах.

Объекты и методы

Объектом исследования стала общедоступная научная литература, посвященная способам идентификации остаточного количества антибиотиков в продуктах животного происхождения. Поиск научной литературы осуществлялся в следующих информационных базах данных: PubMed от National Center for Biotechnology Information (США), Scopus и ScienceDirect от Elsevier, на платформе Web of Science и в отечественной электронной библиотеке eLibrary.ru. Ограничениями поиска стал язык: русский и английский. Глубина поиска составила 5 лет. В рамках данной работы проведен аналитический обзор _ зарубежных и отечественных научных литературных источников.

Результаты

Амфениколы (хлорамфеникол, тиамфеникол, и флорфеникол) – это антибактериальные препараты широкого спектра действия, бактериостатические с близкородственными химическими структурами.

Первое соединение в этом классе – хлорамфеникол выделено в 1947 г. из культуральной жидкости актиномицета *Streptomyces venezuelae*.

Он эффективен против многих патогенных бактерий, риккетсий и микоплазм и проявляет этот эффект, нарушая синтез белка у микроорганизмов [7]. Применение хлорамфеникола способствует возникновению многих побочных эффектов. Его используют при лечении смертельных инфекций, таких как холера, брюшной тиф и лихорадка. Хлорамфеникол используется для уничтожения вибрионов, особенно устойчивых к тетрациклину. По этой причине хлорамфеникол и антибиотики, производные тетрациклина, используются вместе в лечебных целях [11].

V. Vuran et al. для определения остаточного количества хлорамфеникола, разработали методику магнитной твердофазной экстракции (MSPE) в сочетании с методикой высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодной матрицей (HPLC-DAD). В качестве твердофазного сорбента были синтезированы магнитные наночастицы, покрытые нановолокном, и подробно охарактеризованы с использованием полевой эмиссионной сканирующей электронной микроскопии (FE-SEM), рамановской спектроскопии и рентгеноструктурного анализа (XRD). Экспериментальные параметры метода были систематически исследованы и оптимизированы. Разработанный метод был применен к образцам настоящего молока для количественного определения остатков антибиотиков. Значения восстановления для хлорамфеникола были найдены в диапазоне 94,6–105,4% (n = 3) при использовании модельного раствора с добавками [12].

Метод определения хлорамфеникола как в прополисе, так и в пищевых добавках на основе прополиса был разработан J. Wen et al. с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии-тандемной масс-спектрометрии (HPLC-MS/MS). Флавоны в образцах были удалены с помощью раствора ацетата свинца и аммиака, а жирорастворимые вещества, такие как пчелиный воск и растительные масла, были удалены с помощью n-гексан после растворения образца в этаноле. Трет-бутилметилловый эфир использовали в качестве растворителя для обратной экстракции для уменьшения соэкстракционных соединений, таких как полиэтиленгликоль 400 (PEG 400) и глицерин, которые являются обычными адъювантами пищевых добавок, и некоторых полярных помех. Хлорамфеникол обнаруживали с помощью ВЭЖХ-МС/МС и количественно определяли методом внутреннего стандарта. Калибровочная кривая показала хорошую линейность в диапазоне 0,20–50,0 мкг/л.

Пределы обнаружения и пределы количественного определения составили 0,03 и 0,1 мкг/кг соответственно. Извлечение в четырех различных матрицах на трех уровнях добавок находилось в диапазоне 86,0–114,4% с относительными стандартными отклонениями от 0,3% до 4,9%. Разработанный метод обладает преимуществами превосходной универсальности, простоты эксплуатации, высокой чувствительности и сильной защиты от помех [13].

Сульфаниламиды представляют собой класс синтетических антибактериальных препаратов, производные пара (π) – аминобензолсульфамида. Они способны быстро усваиваться, благодаря чему находят широкое применение в животноводстве в качестве лекарственных средств и стимуляторов роста. В последние годы остатки сульфаниламидов и их метаболитов постоянно попадают в почву и воду, создавая потенциальную опасность для окружающей среды.

В статье [14] синтезировали сферический мезопористый ковалентный органический каркас, как адсорбент твердофазной экстракции для сверхчувствительного определения сульфонамидов в образцах пищевых продуктов и воды методом жидкостной хроматографии и тандемной масс-спектрометрии. Разработанный метод обеспечивает низкие пределы обнаружения (0,5–1,0 нг/л) и широкий диапазон измерения сульфаниламидов (5–1000 нг/л).

Тилозин – макролидный антибиотик широкого спектра действия, продуцируемый штаммов *Streptomyces fradiae*. Он относится к группе антибактериальных препаратов для лечения болезней бактериальной этиологии. Тилозин тартрат гранулят используется в качестве стимулятора роста (кормового антибиотика) для свиней, малого и крупного рогатого скота, и птиц. Остаточные следы тилозина способны вызывать аллергические реакции, нарушение кишечной микрофлоры и оказывать канцерогенное, мутагенное и гепатотоксичное воздействие [15].

Способ определения остатков тилозина в молоке с помощью инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR) в сочетании с хемометрикой представлен в работе [16]. Авторы работы использовали инфракрасную спектроскопию с преобразованием Фурье с ослабленным полным отражением (ATR-FTIR), связанную с многослойной сетью перцептронов (MLP) и методом частичных наименьших квадратов (PLS). При анализе данных FTIR-спектров MLP позволяет распознать образцы молока, загрязненные тилозином, а PLS спрогнозировать очень низких концентраций (0,1–100 мкг/л) остатков тилозина

в молоке. Данный метод позиционируют, как эффективный и не дорогой количественный метод анализа остатков тилозина в молоке.

При совместной работе российских, болгарских и китайских ученых разработана двойная иммунохроматографическая тест-система для одновременного определения антибиотиков линкомицина и тилозина в пищевых продуктах. Иммунохроматографический анализ осуществлялся в непрямом конкурентном формате с использованием в качестве метки антивидовых антител, конъюгированных с наночастицами золота. При оптимальных условиях пределы обнаружения для тилозина и линкомицина составили 0,090 нг/мл и 0,008 нг/мл соответственно, а продолжительность анализа занимала 10 мин. Разработанная тест-система позволила определить остатки тилозина и линкомицина в молоке, меде и яйцах [17].

В статье [18] описан метод определения следов тилозина с помощью инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR). Авторы отмечают, что предложенная методика отличается высокой эффективностью, быстротой анализа и низкой стоимостью.

Тетрациклины относятся к недорогим антибиотикам широкого спектра действия в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, поэтому широко используются в медицине и ветеринарии. Однако в последнее время их остаточные следы в продуктах питания и окружающей среде вызывают серьезные опасения. В связи с этим разрабатываются различные методы идентификации и подготовки проб для анализа остатков тетрациклина в пищевых продуктах [22, 23].

Высокоселективный метод определения следов тетрациклина в пищевых продуктах представлен в статье [21]. Авторы статьи изготовили аптамер, закрепленный на тетраэдрических наноструктурно-функционализированных магнитных шариках ДНК (Apt-tet MB) в качестве зонда для обнаружения тетрациклина. В присутствии следов тетрациклина праймер ДНК высвобождается из Apt-tet MB, далее отделенный праймер ДНК вызывает реакцию амплификации по типу катящегося круга (RCA) и генерирует длинную тандемную одноцепочечную последовательность. Затем с помощью флуоресцентного красителя SYBR Green I сигнал флуоресценции фиксируется зондами обнаружения посредством гибридизации продукта RCA. Данный метод позволяет определить концентрацию тетрациклина в диапазоне от 0,001 до 10 нг/мл.

Н. Sereshti et al. разработал метод электрохимически контролируемой твердофазной микроэкстракции на основе модифицированного медного электрода с проводящим нанокомпозитом полианилин / оксид графена для экстракции окситетрациклина, тетрациклина и доксициклина и дальнейшего их количественного определения с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с УФ детектором. При оптимальных условиях разработанный метод позволяет определить целевые аналиты в пределах обнаружения 0,32–1,01 и 2,42–7,59 мкг/л в пробах воды и молока соответственно [19].

В работе [20] предложили способ получения металлоорганических каркасов для дисперсионной твердофазной экстракции с целью определения следов тетрациклина в меде. Наиболее эффективной адсорбция-экстракция оказалась при комбинации MIL-101 (Cr), MIL-100 (Fe) и MIL-53 (Al) и соотношении компонентов 7:1:2. Данный метод позволял определить концентрацию окситетрациклина, тетрациклина, хлортетрациклина и доксициклин в диапазоне от 0,239 до 1,449 нг/г.

А. Kumar et al. предложили способ определения остаточных количеств окситетрациклина и амоксициллина в коровьем молоке с помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектором. Пределы обнаружения искоемых аналитов составили 1,4 и 0,9 мкг/кг для окситетрациклина и 2,5 и 1,5 мкг/кг для амоксициллина [22].

Хинолоны представляют собой группу широко используемых синтетических антимикробных препаратов, также включающую фторхинолоны. За счет подавления бактериальных ферментов ДНК-гиразы, топоизомераз II и IV хинолоны оказывают угнетающее воздействие. Гибель клеток бактерий происходит за счет подавления ДНК-гиразы. Хинолоны часто используются в качестве первостепенных препаратов для лечения острых желудочно-кишечных инфекций у людей, так как обладают высокой активностью против кишечных патогенов, а также в тех случаях, когда патоген, вызвавший заболевания еще не известен. Благодаря широкому спектру действия хинолоны также используются в ветеринарии. Однако было отмечено, что внедрение хинолонов в ветеринарную практику способствовало значительному росту устойчивости бактерий к антибиотикам данной группы.

Энрофлоксацин относится к группе фторхинолонов. Он эффективен против грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов и всех видов микоплазмы.

В работе [23] аргентинские ученые предложили метод определения остаточных следов энрофлоксацина в куриных яйцах с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с быстросканирующим флуоресцентным детектором.

Литовскими учеными разработан быстрый и надежный аналитический метод обнаружения хинолонов в мясе птицы с помощью масс-спектрометра ионно-циклотронного резонанса с Фурье-преобразованием. Пробоподготовка образца была упрощена и сокращена до стадии экстракции и замораживания. Также был исключен этап хроматографического разделения и оптимизированы масс-спектрометрические параметры. В результате общее время анализа составляло менее одного часа. Разработанный метод позволяет определить наличие десяти хинолоновых соединений в мясе птицы в том числе ципрофлоксацина и энрофлоксацина [24].

Аминогликозиды представляют собой группу антибиотиков природного и полусинтетического происхождения. Строение антибиотиков отличается присутствием аминсахара, соединённого гликозидной связью с аминокциклическим кольцом. Они обладают широким спектром действия и бактерицидной активностью против аэробных бактериальных инфекций. При накоплении в организме человека способны оказывать негативное воздействие и обладать ототоксичностью и нефротоксичностью. В связи с потенциальным риском для здоровья во многих странах установлены максимальные пределы содержания остаточных следов аминогликозидов в продуктах животного происхождения [25, 26].

Канамицин – аминогликозидный антибиотик, продуцируемый *Streptomyces kanamyceticus* или другими родственными микроорганизмами. Он широко используется для лечения грамположительных и грамотрицательных бактериальных инфекций в медицине и ветеринарии. Механизм действия канамицина основан на взаимодействии с рибосомной РНК, препятствующей синтезу бактериального белка. Остаточные следы канамицин в избыточном количестве способны вызывать аллергические реакции, снижение слуха и оказывать нефротоксичность [26].

В работе [27] описан биосенсор на основе аптамеров для определения остатков канамицина в образцах сельскохозяйственной продукции. Он представляет из себя проточный аптамерный биосенсор, в котором изменения сигнала контролируются с помощью измерений поверхностного плазмонного резонанса (SPR) на основе специфического взаимодействия

аптамера с антибиотиком. Изменение сигнала пропорционально концентрации анализируемого вещества. Данный биосенсор позволяет определить концентрацию канамицина в диапазоне от 1 до 100 ммоль/л.

V. Yu et al. разработали высокочувствительный метод определения аминокликозидов в пищевых продуктах с помощью капиллярного электрофореза, ионизации и тандемной масс-спектрометрии с электрораспылением. Капиллярный электрофорез использовали для разделения аминокликозидов, а количественное определение проводили с помощью масс-спектрометрии. Предел обнаружения аминокликозидов составил 0,67 мкг/кг [25].

Y.R. Kim и H. – S Kang представили метод определения двадцати остатков аминокликозидов в продуктах животного происхождения с помощью жидкостной хроматографии и тандемной масс-спектрометрии. Разделение проводили на колонке C 18 с обратной фазой и элюировали ацетонитрилом, содержащим ионно-парный реагент-гептафтормасляную кислоту. По сравнению с аналогами разработанный метод менее трудоемок и экономически выгоден из-за использования очистки d-SPE [26].

Полипептидные антибиотики – это группа противомикробных препаратов с широким спектром действия против многих грамотрицательных и грамположительных бактерий. Антибиотики данной группы обладают большой молекулярной массой и имеют общее структурное строение, состоящее из гептапептидного кольца с полипептидной боковой цепью.

В статье [28] описан метод ультра-высокоэффективной жидкостной хроматографии и тандемной масс-спектрометрии для идентификации остатков полипептидных антибиотиков (бацитрацина А, колистина А, колистина В, полимиксина В₁ и полимиксина В₂) в продуктах питания животного происхождения. Экстракцию проводили смесью ацетонитрила, воды и 25% раствора аммиака при объемном соотношении 80/10/10, далее проводили этапы выпаривания, восстановления и фильтрации. Хроматографическое разделение проводили на колонке C18 в режиме градиентного элюирования, а масс-спектральные измерения в режиме селективного мониторинга множественных реакций с помощью тройного квадрупольного масс-спектрометра. Данный метод позволяет определить концентрацию полипептидных антибиотиков в диапазоне от 10 до 1000 мкг/кг.

Колистин – антибиотик, продуцируемый некоторыми штаммами бактерии *Paenibacillus polymyxa*, оказывающий воздействие на большинство грамотрицательных бактерий. Токсичен для почек, отмечена также нейротоксичность,

является лекарством последнего резерва для лечения инфекционных заболеваний, вызванных грамотрицательными бактериями с множественной лекарственной устойчивостью [29].

Бацитрацин – антибиотик полипептидной группы, синтезируемый штаммами бактерии *Bacillus subtilis*. Действует на грамположительные микроорганизмы (бета-гемолитические стрептококки, стафилококки) и некоторых грамотрицательные патогены. Механизм действия заключается в ингибировании синтеза клеточной оболочки бактерий [29].

В работе [31] представлен метод портативного иммуоферментного анализа с латеральным потоком для идентификации следов колистина и бацитрацина в молоке. Модификация метода заключалась в замене наночастиц золота, используемых в традиционном иммуоферментном анализе с латеральным потоком, флуоресцентными микросферами для маркировки моноклональных антител. Основываясь на принципе конкурентного связывания с мечеными моноклональными антителами между аналитами в образцах и фиксированными антигенами на мембране. Предел обнаружения составил 100 и 50 нг/мл для бацитрацина и колистина соответственно.

N. Kumar et al. предложили способ определения колистина в яйцах и мясе птицы. Экстракцию колистина b проводили раствором подкисленного метанола и воды при соотношении 1:1, далее центрифугировали и фильтровали через мембранный фильтр. Анализ проводили с помощью ультра-высокоэффективной жидкостной хроматографии и тандемной масс-спектрометрией. Предел количественного определения колистина разработанным методом составил для куриного мяса 10 мкг/кг, для яиц 5 мкг/кг. Данный метод является более экономически выгодным по сравнению с аналогами за счет снижения затрат на пробоподготовку [32].

В последние годы исследования ученых направлены на разработку методов, которые способны определять несколько классов антибиотиков одновременно. Так A. Mehl с соавторами разработали высокопроизводительный метод планарной твердофазной экстракции для быстрого скрининга 66 антибиотиков. Нажимая на различные участки изображения интерфейс autoTLC-MS автоматически выделяет целевые зоны анализа непосредственно в масс-спектрометр высокого разрешения с орбитальной ловушкой, работающий в режиме сбора данных, не зависящего от переменных. В работе анализировалось

наличие девяти различных классов антибиотиков (сульфонамиды, диаминопиримидины, линкозамиды, плевомутилины, макролиды, цефалоспорины, пенициллины, амфениколы и нитроимидазолы). В качестве объектов исследования использовалась мышечная ткань, коровье молоко и куриные яйца. Продолжительность анализа составила 7 мин на образец, что в 5 раз быстрее, чем обычные современные технологии. Метод проверки одобрен для одного антибиотика каждого класса в соответствии с Решением Европейской комиссии 2002/657/ЕС. Авторы предполагают, что разработанный ими метод анализа обеспечит более полное исследование образцов и соответственно повысит безопасность пищевых продуктов [6].

Метод идентификации остаточных следов антибиотиков в козьем молоке представлен в работе [33]. В основе метода лежит экстракция на колонке *PrIME HLB* в сочинении с ультравысокоэффективной жидкостной хроматографией и квадрупольной / электростатической полевой орбитальной масс-спектрометрией высокого разрешения. Разработанный метод позволяет определить одновременно до 62 ветеринарных антибиотиков. В оптимальных условиях предел количественного определения антибиотиков составил от 0,5 до 100 мкг/л.

Одновременное определение восьми ветеринарных препаратов и трех остатков метаболитов из четырех категорий (хлорамфениколы, нитроимидазолы, линкозамиды и макролиды) в яйцах, молоке, курице и пресноводной рыбы предложено в статье [34]. Разработанный метод основан на ультраэффективной жидкостной хроматографии и тандемной масс-спектрометрии в сочетании с твердофазной экстракцией. Целевые аналиты разделяли на хроматографической колонке *ACQUITY UPLC VEN C18* (100 мм x 2,1 мм, 1,7 мкм) при температуре колонки 40 °С и скорости потока 0,4 мл/мин. Объем инъекции составлял 10 мкл.

Градиентное элюирование проводили метанолом и 0,1% водным раствором муравьиной кислоты в качестве подвижных фаз. Разработанный метод обеспечивает низкие пределы обнаружения от 0,05 до 0,50 пг/кг и пределы количественного определения от 0,2 до 1,5 пг/кг.

Заключение

Во многих странах масштабы использования антибиотиков в сельском хозяйстве превышают их использование в медицине. Чрезмерное, неконтролируемое использование антибиотиков в ветеринарии в совокупности с несоблюдением правил приема препаратов, периодов отмены, а также строгого соблюдения правил безопасности пищевых продуктов представляет значительную угрозу для здоровья населения и экосистемы в целом. Помимо различных неблагоприятных последствий для здоровья, которые могут возникнуть в результате воздействия остаточных следов антибиотиков, антибиотикорезистентность микроорганизмов считается основной угрозой для здоровья человека в будущем.

Антибиотикорезистентность может передаваться людям через пищевые продукты, при непосредственном контакте с животным или через объекты окружающей среды. У антибиотикорезистентности нет экологических, географических, отраслевых или биологических границ. Так применение антибиотиков в одной стране или отрасли влияет на распространение антибиотикорезистентности в других странах и отраслях. Контроль и снижение негативного влияния остаточных следов антибиотиков на организм человека и окружающую среду является первоочередной задачей во всем мире. В соответствии со всем вышесказанным разработка методов идентификации остаточных следов антибиотиков в пищевых продуктах остается актуальной задачей и появляются все новые, более эффективные методы анализа.

Литература

- 1 Manyi-Loh C., Mamphweli S., Meyer E., Okoh A. Open Access Review Antibiotic Use in Agriculture and Its Consequential Resistance in Environmental Sources: Potential Public Health Implications // *Molecules*. 2018. V. 23. № 4. doi: 10,3390/molecules23040795
- 2 Bacanlı M., Basaran N. Importance of antibiotic residues in animal food // *Food and Chemical Toxicology*. 2019. V. 125. P. 462–466. doi: 10,1016/j.fct.2019.01,033.
- 3 Baynes R.E., Dedonder K., Kissell L. Health concerns and management of select veterinary drug // *Food and Chemical Toxicology*. 2016. V. 88. P. 112–122. doi: 10,1016/j.fct.2015.12.020,
- 4 Галяутдинова Г.Г., Маланьев А.В., Мухамметшина А.Г. Балымова М.В. и др. Индикация антибиотика цинкбацитрацина в кормах методом ВЭЖХ // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2020. Т. 242. (2). С. 36–39. doi: 10,31588/2413–4201–1883–242–2–36–40
- 5 Шульга Н.Н., Шульга И.С., Плавшак Л.П. Антибиотики в животноводстве пути решения проблемы // *Тенденции развития науки и образования*. 2018. № 35–4. С. 52–55. doi: 10,18411/lj-28–02–2018–68

- 6 Mehl A., Schmidt L.J., Schmidt L. High-throughput planar solid-phase extraction coupled to orbitrap high-resolution mass spectrometry via the autoTLC-MS interface for screening of 66 multi-class antibiotic residues in food of animal origin // *Food Chemistry*. 2021. V. 351. P. 129211. doi: 10,1016/j.foodchem.2021,129211
- 7 Bacanlı M., Başaran N. Importance of antibiotic residues in animal food // *Food and Chemical Toxicology*. 2019. V. 2019. P. 462–466. doi: 10,1016/j.fct.2019.01,033
- 8 Галютдинова Г.Г., Босяков В.И., Хайруллин Д.Д., Егоров В.И. Хроматографические методы определения антибиотика цинкбацитрацина // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2018. Т. 236. № 4. С. 67–72. doi: 10,31588/2413-4201-1883-236-4-67-72
- 9 Potekhin A.V., Rusaleyev V.S. Monitoring of antibiotic resistance of *Acinobacillus pleuropneumoniae* isolated in the Russian Federation in 2012–2014 // *Veterinary Science Today*. 2016. № 1. P. 24–29.
- 10 Шульга Н.Н., Шульга И.С., Плавшак Л.П. Антибиотики против человека // *БИО*. 2019. Т. 7 (226). С. 6–12.
- 11 Jalili R., Khataee A. Application of molecularly imprinted polymers and dual-emission carbon dots hybrid for ratiometric determination of chloramphenicol in milk // *Food and Chemical Toxicology*. 2020, V. 146. doi: 10,1016/j.fct.2020,111806
- 12 Vuran B., Ulusoy H.I., Sarp G., Yilmaz E. Determination of chloramphenicol and tetracycline residues in milk samples by means of nanofiber coated magnetic particles prior to high-performance liquid chromatography-diode array detection // *Talanta*. 2021. V. 230. doi: 10,1016/j.talanta.2021,122307
- 13 Wen J., Wu F., Cao Y., He J. et al. Determination of chloramphenicol in propolis and propolis-derived dietary supplements by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry // *Chinese Journal of Chromatography*. 2018. V. 36. (12). P. 1284–1289. doi: 10,3724/SP.J.1123.2018.08012
- 14 Wen L., Liu L., Wang X. et al. Spherical mesoporous covalent organic framework as a solid-phase extraction adsorbent for the ultrasensitive determination of sulfonamides in food and water samples by liquid chromatography-tandem mass spectrometry // *Journal of Chromatography A*. 2020. V. 1625. P. 461275. doi: 10,1016/j.chroma.2020,461275
- 15 Moudgil P., Bedi J.S., Aulakh R.S., Wang M. – L. et al. Antibiotic residues and mycotoxins in raw milk in Punjab (India): A rising concern for food safety // *Journal of Food Science and Technology*. 2019. V. 56 (11). P. 5146–5151. doi: 10,1016/j.chroma.2020,461275
- 16 de Freitas A., de Magalhães B., Minhó L., Leão D. FTIR spectroscopy with chemometrics for determination of tylosin residues in milk // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021. V. 101. № 5. P. 1854–1860. doi: 10,1002/jsfa.10799
- 17 Hendrickson O.D., Zvereva E.A., Zherdev A.V. Godjevargova T. et al. Development of a double immunochromatographic test system for simultaneous determination of lincomycin and tylosin antibiotics in foodstuffs // *Food Chemistry*. 2020. V. 318. P. 126510. doi: 10,1016/j.foodchem.2020,126510
- 18 Gomes Marques de Freitas A., Almir Cavalcante Minhó L., Elizabeth Alves de Magalhães B. et al. Infrared spectroscopy combined with random forest to determine tylosin residues in powdered milk // *Food Chemistry*. 2021. V. 365. P. 130477. doi: 10,1016/j.foodchem.2021,130477
- 19 Sereshti H., Karami F., Nouri N., Farahani A. Electrochemically controlled solid phase microextraction based on a conductive polyaniline-graphene oxide nanocomposite for extraction of tetracyclines in milk and water // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021. V. 101. № 7. P. 2304–2311. doi: 10,1002/jsfa.10851
- 20 Pang Y.–H., Lv Z.–Y., Sun J.–C. Collaborative compounding of metal-organic frameworks for dispersive solid-phase extraction HPLC–MS/MS determination of tetracyclines in honey // *Food Chemistry*. 2021. V. 355. P. 129411. doi: 10,1016/j.foodchem.2021,129411,
- 21 Hong C., Zhang X., Ye S., Yang H. et al. Aptamer-Pendant DNA Tetrahedron Nanostructure Probe for Ultrasensitive Detection of Tetracycline by Coupling Target-Triggered Rolling Circle Amplification // *ACS Applied Materials and Interfaces*. 2021, V. 13. (17). P. 19695–19700. doi: 10,1021/acsami.1c02612
- 22 Kumar A., Panda A.K., Sharma N. Determination of antibiotic residues in bovine milk by HPLC-DAD and assessment of human health risks in Northwestern Himalayan region, India // *Journal of Food Science and Technology*. 2021. P. 1–10. doi: 10,1007/s13197-021-04988-8
- 23 Teglia C.M., Guinez M., Culzoni M.J. Cerutti S. Determination of residual enrofloxacin in eggs due to long-term administration to laying hens. Analysis of the consumer exposure assessment to egg derivatives // *Food Chemistry*. 2021. V. 351. P. 129279. doi: 10,1016/j.foodchem.2021,129279.
- 24 Ikkere L.E., Perkons I., Pugajeva I., Gruzauskas R. et al. Direct injection Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometric method for high throughput quantification of quinolones in poultry // *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2020, V. 188. P. 113389. doi: 10,1016/j.jpba.2020,113389
- 25 Yu Y., Liu Y., Wang W., Jia Y. et al. Highly sensitive determination of aminoglycoside residues in food by sheathless CE-ESI-MS/MS // *Analytical Methods*. 2019. V. 11. № 39. P. 5064–5069. doi: 10,1039/c9ay01728c.
- 26 Kim, Y.R., Kang H.–S. Multi-residue determination of twenty aminoglycoside antibiotics in various food matrices by dispersive solid phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry // *Food Control*. 2021. V. 130. P. 108374. doi: 10,1016/j.foodcont.2021,108374
- 27 Eciija-Arenas A., Kirchner E. – M., Hirsch T. Development of an aptamer-based SPR-biosensor for the determination of kanamycin residues in foods // *Analytica Chimica Acta*. 2021. V. 1169. № 1. P. 338631. doi: 10,1016/j.aca.2021,338631
- 28 Bladdek T., Szymanek-Bany I., Posyniak A. Determination of polypeptide antibiotic residues in food of animal origin by ultra-high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry // *Molecules*. 2020. V. 25. № 14. P. 3261. doi: 10,3390/molecules25143261,

- 29 Ahmed M., Ahmed L.–L., Shen C., Yang Y. et al. Colistin and its role in the Era of antibiotic resistance: an extended review (2000–2019) // *Emerging Microbes & Infections*. 2020. V. 9. № 1. doi: 10.1080/22221751,2020,1754133
- 30 Binhashim N.H., Alvi Iorcid S.N., Hammami M.M. LC-MS/MS Method for Determination of Colistin in Human Plasma: Validation and Stability Studies // *International Journal of Analytical Mass Spectrometry and Chromatography*. 2021. V. 9. № 1. doi: 10.4236/ijamsc.2021.91001
- 31 Li Y., Jin G., Liu L. et al. A portable fluorescent microsphere-based lateral flow immunosensor for the simultaneous detection of colistin and bacitracin in milk // *Analyst*. 2020. V. 145. (24). P. 7884–7892. doi: 10.1039/d0an01463j
- 32 Kumar H., Kumar D., Nepovimova E. Determination of colistin b in chicken muscle and egg using ultra-high-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. V. 18. № 5. P. 2651. doi: 10.3390/ijerph18052651
- 33 Zhang L., Shi L., He Q., Li Y. A rapid multiclass method for antibiotic residues in goat dairy products by UPLC–quadrupole/electrostatic field orbitrap high-resolution mass spectrometry // *Journal of Analytical Science and Technology*. 2021. V. 12. № 1. P. 14. doi: 10.1186/s40543–021–00268–4
- 34 Liu B., Xie J., Zhao Z. Simultaneous determination of 11 prohibited and restricted veterinary drugs and their metabolites in animal-derived foods by ultra performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry coupled with solid phase extraction // *Chinese Journal of Chromatography (Se Pu)*. 2021. V. 39. № 4. P. 406–414. doi: 10.3724/SP.J.1123.2020.05012

References

- 1 Manyi-Loh C., Mamphweli S., Meyer E., Okoh A. Open Access Review Antibiotic Use in Agriculture and Its Consequential Resistance in Environmental Sources: Potential Public Health Implications // *Molecules*. 2018. vol. 23. № 4. doi: 10.3390/molecules23040795.
- 2 Bacanlı M., Basaran N. Importance of antibiotic residues in animal food. *Food and Chemical Toxicology*. 2019. vol. 125. pp. 462–466. doi:10.1016/j.fct.2019.01.033
- 3 Baynes R.E., Dedonder K., Kissell L. Health concerns and management of select veterinary drug. *Food and Chemical Toxicology*. 2016. vol. 88. pp. 112–122. doi:10.1016/j.fct.2015.12.020
- 4 Galyautdinova G.G., Malanyev A.V., Mukhammetshina A.G. Balyмова M.V., Egorova V.I. Indication of the antibiotic zincbacitracin in feed by HPLC method. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2020. vol. 242. no. 2. pp. 36–39. doi:10.31588/2413–4201–1883–242–2–36–40 (in Russian).
- 5 Shulga N.N., Shulga I.S., Plavshak L.P. Antibiotics in animal husbandry ways to solve the problem. *Trends in the development of science and education*. 2018. no. 35–4. pp. 52–55. doi: 10.18411/lj-28–02–2018–68 (in Russian).
- 6 Mehl A., Schmidt L.J., Schmidt L. High-throughput planar solid-phase extraction coupled to orbitrap high-resolution mass spectrometry via the autoTLC-MS interface for screening of 66 multi-class antibiotic residues in food of animal origin. *Food Chemistry*. 2021. vol. 351. pp. 129211. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129211
- 7 Bacanlı M., Başaran N. Importance of antibiotic residues in animal food. *Food and Chemical Toxicology*. 2019. vol. 2019. pp. 462–466. doi: 10.1016/j.fct.2019.01.033
- 8 Galyautdinova G.G., Bosyakov V.I., Khairullin D.D., Egorov V.I. Chromatographic methods for determining the antibiotic zinc-bacitracin. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2018. vol. 236. no. 4. pp. 67–72. doi: 10.31588/2413–4201–1883–236–4–67–72 (in Russian).
- 9 Potekhin, A. Monitoring of antibiotic resistance of *Acinobacillus pleuropneumoniae* isolated in the Russian Federation in 2012–2014. *Veterinary Science Today*. 2016. no.1. pp. 24–29. (in Russian).
- 10 Shulga N.N., Shulga I.S., Plavshak L.P. Antibiotics against humans. *BIO*. 2019. no. 7 (226). pp. 6–12. (in Russian).
- 11 Jalili R., Khataee A. Application of molecularly imprinted polymers and dual-emission carbon dots hybrid for ratiometric determination of chloramphenicol in milk. *Food and Chemical Toxicology*. 2020. vol. 146. doi: 10.1016/j.fct.2020.111806
- 12 Vuran B., Ulusoy H.I., Sarp G., Yilmaz E. Determination of chloramphenicol and tetracycline residues in milk samples by means of nanofiber coated magnetic particles prior to high-performance liquid chromatography–diode array detection. *Talanta*. 2021. vol. 230. doi: 10.1016/j.talanta.2021.122307
- 13 Wen J., Wu F., Cao Y., He J. et al. Determination of chloramphenicol in propolis and propolis-derived dietary supplements by high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Chinese Journal of Chromatography*. 2018. vol. 36. no. 12. pp. 1284–1289. doi: 10.3724/SP.J.1123.2018.08012
- 14 Wen L., Liu L., Wang X. et al. Spherical mesoporous covalent organic framework as a solid-phase extraction adsorbent for the ultrasensitive determination of sulfonamides in food and water samples by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. 2020. vol. 1625. pp. 461275. doi: 10.1016/j.chroma.2020.461275
- 15 Moudgil pp., Bedi J.S., Aulakh R.S., Wang M. – L. et al. Antibiotic residues and mycotoxins in raw milk in Punjab (India): A rising concern for food safety. *Journal of Food Science and Technology*. 2019. vol. 56(11). pp. 5146–5151. doi: 10.1016/j.chroma.2020.461275
- 16 de Freitas, B. de Magalhaes, L. Minho, Leão D. FTIR spectroscopy with chemometrics for determination of tylosin residues in milk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021. vol. 101. no. 5. pp. 1854–1860. doi: 10.1002/jsfa.10799
- 17 Hendrickson O.D., Zvereva E.A., Zherdev A. vol. Godjevargova T. et al. Development of a double immunochromatographic test system for simultaneous determination of lincomycin and tylosin antibiotics in foodstuffs. *Food Chemistry*. 2020. vol. 318. pp. 126510. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.126510
- 18 Gomes Marques de Freitas, L. Almir Cavalcante Minho, B. Elizabeth Alves de Magalhães et al. Infrared spectroscopy combined with random forest to determine tylosin residues in powdered milk. *Food Chemistry*. 2021. vol. 365. pp. 130477. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130477
- 19 Hong C., Zhang X., Ye S., Yang H. et al. Aptamer-Pendant DNA Tetrahedron Nanostructure Probe for Ultrasensitive Detection of Tetracycline by Coupling Target-Triggered Rolling Circle Amplification. *ACS Applied Materials and Interfaces*. 2021. vol. 13. no. 17. pp. 19695–19700. doi: 10.1021/acsami.1c02612

20 Sereshti H., Karami F., Nouri N., Farahani A. Electrochemically controlled solid phase microextraction based on a conductive polyaniline-graphene oxide nanocomposite for extraction of tetracyclines in milk and water. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021. vol. 101. no. 7. pp. 2304–2311. doi: 10.1002/jsfa.10851

21 Pang Y.-H., Lv Z.-Y., Sun J.-C. Collaborative compounding of metal-organic frameworks for dispersive solid-phase extraction HPLC-MS/MS determination of tetracyclines in honey. *Food Chemistry*. 2021. vol. 355. pp. 129411. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129411

22 Kumar A., Panda A.K., Sharma N. Determination of antibiotic residues in bovine milk by HPLC-DAD and assessment of human health risks in Northwestern Himalayan region, India. *Journal of Food Science and Technology*. 2021. pp. 1–10. doi:10.1007/s13197-021-04988-8

23 Teglia C.M., Guinez M., Culzoni M.J., Cerutti S. Determination of residual enrofloxacin in eggs due to long-term administration to laying hens. Analysis of the consumer exposure assessment to egg derivatives. *Food Chemistry*. 2021. vol. 351. pp. 129279. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129279

24 Ikkere L.E., Perkons I., Pugajeva I., Gruzauskas R. et al. Direct injection Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometric method for high throughput quantification of quinolones in poultry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2020, vol. 188. pp. 113389. doi: 10.1016/j.jpba.2020.113389

25 Yu Y., Liu Y., Wang W., Jia Y. et al. Highly sensitive determination of aminoglycoside residues in food by sheathless CE-ESI-MS/MS. *Analytical Methods*. 2019. vol. 11. no. 39. pp. 5064–5069. doi: 10.1039/c9ay01728c

26 Kim, Y.R., Kang H.-S. Multi-residue determination of twenty aminoglycoside antibiotics in various food matrices by dispersive solid phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Control*. 2021. vol. 130. pp. 108374. doi:10.1016/j.foodcont.2021.108374

27 Ecija-Arenas A., Kirchner E. – M., Hirsch T. Development of an aptamer-based SPR-biosensor for the determination of kanamycin residues in foods. *Analytica Chimica Acta*. 2021. vol. 1169. no. 1. pp. 338631. doi:10.1016/j.aca.2021.338631

28 Bladek T., Szymanek-Bany I., Posyniak A. Determination of polypeptide antibiotic residues in food of animal origin by ultra-high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Molecules*. 2020. vol. 25. no. 14. pp. 3261. doi:10.3390/molecules25143261

29 Ahmed M., Ahmed L. – L., Shen C., Yang Y. et al. Colistin and its role in the Era of antibiotic resistance: an extended review (2000–2019). *Emerging Microbes & Infections*. 2020. vol. 9. no. 1. doi:10.1080/22221751.2020.1754133

30 Binhashim N.H., Alvi I., Alvi S.N., Hammami M.M. LC-MS/MS Method for Determination of Colistin in Human Plasma: Validation and Stability Studies. *International Journal of Analytical Mass Spectrometry and Chromatography*. 2021. vol. 9. no. 1. doi: 10.4236/ijamsc.2021.91001

31 Li Y., Jin G., Liu L. et al. A portable fluorescent microsphere-based lateral flow immunosensor for the simultaneous detection of colistin and bacitracin in milk. *Analyst*. 2020. vol. 145. no. 24. pp. 7884–7892. doi:10.1039/d0an01463j


32 Kumar H., Kumar D., Nepovimova E. Determination of colistin b in chicken muscle and egg using ultra-high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. vol. 18. no. 5. pp. 2651. doi:10.3390/ijerph18052651

33 Zhang L., Shi L., He Q., Li Y. A rapid multiclass method for antibiotic residues in goat dairy products by UPLC-quadrupole/electrostatic field orbitrap high-resolution mass spectrometry. *Journal of Analytical Science and Technology*. 2021. vol. 12. no. 1. pp. 14. doi: 10.1186/s40543-021-00268-4


34 Liu B., Xie J., Zhao Z. Simultaneous determination of 11 prohibited and restricted veterinary drugs and their metabolites in animal-derived foods by ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry coupled with solid phase extraction. *Chinese Journal of Chromatography (Se Pu)*. 2021. vol. 39. no. 4. pp. 406–414. doi:10.3724/Spp. J.1123.2020,05012

Сведения об авторах


Ольга С. Чаплыгина аспирант, кафедра бионанотехнологии, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, chaplygina_95@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3193-858X>

Александр Ю. Просеков д.т.н., профессор, кафедра бионанотехнологии, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, aprosekov@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5630-3196>

Дарья Д. Белова к.т.н., с.н.с., научно-исследовательская лаборатория «Агроэкология», Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Марковцева, 5, Кемерово, 650056, Россия, antonina-daria@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0630-7658>

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

Olga S. Chaplygina postgraduate student, bionanotechnology department, Kemerovo State University, Krasnaya str., 6, Kemerovo, 650000, Russia, chaplygina_95@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3193-858X>

Alexander Yu. Prosekov Dr. Sci. (Engin.), professor, bionanotechnology department, Kemerovo State University, Krasnaya str., 6, Kemerovo, 650000, Russia, aprosekov@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5630-3196>

Daria D. Belova Cand. Sci. (Engin.), senior researcher, Agroecology Research Laboratory, Kuzbass State Agricultural Academy, 5 Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia, antonina-daria@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0630-7658>

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 11/01/2022	После редакции 09/02/2022	Принята в печать 28/02/2022
Received 11/01/2022	Accepted in revised 09/02/2022	Accepted 28/02/2022

Применение пробиотических препаратов в рациональном кормлении животных в промышленных условиях

Анна А. Дерканосова	1	aa-derk@yandex.ru	 0000-0002-9726-9262
Елена Е. Курчаева	2	alena.kurchaeva@ya.ru	 0000-0001-5958-0909
Александр В. Востроилов	2	alexandervostroilov@ya.ru	 0000-0003-1626-5735
Евгений С. Артемов	2	evgeartemov@yandex.ru	 0000-0001-6159-842X
Лариса Н. Фролова	1	fln-84@mail.ru	 0000-0002-6505-4136
Руслан Н. Звягин	3	lipetsk.krolik@mail.ru	

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






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

3 ООО «Липецкий кролик», ул. Ленина, д. 157, Липецкая обл., Хлевенский район, с. Конь-Колодезь, 393250

Аннотация. В отрасли животноводства перспективным является использование пробиотических добавок, способствующих нормализации микробиоценоза организма животных, а также их устойчивости к патогенной микрофлоре, что влияет в итоге на повышение мясной продуктивности. Исследовано влияние пробиотической добавки «Ветоспорин Ж» на морфологический состав тушки, химический состав и биологическую ценность мяса кроликов, а также морфофункциональную характеристику желудка и печени кроликов. Для изучения влияния пробиотического препарата «Ветоспорин Ж» было подобрано 30 кроликов в возрасте 45 дней. Кролики контрольной группы получали только основной рацион – комбикорм ПЗК-92, кроликам 1 и 2 опытным группам дополнительно вводили пробиотический препарат в дозировке 0,5 см³ и 1,0 см³ на кг живой массы соответственно. Для оценки качества мяса в возрасте 120 суток проведен контрольный убой в количестве 3 голов из каждой группы. Данные морфологического состава показали, что по массе мышечной ткани кролики опытных групп превосходили кроликов контрольной группы. Изучение гистологических характеристик желудка и печени кроликов, позволяют положительно оценить действие пробиотического препарата на рост и развитие организма животного. Анализ химического, аминокислотного и жирнокислотного состава мышечной ткани показал, что использование пробиотического препарата «Ветоспорин Ж» в дозировке 100 мг на 1 кг живого веса улучшает сбалансированность аминокислотного и химического состава, что подтверждается оценкой физико-химических и органолептических показателей мясного сырья.

Ключевые слова: пробиотический препарат, кролики, мясная продуктивность, биологическая ценность, морфологический состав

The use of probiotic preparations in the rational feeding of animals in industrial conditions

Anna A. Derkanosova	1	aa-derk@yandex.ru	 0000-0002-9726-9262
Elena E. Kurchaeva	2	alena.kurchaeva@ya.ru	 0000-0001-5958-0909
Alexander V. Vostroilov	2	alexandervostroilov@ya.ru	 0000-0003-1626-5735
Evgeny S. Artemov	2	evgeartemov@yandex.ru	 0000-0001-6159-842X
Larisa N. Frolova	1	fln-84@mail.ru	 0000-0002-6505-4136
Ruslan N. Zvyagin	3	lipetsk.krolik@mail.ru	

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

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

3 LLC "Lipetsk rabbit", 157 Lenin Street, Lipetsk region, Khlevensky district, Kon-Kolodez village, 393250

Abstract. In the livestock industry, the use of probiotic additives is promising, contributing to the normalization of the microbiocenosis of the animal organism, as well as their resistance to pathogenic microflora, which ultimately affects the increase in meat productivity. The effect of the probiotic supplement "Vetosporin Zh" on the morphological composition of the carcass, the chemical composition and biological value of rabbit meat, as well as the morphofunctional characteristics of the stomach and liver of rabbits was investigated. To study the effect of the probiotic preparation "Vetosporin Zh", 30 rabbits aged 45 days were selected. Rabbits of the control group received only the basic diet - compound feed PZK-92, rabbits of the 1st and 2nd experimental groups were additionally injected with a probiotic drug at a dosage of 0.5 cm³ and 1.0 cm³ per kg of live weight, respectively. To assess the quality of meat at the age of 120 days, a control slaughter was carried out in the amount of 3 heads from each group. The morphological composition data showed that the rabbits of the experimental groups were superior to the rabbits of the control group in terms of muscle tissue mass. The study of the histological characteristics of the stomach and liver of rabbits allows us to positively assess the effect of the probiotic preparation on the growth and development of the animal's body. The analysis of the chemical, amino acid and fatty acid composition of muscle tissue showed that the use of the probiotic preparation "Vetosporin Zh" at a dosage of 100 mg per 1 kg of live weight improves the balance of amino acid and chemical composition, which is confirmed by the assessment of physico-chemical and organoleptic parameters of meat raw materials

Keywords: meat productivity, rabbit breeding industry, meat resources, economic efficiency

Для цитирования

Дерканосова А.А., Курчаева Е.Е., Востроилов А.В., Артемов Е.С., Фролова Л.Н., Звягин Р.Н. Применение пробиотических препаратов в рациональном кормлении животных в промышленных условиях // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 149–156. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-149-156

For citation

Derkanosova A.A., Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Artemov E.S., Frolova L.N., Zvyagin R.N. The use of probiotic preparations in the rational feeding of animals in industrial conditions. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 149–156. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-149-156

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

Введение

В отрасли животноводства в последнее время в связи с активной хозяйственной деятельностью наблюдается рост негативных физических и химических факторов, негативно влияющих на физиологические процессы, протекающие в организме животных. В связи с чем возникает необходимость разработки научных подходов и рекомендаций по технологии кормления сельскохозяйственных животных, в том числе молодняка кроликов с использованием экологически безопасных добавок, обеспечивающих получение качественного и безопасного сырья.

Кролиководство – отрасль, позволяющая получать широкий спектр животноводческой продукции и требующая особого внимания и разработки научных подходов для рационального нормирования и балансирования рационов кроликов с широким спектром питательных веществ и кормовых пробиотических добавок, которые способствуют сохранности поголовья за счет нормализации микробного баланса в пищеварительном тракте, стимуляции роста, увеличению приростов живой массы [3].

На продуктивность кроликов влияет ряд факторов. В первую очередь наследственность, физиологическое состояние, рационы кормления. Как правило особое внимание уделяется сбалансированности рационов по основным питательным веществам, которую в свою очередь оказывают влияние на продуктивность животных [7, 11–14–17].

Одним из важных биологических рисков на кролиководческих фермах является высокая чувствительность поголовья к патогенной микрофлоре. Для снижения восприимчивости поголовья к патогенным инфекциям применяют противомикробные стимуляторы роста – антибиотики в качестве кормовых добавок, механизм действия которых заключается в снижении конкуренции микроорганизмов в борьбе за питательные вещества с организмом и сокращать их метаболиты, подавляющие рост животного [7, 10]. От использования данной группы препаратов часто получают побочные действия, в связи, с чем возникает необходимость поиска альтернативных средств, способствующих стимуляции роста животных. К таким препаратам в первую очередь относятся пробиотики кормового назначения, способствующие повышению резистентности организма животных, нормализации микробиоценоза кишечника, улучшению процессов усвоения питательных веществ кормов [1, 2]. Использование пробиотических препаратов позволяет получать безопасное и качественное мясное сырье, что связано со спросом на диетическое мясо, к которому относится крольчатина. В этом аспекте большое

внимание должно уделяться не только количественным (выход мяса, жира и др.), но и качественным признакам, ценность которых определяет гистоморфологическая структура.

Мясо кролика относится к диетическому мясному сырью, характеризуется бледно-розовой окраской, достаточно нежной консистенцией и отличается тонковолокнистой мышечной тканью [5, 6]. Соединительной ткани в мясе кролика незначительное количество, поэтому оно характеризуется нежной консистенцией. В мясе кролика содержится много азотистых, минеральных (кислых солей фосфора (246 мг%) и калия (364 мг%). Наличие экстрактивных веществ придает мясу специфический запах и вкус. Содержание холестерина в мясе кролика составляет 25 мг на 100 г. мяса [9, 10, 12].

При сбалансированном кормлении организм кроликов накапливает большое количество биологически активных веществ, которые содержатся в зерновом сырье, такие как полиненасыщенные жирные кислоты, пищевые волокна, витамины, минеральные вещества, а также необходимые для человека минеральные вещества и витамины: железо, селен, фтор, кобальт, витамины группы В, витамина С, что предопределяет использование данного вида мяса в лечебно – профилактическом питании.

Цель работы – оценка эффективности применения пробиотического препарата Ветоспорин Ж на повышение продуктивности и качество мяса кроликов.

Материалы и методы

Для проведения эксперимента было подобрано 45 кроликов (самцов) гибридной формы Нусоле, которые в возрасте 45 суток по принципу групп – аналогов были разделены на 3 группы. В каждой группе было подобрано по 15 голов. Кролики всех групп содержались в одинаковых условиях и получали одинаковый основной рацион. Исследования были проведены в условиях промышленного комплекса в 2021 году.

В качестве основного рациона использовали комбикорм ПЗК-92, полученного на основе зерновых культур, жмыха подсолнечника, пшеничных отрубей, травяной муки и премикса КВП П90–1К. Кролики 1 группы (контрольной) получали только комбикорм ПЗК-92, кроликам 2 и 3 группы вводили дополнительно к основному рациону пробиотический препарат «Ветоспорин Ж» (рисунок 2) в дозировке 0,5 см³ и 1,0 см³ на кг живой массы соответственно по схеме: в течение 10 дней после отсадки каждые 30 суток откорма. Динамику живой массы учитывали индивидуально взвешиванием. Для определения мясной продуктивности провели убой по 3 головы кроликов из каждой группы по методике ВИЖ.



Рисунок 1. Кролики гибридной формы Нусоле
Figure 1. Rabbits of the hybrid form of Nucole



Рисунок 2. Пробиотический препарат «Ветоспорин Ж»
Figure 2. Probiotic drug "Vetosporin Zh"

Аминокислотный состав определяли по ГОСТ 13496.21–2015 с использованием гидролиза и определения аминокислот методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Качество мяса кроликов оценивали по ГОСТ 20235.0–74. Оценку химического состава и биологической ценности, проводили в соответствии с рекомендациями (Антипова Л.В., 2004).

Материалом для гистологического исследования служили желудок и печень кроликов. Для гистологического исследования образцы тканей фиксировали в 10%-ном растворе нейтрального формалина. Зафиксированные образцы после промывки в проточной воде подвергались обезвоживанию путем помещения исследуемого материала в спирты с возрастающей концентрацией и заливались в парафин по общепринятой методике. Гистологические поперечные срезы толщиной 4–5 мкм окрашивали гематоксилин-эозином. Микроскопию производили на световом микроскопе «Биомед-5» (Россия) [4]. Схемой опыта было предусмотрено проведение сравнительной оценки гистологического строения желудка и печени молодняка кроликов.

Результаты

Изменение живой массы молодняка довольно точно характеризует характер и уровень кормления кроликов (таблица 1).

Проведенный анализ морфологического состава охлажденных тушек кроликов показал, что включение в рацион кроликов пробиотической добавки «Ветоспорин Ж» оказало благоприятное влияние на выход мышечной ткани (таблица 2).

Показатели качества мяса напрямую зависят от химического состава и энергетической ценности. В таблице 3 представлен химический состав мяса кроликов.

Биологическую ценность белков мяса кроликов оценивали по белково-качественному показателю (таблица 4).

Также была проведена оценка микро-структурной характеристикки желудка и печени кроликов, контрольной группы и опытной группы, получавшей пробиотический препарата Ветоспорин Ж в дозировке 0,5 см³ и 1,0 см³ на кг живой массы (рисунок 3–6).

Таблица 1.
Динамика живой массы кроликов, г
Table 1.
Dynamics of live weight of rabbits, g

Возраст, суток Age, days	Группа		
	Контроль Control	Опыт 1 Exp 1	Опыт 2 Exp 2
1	40,60 ± 0,12	40,70 ± 0,16	40,90 ± 0,15
45	1590,00 ± 22,60	1600,00 ± 18,56	1591,00 ± 22,71
105	3182,00 ± 20,17	3319,00 ± 32,18	3520,00 ± 38,36
Среднесуточный прирост Average daily increase	26,53 ± 0,72	28,65 ± 0,89*	32,15 ± 0,92
Сохранность, % Safety, %	86,67	86,67	100,00

Таблица 2.
Морфологический состав тушек (n = 3)
Table 2.
Morphological composition of carcasses (n = 3)

Показатель Indicator	Контроль Control	Опыт 1 Exp 1	Опыт 2 Exp 2
Предубойная живая масса, г Pre-slaughter live weight, g	3041,0 ± 11,17	3110,0 ± 18,23	3282,0 ± 19,24
Масса парной тушки, г Weight of the paired carcass, g	1688,0 ± 22,57	1794,0 ± 24,36	2062,0 ± 27,19
Убойный выход, % Killer exit, %	55,51 ± 0,17	57,68 ± 0,27	62,83 ± 0,31
Выход мякоти, % Pulp yield, %	66,24 ± 10,54	71,36 ± 12,63	75,29 ± 3,11
Индекс мясности Meat index	3,12 ± 0,86	3,65 ± 0,49	4,26 ± 0,68

Таблица 3.
Химический состав мяса кроликов
Table 3.
Chemical composition of rabbit meat

Массовая доля Mass fraction	Группа | Group		
	Контроль Control	Опыт 1 Exp 1	Опыт 2 Exp 2
Влага Moisture	73,40 ± 0,55	72,80 ± 0,66	72,30 ± 0,58
Белок Protein	19,40 ± 0,29	20,02 ± 0,32	20,55 ± 0,40
Жир Fat	6,17 ± 0,46	6,14 ± 0,42	6,10 ± 0,41
Зола Ash	1,03 ± 0,05	1,04 ± 0,03	1,05 ± 0,04

Таблица 4.
Оценка биологической ценности средней пробы мяса кроликов
Table 4.
Assessment of the biological value of an average sample of rabbit meat

Показатель Indicator	Группа/Group		
	Контроль Control	Опыт 1 Exp 1	Опыт 2 Exp 2
Триптофан, мг% Tryptophan, mg%	319,00 ± 1,41	340,00 ± 2,83**	349,67 ± 2,86***
Оксипролин, мг% Oxypoline, mg%	71,33 ± 2,94	69,33 ± 2,48	62,00 ± 1,41
Белково-качественный показатель (БКП) Protein-quality indicator (PQI)	4,48 ± 0,17	4,91 ± 0,21*	5,64 ± 1,16

** P ≥ 0,99; *** P ≥ 0,999

Обсуждение

На этапе постановки эксперимента масса кроликов контрольной и опытных групп была практически одинаковой и составила в среднем 40,70 г. По достижении возраста 105 суток кролики 1-й группы (контрольной) характеризовались живой массой, которая была меньше массы особей 1-й опытной группы на 137,0 г, или 4,30% (P < 0,05), 2-й опытной группы – на 338,0 г, или 10,62% (P < 0,01) (таблица 1).

Показатели убоя животных характеризуют в основном количественную сторону мясной продуктивности животного. Однако, такие показатели как предубойная масса, масса парной туши и ее выход, отражают пищевую ценность не полностью, так как не указывают на удельный вес в туше съедобных частей. Важным является морфологический состав туш, который отражает количественное соотношение мышечной, жировой, костной и соединительной тканей.

Высокая биологическая пластичность и приспособленность к самым различным условиям содержания выделяет кроликов из всех сельскохозяйственных животных. Следует отметить, что недостаточное и несбалансированное кормление приводит к задержке роста отдельных

частей тела животных, особенно снижается выход мышечной ткани и возрастает доля костной и соединительной тканей. Поэтому результаты исследования морфологического состава тушек кроликов позволяют более точно охарактеризовать изменения, которые происходят на фоне применения пробиотического препарата «Ветоспорин Ж» (ТУ 9291–058–20672718–2013). Пробиотический препарат содержит биомассу спорных бактерий *Bacillus subtilis* 12В и *Bacillus subtilis* 11В в среде культивирования. Общее количество жизнеспособных клеток в 1 мл кормовой добавки не менее 1×10⁸ КОЕ/мл.

Предубойная живая масса, а также масса парной тушки кроликов опытных групп была выше по сравнению с массой животных контрольной группы.

Наиболее высокая предубойная масса была во 2-й опытной группе кроликов и составила 3282 г. По сравнению с контрольной группой кроликов предубойная масса 2 опытной группы кроликов была больше на 241,0 г или 7,92%, по сравнению с 1 опытной группой на 172,0 г, или 5,65% (P < 0,05). Во 2-й опытной группе кроликов выход тушки составил 62,83%, что больше по сравнению с контрольной и 1-й группами на 7,32 и 5,15% соответственно.

Кролики 1 опытной группы превосходили животных контрольной группы по массе парной тушки на 106,0 г (6,27%; P < 0,05), 2 опытной группы – на 374,0 г (22,15%; P < 0,01). Аналогичная закономерность была отмечена по выходу мышечной ткани, полученной после обвалки. Кролики контрольной группы уступали по данному показателю сверстникам опытных групп на 3,93 и 9,05% соответственно (P < 0,01).

Рассчитанный индекс мясности показал, что кролики, получавшие пробиотическую добавку «Ветоспорин Ж» в дозировке 1,0 см³ на кг живой массы (2 опытная группа) имеют больший показатель индекса мясности – 4,26, по сравнению с кроликами 1 опытной группы и контрольной – 3,65 и 3,12 единиц соответственно.

Применение при кормлении кроликов пробиотической добавки «Ветоспорин Ж» способствовало повышению массовой доли белка в мышечной ткани (таблица 3). Содержание массовой доли жира в мышечной ткани кроликов контрольной группы и опытных групп отличалось незначительно, достоверных различий выявлено не было, хотя наименьшее количество жира отмечено у кроликов 2 опытной группы, получавших пробиотический препарат «Ветоспорин Ж» в дозировке 1,0 см³ на 1 кг живого веса в соответствии с выбранной схемой.

Наибольшее содержание белка отмечено в мясе кроликов 2-й опытной группы. По содержанию жира кролики опытных групп статистически значимо не отличались между

собой и контрольной группы. Также максимальное количество зольных веществ было отмечено у кроликов 2 опытной группы.

Установлено, что в опытных группах кроликов, получавших в составе рациона пробиотический комплекс «Ветоспорин Ж», содержание триптофана находится на высоком уровне и наблюдается увеличение БКП за счет снижения соединительнотканых белков (таблица 4). Установлено, что кролики контрольной группы уступали по белково-качественному показателю подопытным животным 2 и 3 опытных групп на 0,43 и 1,16 ед. (9,60% и 25,89% соответственно), что подтверждает высокую биологическую ценность полученного мяса.

Проведенная органолептическая оценка мяса и бульона кроликов контрольной и опытных групп, показала положительное влияние пробиотической кормовой добавки «Ветоспорин Ж» на формирование вкусо-ароматического профиля как вареного мяса, так и бульона. Наибольшей балльной оценкой характеризовались образцы вареного мяса и бульона, полученного от тушек 2 опытной группы (8,5 и 8,2 балла соответственно). Образцы вареного мяса и бульона, полученного от тушек кроликов контрольной и первой группы достоверно не отличались (7,8–8,0 и 7,4–7,6 балла соответственно).

Архитектоника желудка кроликов контрольной группы (рисунок 3) характеризовалась правильным гистологическим строением, но с участками, в которых наблюдался отек с частичной десквамацией эпителия ворсинок. Признаки вакуолизации и дистрофии выявлено в единичных клетках. По сравнению с опытной группы кроликов количество слизи значительно меньше. Отмечалось эксцентричное расположение ядер клеток железистого эпителия.

Установлено, что у опытной группы кроликов (рисунок 4) железистый отдел желудка представлен слизистой оболочкой, подслизистой, мышечной и серозной оболочкой. Поверхность слизистой желудка представлена однослойным призматическим эпителием, располагающимся по всей поверхности, включая ямки, при этом отмечено отсутствие эрозивности. Слизистая оболочка образует множественные складки, покрытые однослойным столбчатым эпителием. Клетки желез представлены в виде непрерывных тяжей, которые плотно прилегают друг к другу. Ядра в клетках занимают центральное положение и имеют сферическую форму.

В контрольной группе кроликов гистологическая структура печени сохранена (рисунок 5). Балочная структура не нарушена и лучисто расходится от центральной вены.

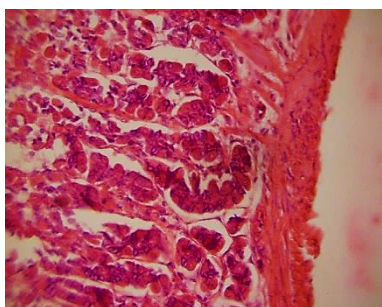


Рисунок 3. Архитектоника желудка кроликов (контрольной группы). Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10×об 40

Figure 3. Architectonics of the stomach of rabbits (control group). Hematoxylin-eosin staining. Approx. 10×40

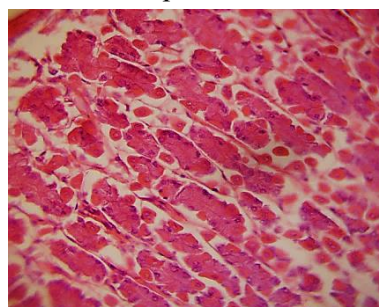


Рисунок 4. Архитектоника желудка кроликов (опытной группы). Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10×об 40

Figure 4. Architectonics of the stomach of rabbits (Exp al group). Hematoxylin-eosin staining. Approx. 10×40

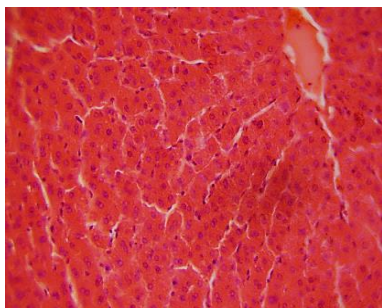


Рисунок 5. Гистологическое строение печени кроликов (опытная группа). Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10×об 40

Figure 5. Histological structure of the liver of rabbits (Exp al group). Hematoxylin-eosin staining. Approx. 10×40

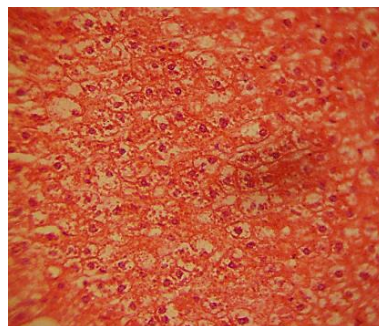


Рисунок 6. Архитектоника печени кроликов (контрольная группа). Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10×об 40

Figure 6. Architectonics of rabbit liver (control group). Hematoxylin-eosin staining. Approx. 10×40

В гепатоцитах диагностированы дистрофические изменения как со стороны цитоплазмы, так и ядерного аппарата. В цитоплазме выявлены пустоты как крупные, так и мелкие, которые местами сливаются в одну большую вакуоль, в которых видно растворение ядра. Под капсулой органа, в гепатоцитах присутствуют осифильные мелкие зерна, которые также в свою очередь негативно влияют на ядерный аппарат клеток.

При гистологическом исследовании печени кроликов опытной группы (рисунок 6) выявлено, радиальное расположение балок. Гепатоциты формируют тяжи, плотно прилегающие друг к другу.

Ядерный аппарат клеток печени выражен, без дистрофических изменений. Ядра базофильно окрашены. Выявлено появления двуядерных гепатоцитов. Местами в сосудах было отмечено кровенаполнение.

Заключение

Обогащение кормовых рационов поголовья молодняка кроликов пробиотическими микроорганизмами, входящими в состав используемого препарата оказывает положительное влияние на мясную продуктивность, сохранность, повышение биологической ценности мяса кроликов, а также структурную организацию желудка и печени. В контрольной группе кроликов наблюдались вакуольная и зернистая дистрофии, в клетках как желудка, так и в печени. Анализ химического, аминокислотного и жирнокислотного состава мяса, полученного от кроликов контрольной и опытных групп показал, что применение пробиотического препарата «Ветоспорин Ж» способствует накоплению белковых веществ в мышечной ткани.

Благодарности

Авторы выражают благодарность коллективу ГНУ ВНИВИПФИТ Россельхозакадемии (г. Воронеж) за ценные замечания и проведение ряда исследований.

Литература

- 1 Викторова Е.П., Лисовая Е.В., Петенко А.И., Свердличенко А.В. Разработка рецепта комплексного кормового концентрата на основе композиции БАВ и пробиотической добавки «Ветом 3» // Ветеринария Кубани. 2021. № 4. С. 31–33.
- 2 Востроилов А.В., Курчаева Е.Е., Пашенко В.Л. Продуктивные качества кроликов при введении в рацион пробиотического препарата Ветом 3.0 // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (57). С. 76–82.
- 3 Вагин Е.А., Кваниль А.И. Пушное звероводство и кролиководство. Москва: 2013. 154 с.
- 4 Сулейманов С.М. Методы морфологических исследований 2-е издание, исправленное и дополненное. Воронеж, 2007. 87 с.
- 5 Молчанова Е.Н., Сусянок Г.М. Оценка качества и значение пищевых белков // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 1. С. 16–22.
- 6 Харламов К.В., Тинаев Н.И., Жвакина А.Р. Сравнительная характеристика аминокислотного состава мяса помесного и чистопородного молодняка кроликов // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 4. С. 68–71.
- 7 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.
- 8 Уша Б.В., Ленченко Е.М., Логинова Н.С. Ветеринарно-санитарная оценка и способы деконтаминации пищевого сырья, окружающей среды при кластерном производстве продукции кролиководства // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2021. № 3 (39). С. 255–262.
- 9 Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013. 66 p. URL: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>
- 10 Giang H.N., Viet T.Q., Ogle B., Lindberg J.E. Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with a complex of lactic acid bacteria alone or in combination with *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces boulardii* // Livest Sci 2012. V. 143. P. 132–141.
- 11 Derkanosova N.M., Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Khromova L.G. et al. Blood chemistry values and histological features of the gastrointestinal tract in young rabbits when using probiotic agents in feeding diets // Journal of mechanics of continua and mathematical sciences. 2020. № S10. P. 201–211.
- 12 Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Artemov E.S., Maksimov I.V. Improvement of rabbit productivity using probiotics and herbal supplements // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. P. 012051.
- 13 Roldán G.A., Rafikova E.R. Evaluation of allergic effect of a new probiotic preparation Vetom 21.77 // Advances in Agricultural and Biological Sciences. 2017. V. 3. № 4. P. 35–39.
- 14 Tyukavkina O., Plavinsky S., Tatarenko I., Perepelkina L. et al. Effect of probiotic and asparaginate on the growth of calves and chickens // E3S Web of Conferences. "Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna, EBWFF 2020" 2020. P. 01019.
- 15 Родионова Н.С., Попов Е.С., Захарова Н.А., Черкасова Н.С. и др. Повышение эффективности газообмена при алиментарной биокоррекции пищевого статуса студентов и преподавателей инженерного ВУЗа // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 138–145. doi:10.20914/2310-1202-2021-1-138-145

16 Жаркова И.М., Сафонова Ю.А. Обоснование рациональной дозировки закваски «Эвitalia» для безглютенового хлеба из амарантовой муки // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 174–181. doi: 10.20914/2310-1202-2021-3-174-181

17 Щеглеватых А.Н., Овечкин С.А. Продукт увеличивающий выносливость спринтеров // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 253–257. doi: 10.20914/2310-1202-2021-1-253-257

18 Khabirov A., Khaziakhmetov F., Kuznetsov V., Tagirov H. et al. Effect of normosil probiotic supplementation on the growth performance and blood parameters of broiler chickens // Indian J of Pharmaceutical Education and Research. 2021. V. 55. №. 1.

19 Ushakova N.A., Pravdin V.G., Kravtsova L.Z., Ponomarev S.V. et al. Complex Bioactive Supplements for Aquaculture—Evolutionary Development of Probiotic Concepts // Probiotics and Antimicrobial Proteins. 2021. V. 13. №. 6. P. 1696-1708. doi: 10.1007/s12602-021-09835-y

20 Bozkurt M., Aysul N., Küçükyılmaz K., Aypak S. et al. Efficacy of in-feed preparations of an anticoccidial, multienzyme, prebiotic, probiotic, and herbal essential oil mixture in healthy and Eimeria spp.-infected broilers // Poultry science. 2014. V. 93. №. 2. P. 389-399. doi: 10.3382/ps.2013-03368

References

1 Viktorova E.P., Lisovaya E.V., Petenko A.I., Sverdlichenko A.V. Development of a recipe for a complex feed concentrate based on the composition of biologically active substances and the probiotic supplement "Vetom 3". Veterinary Kuban. 2021. no. 4. pp. 31–33. (in Russian).

2 Vostroylov A.V., Kurchaeva E.E., Pashchenko V.L. Productive qualities of rabbits when the probiotic preparation Vetom 3.0 is introduced into the diet. Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2018. no. 2 (57). pp. 76–82. (in Russian).

3 Vagin E.A., Kvanil A.I. Fur farming and rabbit breeding. Moscow, 2013. 154 p. (in Russian).

4 Suleimanov S.M. Methods of morphological research 2nd edition, corrected and enlarged. Voronezh, 2007. 87 p. (in Russian).

5 Molchanova E.N., Suslyanok G.M. Assessment of the quality and importance of food proteins. Storage and processing of agricultural raw materials. 2013. no. 1. pp. 16–22. (in Russian).

6 Kharlamov K.V., Tinaev N.L., Zhvakina A.R. Comparative characteristics of the amino acid composition of the meat of crossbred and purebred young rabbits. Russian Agricultural Science. 2016. no. 4. pp. 68–71. (in Russian).

7 Chernenkov E.N., Mironova I.V., Gizatov A.Ya. Influence of feeding the drug Biogumitel on the slaughter qualities and morphological composition of rabbit carcasses. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2014. no. 4 (48). pp. 146–148. (in Russian).

8 Usha B.V., Lenchenko E.M., Loginova N.S. Veterinary and sanitary assessment and methods of decontamination of food raw materials, the environment in the cluster production of rabbit products. Russian Journal of Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology. 2021. no. 3 (39). pp. 255–262. (in Russian).

9 Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013. 66 p. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>

10 Giang H.H., Viet T.Q., Ogle B., Lindberg J.E. Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with a complex of lactic acid bacteria alone or in combination with Bacillus subtilis and Saccharomyces boulardii. Livest Sci 2012. vol. 143. pp. 132–141.

11 Derkanosova N.M., Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Khromova L.G. et al. Blood chemistry values and histological features of the gastrointestinal tract in young rabbits when using probiotic agents in feeding diets. Journal of mechanics of continua and mathematical sciences. 2020. no. S10. pp. 201–211.

12 Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Artemov E.S., Maksimov I.V. Improvement of rabbit productivity using probiotics and herbal supplements. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON 2019. 2019. pp. 012051.

13 Nozdryn G.A., Rafikova E.R. Evaluation of allergic effect of a new probiotic preparation Vetom 21.77. Advances in Agricultural and Biological Sciences. 2017. vol. 3. no. 4. pp. 35–39.

14 Tyukavkina O., Plavinsky S., Tatarenko I., Perepelkina L. et al. Effect of probiotic and asparaginate on the growth of calves and chickens. E3S Web of Conferences. "Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna, EBWFF 2020" 2020. pp. 01019.

15 Rodionova N.S., Popov E.S., Zakharova N.A., Cherkasova N.S. et al. Improving the efficiency of gas exchange during alimentary biocorrection of the nutritional status of students and teachers of an engineering university. Proceedings of VSUET. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 138–145. doi:10.20914/2310-1202-2021-1-138-145 (in Russian).

16 Zharkova I.M., Safonova Yu.A. Substantiation of the rational dosage of the Evitalia starter culture for gluten-free bread made from amaranth flour. Proceedings of VSUET. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 174–181. doi: 10.20914/2310-1202-2021-3-174-181 (in Russian).

17 Scheglevatykh A.N., Ovechkin S.A. A product that increases the endurance of sprinters. Proceedings of VSUET. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 253–257. doi: 10.20914/2310-1202-2021-1-253-257 (in Russian).

18 Khabirov A., Khaziakhmetov F., Kuznetsov V., Tagirov H. et al. Effect of normosil probiotic supplementation on the growth performance and blood parameters of broiler chickens. Indian J of Pharmaceutical Education and Research. 2021. vol. 55. no. 1.

19 Ushakova N.A., Pravdin V.G., Kravtsova L.Z., Ponomarev S.V. et al. Complex Bioactive Supplements for Aquaculture—Evolutionary Development of Probiotic Concepts. Probiotics and Antimicrobial Proteins. 2021. vol. 13. no. 6. pp. 1696-1708. doi: 10.1007/s12602-021-09835-y

20 Bozkurt M., Aysul N., Küçükyılmaz K., Aypak S. et al. Efficacy of in-feed preparations of an anticoccidial, multienzyme, prebiotic, probiotic, and herbal essential oil mixture in healthy and Eimeria spp.-infected broilers. Poultry science. 2014. vol. 93. no. 2. pp. 389-399. doi: 10.3382/ps.2013-03368

Сведения об авторах

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

<https://orcid.org/0000-0002-9726-9262>

Елена Е. Курчаева д.с.-х.н., доцент, кафедра 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>

Александр В. Востроилов д.с.-х.н., профессор, кафедра 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>

Евгений С. Артемов к.с.х.н., заведующий кафедрой, кафедра частной зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, evgeartemov@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6159-842X>

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

<https://orcid.org/0000-0002-6505-4136>

Руслан Н. Звягин заместитель генерального директора, ООО «Липецкий кролик», ул. Ленина, д. 157, Липецкая обл., Хлевенский район, с. Конь-Колодезь, 393250, lipetsk.krolik@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

Anna A. Derkanosova Dr. Sci. (Engin.), professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, aa-derk@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9726-9262>

Elena E. Kurchaeva Dr. Sci. (Agric.), associate professor, private animal science department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 1, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, alena.kurchaeva@ya.ru

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

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

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

Evgeny S. Artemov Cand. Sci. (Agric.), head of the department, private animal science department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 1, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, evgeartemov@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6159-842X>

Larisa N. Frolova Dr. Sci. (Agric.), professor, technology of fats, processes and devices of chemical and food productions department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, fln-84@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6505-4136>

Ruslan N. Zvyagin deputy general director, LLC "Lipetsk rabbit", 157 Lenin Street, Lipetsk region, Khlevensky district, Kon-Kolodez village, 393250, lipetsk.krolik@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 12/01/2022	После редакции 07/02/2022	Принята в печать 02/03/2022
Received 12/01/2022	Accepted in revised 07/02/2022	Accepted 02/03/2022



Использование лечебной грязи при изготовлении ферментированной косметической маски

Феодосия П. Балдынова¹ feodocia@rambler.ru  0000-0003-4143-748XДарима Н. Хамханова¹ darima.1956@ya.ru  0000-0003-2432-212X¹ Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, ул. Ключевская, 42 б, Улан-Удэ, Россия

Аннотация. В настоящее время в косметической промышленности актуально изготовление косметических средств из натуральных экологически чистых ингредиентов без добавления агрессивных консервантов, что защищало бы кожу от внешнего воздействия. Цель нашей работы - разработка биотехнологического способа получения косметической маски на основе ферментированной творожной сыворотки в присутствии лечебной грязи. В работе использовали стандартные методы определения микробиологических и физико-химических показателей. Оптимальную концентрацию лечебной грязи для ферментации определяли методом количественного учета клеток в питательной среде ГМС после ферментации в пастеризованной творожной сыворотке с добавлением разного количества лечебной грязи. Результатом исследования является разработка косметической маски на основе ферментированной сывороточной смеси с добавлением 10 % лечебной грязи от объема питательной среды. Добавление лечебной грязи в количестве 10% от объема питательной среды способствовало увеличению биомассы пропионовокислых бактерий до $82 \cdot 10^8$ КОЕ и регулированию pH среды. Контроль готовой смеси по микробиологическим, физико-химическим, органолептическим показателям показал отсутствие патогенной микрофлоры и содержание пропионовокислых бактерий $1 \cdot 10^8$ единиц. Результаты исследования дают возможность охарактеризовать готовую смесь как продукт, сочетающий биологически активные вещества, микроэлементы, гормоны лечебной грязи и метаболиты пропионовокислых бактерий, что может составлять основу для изготовления любых косметических средств. В работе также предложен способ приготовления косметической маски из ферментированной творожной сыворотки пропионовокислыми бактериями в присутствии лечебной грязи и предложена рецептура их изготовления с добавлением бентонитовой глины для стабилизации системы. Опытные образцы полученной маски показывают повышение упругости кожи, улучшение цвета лица и разглаживание мелких морщин.

Ключевые слова: творожная сыворотка, пропионовокислые бактерии, лечебная грязь, ферментация, косметическая маска

Use of healing mud when making a fermented cosmetic mask

Feodosiya P. Baldynova¹ feodocia@rambler.ru  0000-0003-4143-748XDarima N. Hamhanova¹ darima.1956@ya.ru  0000-0003-2432-212X¹ East Siberian State University of Technology and Management, st. Klyuchevskaya, 42 b, Ulan-Ude, 670013, Russia

Abstract. The current concern in the cosmetic industry is preparing of cosmetics products from aggressive preservatives-free natural, environmentally friendly ingredients, which would protect skin from external disturbance. The purpose of our work is to develop a biotechnological method for obtaining a cosmetic mask based on fermented curd whey in the presence of therapeutic mud. We used standard methods for determining microbiological and physicochemical parameters. The optimal concentration of therapeutic mud for fermentation was determined by quantitative estimation method of cells in the HMS nutrient medium after fermentation in pasteurized curd whey with the addition of different amounts of therapeutic mud. The result of the study is development of a cosmetic mask based on fermented whey mixture adding 10% of therapeutic mud of nutrient medium volume. The addition of therapeutic mud in an amount of 10% of nutrient medium volume contributed to increase of biomass of propionic acid bacteria up to $82 \cdot 10^8$ units and to the regulation of the pH of medium. Control of the finished mixture for microbiological, physical-chemical, organoleptic indicators showed the absence of pathogenic microflora and the content of propionic acid bacteria $1 \cdot 10^8$ units. The results of the study allow to characterize the ready mix as a product that combines biologically active substances, microelements, therapeutic mud hormones and metabolites of propionic acid bacteria, which can form the basis for the preparation of any cosmetics. The paper also proposes a method for preparing a cosmetic mask from fermented curd whey with propionic acid bacteria in the presence of therapeutic mud and a recipe for their manufacture with the addition of bentonite clay to stabilize the system. Prototypes of the obtained mask show skin elasticity and complexion improvement and smoothing of fine wrinkles.

Keywords: curd whey, propionic acid bacteria, therapeutic mud, fermentation, cosmetic mask

Введение

Проблема эстетики внешности человека всегда была актуальна во всем мире. Для решения проблемы разрабатывались косметические средства. Однако, не все косметические средства являются эффективными. Косметические средства, в составе которых содержатся синтетические ингредиенты, не безопасны для здоровья человека.

Для цитирования

Балдынова Ф.П., Хамханова Д.Н. Использование лечебной грязи при изготовлении ферментированной косметической маски // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 157–161. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-157-161

Для разработки новых косметических средств необходимо подобрать компоненты с нужными свойствами. Для этого проводятся исследования разных способов получения натуральных экстрактов, и выбирается наиболее эффективный способ.

Вне сомнения популярна натуральная и органическая косметика, содержащая ингредиенты натурального происхождения, в частности,

For citation

Baldynova F.P., Khamkhanova D.N. Use of healing mud when making a fermented cosmetic mask. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 157–161. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-157-161

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

ферментированные косметические средства. Интерес к ним пришел из Японии, затем производством ферментированной косметики стали заниматься и в Южной Корее. В основе изготовления ферментированных косметических средств лежит брожение натурального сырья бактериями или дрожжами. С процессом брожения человек знаком многие тысячи лет: приготовление кисломолочных продуктов, хлебного теста, вина, квашение овощей и сыроделие.

Как известно, брожение – метаболический процесс, при котором регенерируется аденозинтрифосфат (АТФ), а продукты расщепления органического субстрата могут служить одновременно и донорами и акцепторами водорода [1–2]. В процессе ферментации, которая является частью сложного процесса брожения, микроорганизмы выделяют ферменты, которые расщепляют сложные органические вещества на более простые, легко усваиваемые кожей. Также образуются другие целевые продукты – аминокислоты, витамины, антиоксиданты, благотворно влияющие на кожу [2].

Различают разные типы брожения: спиртовое, молочнокислое, пропионовокислое, муравьинокислое, маслянокислое и уксуснокислое брожение [3].

Наибольший интерес представляет пропионовокислое брожение. Поэтому нами предложен способ изготовления косметических масок, состоящий из лечебной грязи и творожной сыворотки, ферментированной пропионовокислыми бактериями (ПКБ) *Propionibacterium shermanii*.

Лечебную грязь довольно часто применяют в качестве домашнего косметического средства [4–7]. Однако, противопоказания и сроки их хранения недостаточно изучены [8–9], в связи с чем возникает актуальная задача разработки и исследования оптимального состава косметических средств, содержащих компоненты природной грязи.

Известны исследования в других странах по созданию лечебных мазей и косметических масок с содержанием лечебной грязи в определенном соотношении с основой и лекарственными веществами [4]

Цель работы – разработка биотехнологического способа получения косметической маски на основе ферментированной творожной сыворотки в присутствии лечебной грязи и выбор методов и средств контроля.

В ходе исследования решены следующие задачи:

1) определение доминирующих микроорганизмов в лечебной грязи;

2) определение микробиологических и физико-химических показателей образцов, ферментированной творожной сыворотки чистой закваской *Propionibacterium shermanii* в присутствии лечебной грязи;

3) составление рецептуры получения ферментированного косметического продукта, обогащенного биологически-активными веществами (БАВ) и микроэлементами лечебной грязи и содержащего метаболиты пропионовокислых бактерий.

Материалы и методы

В качестве основного сырья для изготовления косметической маски использовалась лечебная грязь курорта Киран в Республике Бурятия. По литературным данным лечебная грязь характеризуется повышенной щелочностью [7,10]. Также из литературных источников известно, что вода горько-соленая гидрокарбонатно-хлоридная, магниевая-натриевая с минерализацией 3 г/л, рН = 9. Рапа озера содержит бром, метаборную кислоту, сероводород, сульфид железа. Мощность грязевых пластов доходит до 2 метров, минерализация грязевого раствора колеблется от 24, 2 до 93,8 г/л, рН – (8,0–9,1) [11].

Ферментация проводилась в осветленной творожной сыворотке с использованием чистой закваски *Propionibacterium shermanii* [12–15].

Творожная сыворотка содержит большое количество биологически активных веществ, преимущественно белковой природы [16]. По своему составу творожная сыворотка отличается от молока только отсутствием казеина, который в кислой среде образует хлопья. Главными белками сыворотки являются лактоглобулин, лактоальбумин, бычий сывороточный альбумин и иммуноглобулин. В составе этих белков обнаружен полный набор незаменимых аминокислот, в том числе и аминокислоты с разветвленной цепью, играющие важную роль в энергообеспечении мышечной ткани.

Микробиологические показатели определяли стандартным и общепринятым в исследовательской практике методом: количество клеток пропионовокислых бактерий определяли по ГОСТ Р 56139 [17]. В качестве питательной среды была использована гидролизатно-молочная ГМС (ТУ 10–02–02–789–192–95) [18].

Активную кислотность (рН) определяли на милливольтметре марки рН-121.

Результаты и обсуждение

При определении доминирующих микроорганизмов в лечебной грязи по морфологическим, культуральным и физиологическим признакам было установлено, что в лечебной

грязи оз. Киран доминирующими являются бактерии рода *Bacillus* [7,19]. Поэтому для стерилизации лечебной грязи использовали УФ лучи. Обработку проводили в тонком слое в течение 30 минут. После стерилизации проводилась проверка на чистоту высевом на МПА.

Рост ПКБ при ферментации в зависимости от количества лечебной грязи и пастеризованной творожной сыворотки определялись при следующих соотношениях: 4; 10; 12% лечебной грязи от объема питательной среды (таблица 1).

Таблица 1.

Влияние лечебной грязи оз. Киран на рост пропионовокислых бактерий и pH среды при ферментации в течение 6 часов

Table 1.

The influence of the healing mud of the lake. Kiran on the growth of propionic acid bacteria and the pH of the medium during fermentation for 6 hours

Содержание лечебной грязи, % от объема питательной среды The content of therapeutic mud,% of the volume of the nutrient medium	Контроль Control	4	10	12
КОЕ/см ³	48×10 ⁸	50×10 ⁸	82×10 ⁸	68×10 ⁸
pH	4,8	5,0	5,8	6,2

Ферментацию проводили глубинно при температуре (30 ± 0,5)°C в течение 6 часов.

Сравнительный анализ динамики роста ПКБ показал, что рост клеток зависит от содержания лечебной грязи. Максимальное количество клеток в культуральной жидкости при добавлении лечебной грязи приходится на 10% содержание лечебной грязи от объема питательной среды и составляет 82×10⁸ единиц. Количество клеток в контрольном образце составило 48×10⁸ единиц.

Таким образом, для получения ферментированного косметического средства содержание лечебной грязи в творожной сыворотке должно быть не менее 10% от объема питательной среды, так как при данном количестве наблюдается максимальная биомасса ПКБ и в результате увеличивается количество продуктов жизнедеятельности. Использование концентрации лечебной грязи выше 10% от объема питательной среды нецелесообразно, так как будет увеличиваться pH среды, а количество ПКБ уменьшаться, что повлияет на косметический эффект маски.

Количественный учет клеток проводили через 2; 4, 6 и 10 часов ферментации (таблица 2).

По результатам полученных данных выявлено, что при ферментации увеличивается количество клеток ПКБ и уменьшается pH среды. При продолжительности ферментации до 10 часов количество ПКБ уменьшается.

Поскольку в процессе культивирования ПКБ выделяют в среду пропионовую и уксусную кислоты, минорные органические кислоты, то добавление лечебной грязи регулирует pH среды, что оказывает положительное влияние на рост ПКБ. Кроме того, лечебная грязь обладает богатым составом микроэлементов, минералов, солей, гормонов и биологически активных веществ [8–10, 20].

Таблица 2.

Зависимость общего количества пропионовокислых бактерий (КОЕ) и pH среды от продолжительности ферментации творожной сыворотки

Table 2.

Dependence of the total number of propionic acid bacteria (CFU) and the pH of the medium on the duration of fermentation of curd whey

Образец Sample	Продолжительность ферментации, ч Duration, h	КОЕ, 10 ⁸	pH
Ферментация творожной сыворотки с добавлением лечебной грязи Fermentation of curd whey with the addition of therapeutic mud	2	20	6,0
	4	38	5,9
	6	82	5,8
Ферментация чистой творожной сыворотки без лечебной грязи Fermentation of pure curd whey without therapeutic mud	10	66	5,5
	2	10	5,4
Ферментация чистой творожной сыворотки без лечебной грязи Fermentation of pure curd whey without therapeutic mud	4	20	5,0
	6	48	4,8
	10	20	4,3

Обогащение косметических средств, предложенной нами средой, содержащей лечебную грязь с творожной сывороткой, несомненно, улучшает качество косметических средств и оказывает благоприятное воздействие на кожу.

По результатам исследования составлена рецептура изготовления косметической маски на основе ферментированной сывороточной смеси с добавлением лечебной грязи:

- ферментация творожной сыворотки в присутствии лечебной грязи;
- добавление в ферментированную смесь кедрового масла в количестве 10% от общего объема;
- гомогенизация полученной смеси со скоростью 1000 об/мин в течение 30 с;
- добавление в готовую смесь глицерина в количестве 10–12% от общего объема, согласно рецептуре изготовления косметических масок, с последующей гомогенизацией в течение 30 с;

д) добавление термически обработанной бентонитовой глины в готовую смесь для стабилизации системы в соотношении 1:0,1;

е) гомогенизация смеси со скоростью 1000 об/мин в течение 60 с;

е) внесение в смесь натуральных поверхностно-активных веществ в количестве 1% от объема питательной среды и несколько капель эфирного масла для улучшения запаха.

Таблица 3.
Органолептические и физико-химические показатели

Table 3.
Organoleptic and Physicochemical indicators

Показатель Indicator	Характеристика Characteristic
Внешний вид	Гомогенная кремообразная масса Homogeneous creamy mass
Цвет | Color	Светло бежевый | Light beige
Запах | Aroma	Кисло-хвойный (терпкий) Acidic-coniferous (tart)
Количество сухого вещества, % Amount of dry substance, %	4,0–5,0
pH (20%)	6,0–7,0
Вязкость, с, (при 25 °C) Viscosity, s, (at 25 °C)	72

Готовую смесь контролировали по следующим показателям: микробиологическим, физико-химическим, органолептическим (таблица 3).

Результаты исследования показали отсутствие посторонней патогенной микрофлоры, а содержание ПКБ составило 1×10^8 .

Пробные экземпляры полученной косметической маски показывают неплохие результаты: увлажнение и питание кожи, повышение упругости и эластичности, улучшение цвета лица и разглаживание мелких морщин.

Заключение

Разработанная ферментированная косметическая маска с добавлением лечебной грязи согласно рецептуре с использованием различных вносимых ингредиентов, по своим органолептическим, физико-химическим и микробиологическим характеристикам имеет уникальные показатели. Благодаря добавлению лечебной грязи при ферментации в осветленной творожной сыворотке среда обогащается биологически активными веществами, микроэлементами, солями, гормонами лечебной грязи и метаболитами ПКБ. Такая среда может быть основой для любых косметических средств.

Литература

- 1 Наумович Ю.И., Глехусеж М.А. Биохимические реакции расщепления углеводов в организме человека // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 4. С. 80–85.
- 2 Нетрусов А.И., Котова И.Б. Общая микробиология, М: Издательский центр Академия, 2007. С. 288.
- 3 Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. Микробиология. 2019.
- 4 Iavich P.A., Kakhelidze M.B., Gabelaya M.A. and Churadze L.I. Cosmeceutical masks using therapeutic mud of akhtala (Georgia) and products from plant materials // World Journal of Pharmaceutical Research. 2020. V. 9. № 4. P. 189–194.
- 5 Ma'or Z., Henis Y., Alon Y., Orlov E. et al. Antimicrobial properties of Dead Sea black mineral mud // International journal of dermatology. 2006. V. 45. № 5. P. 504–511.
- 6 Kim J.H., Lee J., Lee H.B., Shin J.H. et al. Water-retentive and anti-inflammatory properties of organic and inorganic substances from Korean sea mud // Natural Product Communications. 2010. V. 5. № 3. P. 1934578X1000500311.
- 7 Nacakoğlu I., Sipahi N., AYDIN M., Ertuğrul K.A.Y.A. et al. Medicinal Plants Meeting with Mud: Phyto-Peloid // International Journal of Traditional and Complementary Medicine Research. 2020. V. 1. № 1. P. 33–41.
- 8 Al Bawab A., Bozeza A., Abu-Mallouh S., Irmaileh B.A. et al. The Dead Sea Mud and Salt: A Review of Its Characterization, Contaminants, and Beneficial Effects // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. doi:10.1088/1757-899X/305/1/012003
- 9 Carretero M.I., Gomes C.S.F., Tateo F. Clays, drugs, and human health // Developments in clay science. Elsevier, 2013. V. 5. P. 711–764. doi: 10.1016/B978-0-08-098259-5.00025-1
- 10 Vieira R.P., Fernandes A.R., Kaneko T.M., Consiglieri V.O. et al. Physical and physicochemical stability evaluation of cosmetic formulations containing soybean extract fermented by *Bifidobacterium animalis* // Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. 2009. V. 45. № 3. P. 515–525.
- 11 Батоцыренов Э.А., Санжеев Э.Д., Курорт Киран в Республике Бурятия: история и современность // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2018. № 3. С. 74–78.
- 12 Грунская В.А., Габриелян Д.С., Габриелян С.С. Использование подсырной сыворотки в рецептурах ферментированных напитков. // Молочнохозяйственный вестник. 2018. № 1(29). С. 107–115.
- 13 Орлова Т. Изучение биологической активности пропионовых кислотных бактерий // The scientific heritage. 2021. № 79. С. 31–33.
- 14 Бегунова А.В., Рожкова И.В., Зверева Е.А., Глазунова О.А. и др. Молочнокислые и пропионовокислые бактерии: формирование сообщества для получения функциональных продуктов с бифидогенными и гипотензивными свойствами // Прикладная биохимия и микробиология. 2019. Т.55 № 6. С. 566–577
- 15 Пат. № 2414886, RU, А61К 8/99, А61Q 19/08. Способ получения косметической маски / Балдынова Ф.П., Хамагаева И.С. № 2009130684/15; Заявл. 11.08.2009; Опубл. 27.03.2011, Бюл. № 9.
- 16 Рябцева С.А., Храмцов А.Г., Евдокимов И.А., Лодыгин А.Д. и др. Сыворотка молочная: получение производных компонентов // Молочная промышленность. 2013. № 6. С. 34–36.
- 17 ГОСТ Р 56139–2014. Продукты пищевые специализированные и функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов. М.: Стандартинформ, 2015.

18 TU 10-02-02-789-192-95. Питательная среда гидролизатно-молочная для количественного учёта бифидобактерий и пропионовокислых бактерий.

19 Балдынова Ф.П., Бызгаева А.В. Изучение влияния лечебной грязи на рост пропионовокислых бактерий в творожной сыворотке // Биотехнология в интересах экологии и экономики Сибири и Дальнего Востока: материалы V Всероссийской научно-практической конференции. Улан-Удэ: ВСГУТУ, 2018. С. 103.

20 Harari M. Beauty is not only skin deep: The Dead Sea features and cosmetics // Anales de Hidrología Médica. Madrid, Spain : Universidad Complutense de Madrid, 2012. V. 5. №. 1. P. 75-88.

References

- 1 Naumovich Yu.I., Tlekhusezh M.A. Biochemical reactions of carbohydrate breakdown in the human body. Scientific Review. Pedagogical Sciences. 2019. no. 4. pp. 80–85. (in Russian).
- 2 Netrusov A.I., Kotova I.B. General microbiology. Moscow, Academy Publishing Center, 2007. pp. 288. (in Russian).
- 3 Emtsev V.T., Mishustin E.N. Microbiology. 2019. (in Russian).
- 4 Iavich P.A., Kakhetelidze M.B., Gabelaya M.A. and Churadze L.I. Cosmeceutical masks using therapeutic mud of akhtala (Georgia) and products from plant materials. World Journal of Pharmaceutical Research. 2020. vol. 9. no. 4. pp. 189–194.
- 5 Ma'or Z., Henis Y., Alon Y., Orlov E. et al. Antimicrobial properties of Dead Sea black mineral mud. International journal of dermatology. 2006. vol. 45. no. 5. pp. 504-511.
- 6 Kim J.H., Lee J., Lee H.B., Shin J.H. et al. Water-retentive and anti-inflammatory properties of organic and inorganic substances from Korean sea mud. Natural Product Communications. 2010. vol. 5. no. 3. pp. 1934578X1000500311.
- 7 Nacakoğlu I., Sipahi N., AYDIN M., Ertugrul K.A.Y.A. et al. Medicinal Plants Meeting with Mud: Phyto-Peloid. International Journal of Traditional and Complementary Medicine Research. 2020. vol. 1. no. 1. pp. 33-41.
- 8 Al Bawab A., Bozeya A., Abu-Mallouh S., Irmaileh B.A. et al. The Dead Sea Mud and Salt: A Review of Its Characterization, Contaminants, and Beneficial Effects. IOP Conference Series Materials Science and Engineering. doi:10.1088/1757-899X/305/1/012003
- 9 Carretero M.I., Gomes C.S.F., Tateo F. Clays, drugs, and human health. Developments in clay science. Elsevier, 2013. vol. 5. pp. 711-764. doi: 10.1016/B978-0-08-098259-5.00025-1
- 10 Vieira R.P., Fernandes A.R., Kaneko T.M., Consiglieri V.O. et al. Physical and physicochemical stability evaluation of cosmetic formulations containing soybean extract fermented by Bifidobacterium animalis. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. 2009. vol. 45. no. 3. pp. 515-525.
- 11 Batotsyrenov E.A., Sanzheev E.D., Kiran resort in the Republic of Buryatia: history and modernity. Issues of balneology, physiotherapy and exercise therapy. 2018. no. 3. pp. 74–78. (in Russian).
- 12 Grunskaya V.A., Gabrielyan D.S., Gabrislyan S.S. The use of cheese whey in the formulation of fermented drinks. Dairy Bulletin. 2018. no. 1(29). pp. 107–115. (in Russian).
- 13 Orlova T. Studying the biological activity of propionic acid bacteria. The scientific heritage. 2021. no. 79. pp. 31–33. (in Russian).
- 14 Begunova A.V., Rozhkova I.V., Zvereva E.A., Glazunova O.A. Lactic acid and propionic acid bacteria: formation of a community for obtaining functional products with bifidogenic and hypotensive properties. Applied Biochemistry and Microbiology. 2019. vol.55. no. 6. pp. 566–577. (in Russian).
- 15 Baldynova F.P., Khamagaeva I.S. Method for obtaining a cosmetic mask. Patent RF, no. 2414886, 2011.
- 16 Ryabtseva S.A., Khramtsov A.G., Evdokimov I.A., Lodygin A.D. Milk whey: obtaining derivative components. Dairy industry. 2013. no. 6. pp. 34-36. (in Russian).
- 17 GOST R 56139–2014. Food products specialized and functional. Methods for the determination and enumeration of probiotic microorganisms. Moscow, Standartinform, 2015. (in Russian).
- 18 TU 10-02-02-789-192-95. Nutrient medium hydrolyzate-milk for quantitative accounting of bifidobacteria and propionic acid bacteria. (in Russian).
- 19 Baldynova F.P., Byzgaeva A.V. Study of the effect of therapeutic mud on the growth of propionic acid bacteria in curd whey. Biotechnology in the interests of ecology and the economy of Siberia and the Far East: materials of the V All-Russian Scientific and Practical Conference. Ulan-Ude, VSGUTU, 2018. pp. 103. (in Russian).
- 20 Harari M. Beauty is not only skin deep: The Dead Sea features and cosmetics. Anales de Hidrología Médica. Madrid, Spain, Universidad Complutense de Madrid, 2012. vol. 5. no. 1. pp. 75-88.

Сведения об авторах

Феодосия П. Балдынова к.х.н., доцент, кафедра биотехнологии, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, ул. Ключевская, 42 б, Улан-Удэ, 670013, Россия, feodocia@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4143-748X>

Дарима Н. Хамханова д.т.н., профессор, кафедра стандартизации, метрологии и управления качеством, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, ул. Ключевская, 42 б, Улан-Удэ, 670013, Россия, darima.1956@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2432-212X>

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

Feodosiya P. Baldynova Cand. Sci. (Chem.), associate professor, biotechnology department, East Siberian State University of Technology and Management, st. Klyuchevskaya, 42 b, Ulan-Ude, 670013, Russia, feodocia@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4143-748X>

Darima N. Hamhanova Dr. Sci. (Chem.), professor, standardization, metrology and quality management department, East Siberian State University of Technology and Management, st. Klyuchevskaya, 42 b, Ulan-Ude, 670013, Russia, darima.1956@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2432-212X>

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 20/12/2021	После редакции 15/01/2022	Принята в печать 08/02/2022
Received 20/12/2021	Accepted in revised 15/01/2022	Accepted 08/02/2022

Подбор микроэлементов для иммобилизации их коллоидных структур на природном носителе с целью обогащения основных пищевых продуктов




Елена В. Белокурова ¹	zvezdamal@mail.ru	 0000-0002-1955-8376
Евгений С. Попов ¹	e_s_popov@mail.ru	 0000-0003-3303-3434
Мартин А. Саргсян ¹	mrmartinok@mail.ru	 0000-0002-3786-1088

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

Аннотация. Разработка и внедрение новых технологий по обогащению готового продукта микроэлементами является важной и актуальной. Отклонения в элементном статусе организма обнаруживаются у подавляющего большинства взрослого населения России, существенно отличаясь по характеру и степени выраженности у представителей различных регионов и лиц, разделенных по профессиональному признаку и роду занятий. Одновременно известно, что в России в среднем примерно две трети взрослых и три четверти детей отнесены к группе риска по гипомикроэлементозам, с другой стороны, около одной трети населения в той или иной мере подвержены гипермикроэлементозам. Наиболее распространен дефицит таких микроэлементов, как: железо, цинк, медь, хром, йод, селен, кобальт, кремний. Основная проблема выявления микроэлементоза в том, что дефицит эссенциальных элементов не имеет выраженной клинической картины. Для проведения коррекции готовых рецептур изделий необходимо брать в учет показатели уровня всасывания и скорости выделения данных элементов, а также способы их утилизации в организме. Одним из наиболее эффективных способов внесения в рецептуры эссенциальных и условно-эссенциальных элементов является иммобилизация коллоидных растворов с высоким содержанием данных элементов на полимерном или белковом носителе, с последующим внесением в состав готовящегося продукта. Описана эффективность использования в качестве коллоидной фазы таких элементов, как серебро, золото, цинк кобальт и селен. Описаны антагонистические и синергические взаимодействия эссенциальных элементов, их влияние на организм с учетом показателей всасываемости и скорости их выведения.

Ключевые слова: эссенциальные элементы, усвояемость, скорость всасывания, иммобилизация, коллоидные структуры

Choosing microelements for the immobilization of their colloidal frames on a natural carrier in order to enrich the main food products

Elena V. Belokurova ¹	zvezdamal@mail.ru	 0000-0002-1955-8376
Evgeny S. Popov ¹	e_s_popov@mail.ru	 0000-0003-3303-3434
Martin A. Sargsyan ¹	mrmartinok@mail.ru	 0000-0002-3786-1088

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

Abstract. The development and implementation of new technologies for enriching the finished product with trace elements is important and relevant. Deviations in the elemental state of the body are found in the vast majority of the adult population of Russia, significantly differing in nature and degree of severity in representatives of different regions and persons divided by profession and occupation. At the same time, it is recognized that in Russia, on average, about two-thirds of adults and three-quarters of children are classified as at risk for hypomicroelementosis, on the other hand, about one-third of the population is more or less susceptible to hypermicroelementosis. The most common deficiency of trace elements such as iron, zinc, copper, chromium, iodine, selenium, cobalt, silicon. The main problem of detecting microelementosis is that the deficiency of essential elements does not have a pronounced clinical picture. To correct the finished formulations of products, it is necessary to take into account the indicators of the level of absorption and the rate of release of these elements, as well as ways of their disposal in the body. One of the most effective ways to introduce essential and conditionally essential elements into formulations is the immobilization of colloidal solutions with a high content of these elements on a polymeric material or protein carrier, followed by introduction into the composition of the prepared product. The efficiency of using elements such as silver, gold, zinc, cobalt and selenium as a colloidal phase is described. Antagonistic and synergistic interactions of essential elements, their effect on the body, taking into account the indicators of absorption and the rate of their excretion, are described.

Keywords: essential elements, assimilation, absorbency, immobilization, colloidal frames

Введение

Коррекция получаемых организмом микроэлементов в современной практической медицине приобретает всё больше сторонников, убеждённых в жизненной необходимости восполнения эссенциальных микроэлементов для успешной профилактики и лечения различной

патологии, особенно если брать в учет отсутствие синтеза данных микроэлементов в нашем организме. Одновременно известно, что в России в среднем примерно две трети взрослых и три четверти детей отнесены к группе риска по гипомикроэлементозам, с другой стороны, около одной трети населения в той или иной мере подвержены гипермикроэлементозам.

Для цитирования

Белокурова Е.В., Попов Е.С., Саргсян М.А. Подбор микроэлементов для иммобилизации их коллоидных структур на природном носителе с целью обогащения основных пищевых продуктов // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 162–166. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-162-166

For citation

Belokurova E.V., Popov E.S., Sargsyan M.A. Choosing microelements for the immobilization of their colloidal frames on a natural carrier in order to enrich the main food products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 162–166. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-162-166

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

Избыток, дефицит или дисбаланс микроэлементов во внешней среде, и соответственно в организме, могут привести к нарушению минерального обмена и развитию микроэлементозов – заболеваний биогеохимической природы [1].

Поэтому крайне важным развитием пищевой и фармацевтической промышленности сейчас является разработка и внедрение новых технологий по обогащению готового продукта микроэлементами. Не стоит забывать и про основные источники их получения с пищей. К примеру – питьевая вода является основным источником ряда эссенциальных микроэлементов. Это справедливо, прежде всего, в отношении кальция и магния, железа, марганца и йода. Для некоторых из них (железо, марганец, фтор) вода может быть основным источником поступления в организм, поскольку в питьевом водоснабжении преобладают подземные воды. Основная проблема выявления микроэлементоза в том, что дефицит эссенциальных элементов не имеет выраженной клинической картины. Он проявляется постепенным снижением когнитивных функций (внимание, восприятие, память), мышечной и костной массы, замедлением заживления ран, повышенной утомляемостью, иммунодефицитом, анемией и другими неспецифическими признаками. Кроме того, дефицит эссенциальных элементов имеет некоторое сходство с хронической интоксикацией токсическими элементами, что обуславливает необходимость комплексного анализа [2, 3].

Обсуждение

Отклонения в элементном статусе организма обнаруживаются у подавляющего большинства взрослого населения России, существенно отличаясь по характеру и степени выраженности у представителей различных регионов и лиц, разделенных по профессиональному признаку и роду занятий. Наиболее распространен дефицит таких микроэлементов, как: железо, цинк, медь, хром, йод, селен, кобальт, кремний. Ряд микроэлементов постоянно присутствует в нашем организме, но влияние их избытка или недостатка на данный момент малоизучены, к примеру золото и серебро. Перед выбором металла, для внедрения его в технологический процесс, важно ознакомиться с показателями всасываемости и выводимости микроэлементов [4].

Позволяет понять очень многие свойства и объяснить многие физиологические эффекты макро- и микроэлементов учет такого показателя, как уровень всасывания. Для тех элементов, которые всасываются в ЖКТ очень хорошо (на 80–100%), как правило, не возникает проблемы дефицита. Исключение составляют йод

и фтор, дефицит которых обычно связан с их низким содержанием в составе пищи и воды. Из-за высокого уровня всасывания очень легко получить отравление мышьяком или препаратами, содержащими бор. При снижении коэффициента всасывания даже до 50% начинают возникать проблемы дефицита отдельных элементов, например, селена, цинка и меди. Одной из причин недостаточности кальция, магния, а также железа, марганца и хрома является их низкое всасывание, которое составляет 30 и 10% соответственно. С другой стороны, низкий коэффициент всасывания некоторых тяжелых металлов (стронция, свинца, кадмия, сурьмы, серебра), а также алюминия или бериллия предотвращает поступление в организм этих токсичных элементов. Очень низкое всасывание серебра и алюминия является гарантией безопасности организма при использовании алюминиевой посуды или применении препаратов коллоидного серебра [5,6].

Чем выше скорость выведения, тем быстрее осуществляется обновление элементов в организме и быстрее может возникнуть дефицит элемента при уменьшении его поступления с пищей. Поэтому элементы, которые имеют высокую скорость выведения, необходимы в первую очередь и их нужно получать регулярно. Это касается в первую очередь таких микроэлементов, как йод, бор, кобальт, олово, селен, марганец, медь. При недостатке этих элементов в рационе очень быстро можно получить их дефицит, поскольку организм потеряет основной их пул в течение считанных дней. В то же время – это свойство элементов позволяет достаточно просто освободить организм от избытка токсичных элементов: таллия, бора, мышьяка, средняя скорость полувыведения которых колеблется от 4 до 12 дней [7].

Одними из наиболее перспективных элементов для иммобилизации в продукты питания являются серебро и золото. О антибактериальных свойствах серебра и золота известно уже давно. Серебро и золото обладает бактерицидным воздействием по отношению более чем к 500 видам бактерий. Эффект уничтожения бактерий препаратами с серебром в 1500 раз выше действия такой же концентрации фенола и в 3,5 раза выше действия сулемы. Наночастицы серебра и золота в отличие от часто используемых консервантов не являются столь токсичными и у большинства микроорганизмов отсутствует устойчивость к их влиянию, что имеет большое значение в случае применения в сфере производства продуктов питания. Чувствительность непатогенных и патогенных микроорганизмов к серебру и золоту различна.

Считается, что патогенные микроорганизмы, как правило, более чувствительны к ионам данных элементов, чем непатогенные. Несмотря на то, что и серебро и золото обладают низким показателем всасывания в организме, они все еще остаются крайне перспективными элементами для внесения [8, 9].

Дефицит цинка одна из самых распространенных причин микроэлементоза. По данным ВОЗ, около половины населения Земли страдает нехваткой цинка. Чаще всего дефицит этого элемента развивается из-за снижения его поступления с пищей, особенно в периоды повышенной потребности в нем: при беременности и лактации, в детском и подростковом возрасте, во время реконвалесценции после заболеваний, травм, ожогов и операций. Кроме того, избыточное поступление меди, кадмия, свинца, ртути, этанола, длительный прием препаратов эстрогенов, глюкокортикоидов, анаболических, антиметаболитов, иммуносупрессоров, диуретиков могут приводить к снижению количества цинка в организме. Цинк необходим для синтеза белков, в том числе коллагена и формирования костей. Цинк принимает участие в процессах деления и дифференцировки клеток, формировании Т-клеточного иммунитета; цинк является кофактором инсулина, супероксиддисмутазы, дигидрокортикостерона. Цинк играет важнейшую роль в процессах регенерации кожи, роста волос и ногтей, секреции сальных желез. Цинк способствует всасыванию витамина Е и поддержанию нормальной концентрации этого витамина в крови. Цинк участвует в кроветворении и метаболизме этанола. К сожалению, до сих пор нет единого стандарта оценки статуса цинка. Более того, последствия дефицита цинка плохо изучены [10,11].

Интересным для внесения в продукты питания является кобальт. Несмотря на то, что дефицит кобальта встречается нечасто, его причинами могут быть: недостаточное поступление; атрофия слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта; глистная инвазия; избыток в рационе белка и железа. Медь и цинк, напротив, увеличивают абсорбцию кобальта в ЖКТ. При поиске групп населения страдающих от дефицита кобальта, наблюдается ситуация в которой крайне распространенным явлением среди веганов и даже вегетарианцев является дефицит витамина В₁₂, однако значительных исследований по оценке распространенности дефицита кобальта среди этих групп не проводилось. Кобальт входит в состав витамина В₁₂,

таким образом, участвуя в процессах клеточного деления, синтезе белка, миелинизации нервных волокон, детоксикации ксенобиотиков. Кроме того, кобальт угнетает обмен йода способствует повышению экскреции воды почками. Кобальт усиливает экспрессию эритропоэтина, активируя гипоксия-индуцируемый фактор 1. В среднем в желудочно-кишечном тракте всасывается около 20% поступившего кобальта [12].

Крайне перспективным микроэлементом для иммобилизации является селен, дефицит которого на данный момент распространен по всему миру. Дефицит селена может развиваться преимущественно по двум причинам: снижение его поступления с пищей и водой; повышенный расход селена при значительном хроническом поступлении ксенобиотиков. Большие дозы ртути, меди, мышьяка, сульфатов, парацетамола, фенацетина, противомаларийных препаратов могут привести к дефициту селена в организме. Недостаток в организме селена ведет к нарушению целостности клеточных мембран, значительному снижению активности сгруппированных на них ферментов, накоплению кальция внутри клеток, нарушению метаболизма аминокислот и кетоновых тел; накоплению мышьяка, кадмия и ртути. Усвояемость селена из Se-метионина составляет 37%, из Se-цистеина – 73%, из селенита натрия – 42%, из элементного селена – 7%. Таким образом, в процессе всасывания могут возникнуть весьма существенные потери элементов, которые возрастают при нарушении пищеварительной функции. Но и после того, как элементы пересекут кишечный барьер и поступят во внутреннюю среду организма, они могут быть экскретированы в просвет кишки, выведены из организма с мочой или с потом, поэтому потери элементов могут быть и на этапе утилизации [13].

Заключение

Разработка новых рецептур и изменение старых с целью повышения содержания эссенциальных, условно-эссенциальных и малоизученных микроэлементов в пище актуальна до сих пор. На данный момент кафедрой сервиса и ресторанного бизнеса Воронежского государственного университета инженерных технологий разрабатываются технологии иммобилизации коллоидных структур микроэлементов на природном носителе, с целью внесения их в основные пищевые продукты, в частности хлебобулочные и мучные-кондитерские изделия.

Литература

- 1 Шакирова А.З. К вопросу о микроэлементозах человека // Актуальные вопросы судебной медицины и права: сборник научно-практических статей. Казань: Государственное автономное учреждение здравоохранения «Республиканское бюро судебно-медицинской экспертизы министерства здравоохранения Республики Татарстан», 2021. С. 108–113.
- 2 Ирхина И.Е., Османова Г.Ш. Наиболее актуальные микроэлементозы у населения Архангельской области // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. 2016. № 1(36). С. 245–246.
- 3 Тармаева И.Ю., Скальный А.В., Богданова О.Г. и др. Элементный статус взрослого трудоспособного населения Республики Бурятия // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 5. С. 308–313. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-5-308-313
- 4 Лысиков Ю.А. Роль и физиологические основы обмена макро- и микроэлементов в питании человека // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2009. № 2. С. 120–131.
- 5 Скальный А.В. Микроэлементозы человека (диагностика и лечение). М.: КМК, 2001. 96 с.
- 6 Королев Д.В., Шумило М. В., Истомина М. С. и др. Синтез наночастиц коллоидного серебра и стабилизация их несколькими способами для использования в лекарственных формах наружного применения // Трансляционная медицина. 2020. Т. 7. № 2. С. 42-51. doi: 10.18705/2311-4495-2020-7-2-42-51
- 7 Барбин Н.М., Чирков А.А. Применение препаратов на основе наночастиц серебра для предотвращения микробиологического заражения продуктов питания // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: Материалы конференции, Санкт-Петербург, 17–20 ноября 2015 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2015. С. 132–133.
- 8 Еремин Д.А., Удалова Е.А. Коллоидной золото в медицине // Материалы 70-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ, Уфа, 22–26 апреля 2019 года. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2019. С. 175.
- 9 Гальченко А.В., Назарова А.М. Эссенциальные микро- и ультрамикроэлементы в питании вегетарианцев и веганов. Часть 2. йод, селен, хром, молибден, кобальт // Микроэлементы в медицине. 2020. Т. 21. № 2. С. 13–22. doi: 10.19112/2413-6174-2020-21-2-13-22
- 10 Гальченко А.В., Назарова А.М. Эссенциальные микро- и ультрамикроэлементы в питании вегетарианцев и веганов. Часть 1. железо, цинк, медь, марганец // Микроэлементы в медицине. 2019. Т. 20. № 4. С. 14–23. doi: 10.19112/2413-6174-2019-20-4-14-23
- 11 Дубовец Н.И., Казнина Н.М., Орловская О.А., Сычева Е.А. Проблема дефицита цинка в рационе питания населения и биотехнологические подходы к ее решению // Молекулярная и прикладная генетика. 2021. Т. 31. С. 147-158. doi: 10.47612/1999-9127-2021-31-147-158
- 12 Гилязова И.Б., Кудрявцева Е.И., Стародубова Н.А. Качественное содержание тяжёлых металлов в продуктах питания // Экологические чтения-2021: XII Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Омск, 04–05 июня 2021 года. Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2021. С. 170-173.
- 13 Алтухова О.А., Пьяникова Э.А. Изучение возможности использования селеносодержащих добавок в питании // Проблемы конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания: сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции, Курск, 09 апреля 2021 года. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. С. 35-40.
- 14 Lokanathan A.R., Nykänen A., Seitonen J., Johansson L.S. et al. Cilia-Mimetic hairy surfaces based on end-immobilized nanocellulose colloidal rods // Biomacromolecules. 2013. V. 14. №. 8. P. 2807-2813. doi: 10.1021/bm400633r
- 15 Stelling C., Mark A., Papastavrou G., Retsch M. et al. Showing particles their place: deterministic colloid immobilization by gold nanomeshes // Nanoscale. 2016. V. 8. №. 30. P. 14556-14564. doi: 10.1039/C6NR03113G
- 16 Weiner R.G., Chen D.P., Unocic R.R., Skrabalak S.E. Impact of Membrane-Induced Particle Immobilization on Seeded Growth Monitored by In Situ Liquid Scanning Transmission Electron Microscopy // Small. 2016. V. 12. №. 20. P. 2701-2706. doi: 10.1002/sml.201502974
- 17 Lei P., Aytou S., Bush A.I. The essential elements of Alzheimer's disease // Journal of Biological Chemistry. 2021. V. 296. doi: https://doi.org/10.1074/jbc.REV120.008207
- 18 Młyniec K., Gawel M., Doboszevska U., Starowicz G. et al. Essential elements in depression and anxiety. Part II // Pharmacological Reports. 2015. V. 67. №. 2. P. 187-194. doi:10.1016/j.pharep.2014.09.009
- 19 Lu B.N., Li N., Elhatisari S., Lee D. et al. Essential elements for nuclear binding // Physics Letters B. 2019. V. 797. P. 134863. doi: 10.1016/j.physletb.2019.134863
- 20 Burke W., Trinidad S. B., Press N. A. Essential elements of personalized medicine // Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations. Elsevier, 2014. V. 32. №. 2. P. 193-197. doi: 10.1016/j.urolonc.2013.09.002

References

- 1 Shakirova A.Z. On the issue of human microelementoses. Topical issues of forensic medicine and law: a collection of scientific and practical articles. Kazan: State Autonomous Health Institution "Republican Bureau of Forensic Medical Examination of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan", 2021. pp. 108–113. (in Russian).
- 2 Irkhina I.E., Osmanova G.Sh. The most relevant microelementoses in the population of the Arkhangelsk region. Bulletin of the Northern State Medical University. 2016. no. 1(36). pp. 245–246. (in Russian).
- 3 Tarmaeva I.Yu., Skalny A.V., Bogdanova O.G. et al. Elemental status of the adult working-age population of the Republic of Buryatia. Occupational Medicine and Industrial Ecology. 2019. vol. 59. no. 5. pp. 308–313. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-5-308-313 (in Russian).
- 4 Lysikov Yu.A. The role and physiological basis of the exchange of macro- and microelements in human nutrition. Experimental and Clinical Gastroenterology. 2009. no. 2. pp. 120–131. (in Russian).
- 5 Skalny A.V. Human microelementoses (diagnosis and treatment). Voscov, KMK, 2001. 96 p. (in Russian).

6 Korolev D.V., Shumilo M.V., Istomina M.S. et al. Synthesis of colloidal silver nanoparticles and their stabilization in several ways for use in external dosage forms. *Translational Medicine*. 2020. vol. 7. no. 2. pp. 42-51. doi: 10.18705/2311-4495-2020-7-2-42-51 (in Russian).

7 Barbin N.M., Chirkov A.A. The use of drugs based on silver nanoparticles to prevent microbiological contamination of food. Low-temperature and food technologies in the XXI century: Proceedings of the conference, St. Petersburg, November 17–20, 2015. St. Petersburg, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2015. pp. 132–133. (in Russian).

8 Eremin D.A., Udalova E.A. Colloidal gold in medicine. Proceedings of the 70th scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists of USPTU, Ufa, April 22–26, 2019. Ufa, Ufa State Oil Technical University, 2019. pp. 175. (in Russian).

9 Galchenko A.V., Nazarova A.M. Essential micro and ultra microelements in the nutrition of vegetarians and vegans. Part 2. iodine, selenium, chromium, molybdenum, cobalt. Trace elements in medicine. 2020. vol. 21. no. 2. pp. 13–22. doi: 10.19112/2413-6174-2020-21-2-13-22 (in Russian).

10 Galchenko A.V., Nazarova A.M. Essential micro and ultra microelements in the nutrition of vegetarians and vegans. Part 1. iron, zinc, copper, manganese. Trace elements in medicine. 2019. vol. 20. no. 4. pp. 14–23. doi: 10.19112/2413-6174-2019-20-4-14-23 (in Russian).

11 Dubovets N.I., Kaznina N.M., Orlovskaya O.A., Sycheva E.A. The problem of zinc deficiency in the diet of the population and biotechnological approaches to its solution. *Molecular and Applied Genetics*. 2021. vol. 31. pp. 147-158. doi: 10.47612/1999-9127-2021-31-147-158 (in Russian).

12 Gilyazova I.B., Kudryavtseva E.I., Starodubova N.A. Qualitative content of heavy metals in food products. Ecological readings-2021: XII National scientific and practical conference with international participation, Omsk, June 04–05, 2021. Omsk, Omsk State Agrarian University. P.A. Stolypin, 2021, pp. 170-173. (in Russian).

13 Altukhova O.A., Pyanikova E.A. Studying the possibility of using selenium-containing additives in nutrition. Problems of competitiveness of consumer goods and food products: collection of scientific articles of the 3rd International Scientific and Practical Conference, Kursk, April 09, 2021. Kursk, Southwestern State University, 2021, pp. 35-40. (in Russian).

14 Lokanathan A.R., Nykänen A., Seitonen J., Johansson L.S. et al. Cilia-Mimetic hairy surfaces based on end-immobilized nanocellulose colloidal rods. *Biomacromolecules*. 2013. vol. 14. no. 8. pp. 2807-2813. doi: 10.1021/bm400633r

15 Stelling C., Mark A., Papastavrou G., Retsch M. et al. Showing particles their place: deterministic colloid immobilization by gold nanomeshes. *Nanoscale*. 2016. vol. 8. no. 30. pp. 14556-14564. doi: 10.1039/C6NR03113G

16 Weiner R.G., Chen D.P., Unocic R.R., Skrabalak S.E. Impact of Membrane-Induced Particle Immobilization on Seeded Growth Monitored by In Situ Liquid Scanning Transmission Electron Microscopy. *Small*. 2016. vol. 12. no. 20. pp. 2701-2706. doi: 10.1002/sml.201502974


17 Lei P., Ayton S., Bush A.I. The essential elements of Alzheimer's disease. *Journal of Biological Chemistry*. 2021. vol. 296. doi: <https://doi.org/10.1074/jbc.REV120.008207>


18 Młyniec K., Gawel M., Doboszevska U., Starowicz G. et al. Essential elements in depression and anxiety. Part II. *Pharmacological Reports*. 2015. vol. 67. no. 2. pp. 187-194. doi:10.1016/j.pharep.2014.09.009


19 Lu B.N., Li N., Elhatisari S., Lee D. et al. Essential elements for nuclear binding. *Physics Letters B*. 2019. vol. 797. pp. 134863. doi: 10.1016/j.physletb.2019.134863

20 Burke W., Trinidad S.B., Press N.A. Essential elements of personalized medicine. *Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations*. Elsevier, 2014. vol. 32. no. 2. pp. 193-197. doi: 10.1016/j.urolonc.2013.09.002

Сведения об авторах

Елена В. Белокурова к.т.н., доцент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zvezdamal@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1955-8376>

Евгений С. Попов д.т.н., профессор, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, e_s_popov@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3303-3434>

Мартин А. Саргсян аспирант, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mrmartinok@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3786-1088>


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 V. Belokurova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zvezdamal@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1955-8376>

Evgeny S. Popov Dr. Sci. (Engin.), professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, e_s_popov@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3303-3434>

Martin A. Sargsyan post-graduate student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mrmartinok@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3786-1088>

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 20/12/2021	После редакции 10/01/2022	Принята в печать 27/01/2022
Received 20/12/2021	Accepted in revised 10/01/2022	Accepted 27/01/2022

Исследование возможности получения качественных вин из винограда Центрально-Чернозёмного региона

Елена А. Коротких	1	dobruly@bk.ru	 0000-0002-5951-7085
Инна В. Новикова	1	noviv@list.ru	 0000-0002-2360-5892
Михаил В. Покровский	3	mpokrovsky@ya.ru	 0000-0002-1493-3376
Татьяна В. Автина	3	tatyanaavtina@ya.ru	 0000-0003-0509-5996
Николай В. Коротких	1	nikolaj.korotkix.99@mail.ru	 0000-0002-427-9587
Михаил Ю. Пимкин	2	luckyymiha@mail.ru	 0000-0002-427-9587

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







2 Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г. Мичуринск, 393760, Россия

3 Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия

Аннотация. В настоящее время в пищевой промышленности актуальным направлением является импортозамещение, присутствие на рынке отечественных качественных продуктов, в том числе алкогольных напитков. Технический сорт винограда «Изабелла» является одним из самых распространенным в Центрально-Черноземном регионе (ЦЧР). Цель работы – популяризировать культуру потребления вина и насытить продовольственный рынок ЦЧР качественными виноматериалами и готовой продукцией. Объекты исследования: пять образцов технического сорта винограда «Изабелла», выращенных на разных территориях Воронежской, Белгородской, Липецкой областях ЦЧР: пять образцов вина, приготовленного из вышеуказанного сырья по красному способу. При сборе виноградного сырья руководствовались условиями сахаристости и кислотности. Переработку винограда, получение виноматериала и готового вина осуществляли по технологической схеме для красного столового вина. В результате показана возможность применения технического сорта винограда «Изабелла», выращенного в ЦЧР для получения вина. Кондиции всех пяти образцов винограда соответствовали нормам, принятым в винодельческом производстве. По основным физико-химическим показателям полученные образцы вина соответствовали нормам, принятым для ординарных красных полусладких вин. Оценка образцов вина по показателю «Количественное определение транс-ресвератрола» позволила выявить образец, содержащий транс-ресвератрол – образец вина №4, полученный из винограда сорта «Изабелла», произрастающего в Липецкой обл., г. Грязи, Грязинского района. Содержание транс-ресвератрола в нем составило 0,143 мг/дм³. Ресвератрол, обладая антиоксидантной активностью, представляет наибольший интерес из биомолекул снутрицевитическими свойствами в красном вине. Разделение и идентификацию транс-ресвератрола проводили с помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), сопряженного с детектором на диодной матрице (модель DAD-3000, Thermo Scientific). Калибровочную кривую строили с использованием стандартного образца при возрастающих концентрациях аналита в ацетонитриле. Дальнейшее развитие исследований: разработать технологию терруарного вина, отличающегося от других вин, произведенных в других географических широтах с внешним видом, вкусом, ароматом, которые будут сформированы за счет влияния внешних факторов.

Ключевые слова: виноград, виноматериал, вино, винодельческая промышленность, содержание транс-ресвератрола, органолептические показатели.

Study of the possibility of obtaining quality wines from grapes of the Central Black Earth Region

Elena A. Korotkikh	1	dobruly@bk.ru	 0000-0002-5951-7085
Inna V. Novikova	1	noviv@list.ru	 0000-0002-2360-5892
Mikhail V. Pokrovskiy	3	mpokrovsky@ya.ru	 0000-0002-1493-3376
Tatiana V. Avtina	3	tatyanaavtina@ya.ru	 0000-0003-0509-5996
Nikolai V. Korotkikh	1	nikolaj.korotkix.99@mail.ru	 0000-0002-427-9587
Mikhail Yu. Pimkin	2	luckyymiha@mail.ru	 0000-0002-427-9587

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

2 Michurinsk State Agrarian University, Internatsionalnaya str., 101, Michurinsk, 393760, Russia

3 Belgorod State University, 85 Pobedy Street, Belgorod, 308015, Russia

Для цитирования

Коротких Е.А., Новикова И.В., Покровский М.В., Автина Т.В., Коротких Н.В., Пимкин М.Ю. Исследование возможности получения качественных вин из винограда Центрально-Чернозёмного региона // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 167–173. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-167-173

For citation

Korotkikh E.A., Novikova I.V., Pokrovskiy M.V., Avtina T.V., Korotkikh N.V., Pimkin M.Yu. Study of the possibility of obtaining quality wines from grapes of the Central Black Earth Region. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 167–173. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-167-173

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

Abstract. Currently, import substitution, the presence of domestic quality products on the market, including alcoholic beverages, is an urgent direction in the food industry. The technical grape variety "Isabella" is one of the most widespread in the Central Black Earth Region (CBER). The purpose of the work is to popularize the culture of wine consumption and saturate the food market of the CBER with high-quality wine materials and finished products. Objects of research were: five samples of the technical grape variety "Isabella" grown in different territories of the Voronezh, Belgorod, Lipetsk regions of the CBER: five samples of wine prepared from the above raw materials by the «red» method. When collecting grape raw materials, they were guided by the conditions of sugar content and acidity. The processing of grapes, the production of wine materials and finished wine was carried out according to the technological scheme for red table wine. As a result, the possibility of using the technical grape variety "Isabella" grown in the CBER is shown. The conditions of all five samples of grapes corresponded to the standards adopted in the wine production. According to the basic physico-chemical parameters, the obtained wine samples corresponded to the standards adopted for ordinary red semi-sweet wines. The evaluation of wine samples according to the indicator "Quantitative determination of trans-resveratrol" revealed a sample containing trans-resveratrol - a sample of wine № 4 obtained from grapes of the variety "Isabella" growing in the Lipetsk region, the city of Gryazi, Gryazinsky district. The content of trans-resveratrol in it was 0.143 mg/dm³. Resveratrol, having antioxidant activity, is of the greatest interest among biomolecules with nutraceutical properties in red wine. The separation and identification of trans-resveratrol was carried out using high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled with a detector on a diode matrix (DAD-3000 model, Thermo Scientific). The calibration curve was constructed using a standard sample at increasing concentrations. Further development of research are: to develop the technology of terroir wine, which differs from other wines produced in other geographical latitudes with appearance, taste, aroma, which will be formed due to the influence of external factors.

Keywords: grape, wine material, wine, wine industry, trans-resveratrol content, organoleptic indicators.

Введение

В настоящее время в пищевой промышленности актуальным направлением является импортозамещение, присутствие на рынке отечественных качественных продуктов, в том числе алкогольных напитков. Качественное вино – напиток, который пользуется популярностью и высоким спросом среди широкого круга потребителей. Официально Центрально-Чернозёмный регион (ЦЧР) не является зоной виноградарства и виноделия в Российской Федерации и этому есть вполне обоснованные причины. Исторически сложилось, что ввиду частых засух, холодов, возвратных заморозков и других природных явлений ЦЧР является зоной рискованного земледелия [1]. Однако, существует ряд комплексных исследований по изучению изменений погодных условий на территории ЦЧР, которые подтверждают за длительный (60 лет) период повышение среднегодовой температуры и суммы активных температур в среднем +0,04 и +5,6 °C в год соответственно [2–4].

Всегда среди потребителей алкогольной продукции возникает много вопросов и споров по поводу пользы или вреда вина. Несомненно, этиловый спирт – не самый необходимый компонент питательной среды для живой клетки, однако в натуральном виноградном вине присутствуют в относительно больших количествах биологически активные и питательные вещества – углеводы, органические кислоты, дубильные вещества, аминокислоты, ферменты, витамины, минеральные соли и ряд других физиологически активных соединений [5].

Технический сорт винограда «Изабелла» является одним из самых распространенным в ЦЧР. Производство вина из данного сорта

является экономически выгодным, так как сорт является морозостойким и относится к неукрывной культуре, устойчив к грибным заболеваниям, корни не страдают филлоксерой [6–8]. Есть все предпосылки для применения сорта в органическом виноделии.

Цель работы – популяризировать культуру потребления вина и организовать присутствие на рынке ЦЧР качественных виноматериалов и конкурентоспособной отечественной продукции, в том числе, в рамках импортозамещения.

Материалы и методы

Исследования проводили на базе научно-исследовательских лабораторий кафедры «Технологии броидильных и сахаристых производств», Центра коллективного пользования «Испытательный Центр» ВГУИТ и НИИ Фармакологии живых систем НИУ «БелГУ».

Реактивы: стандартный образец транс-ресвератрола для ВЭЖХ (Sigma-Aldrich); ацетонитрил для ВЭЖХ (Panreac), хлорная кислота (Panreac).

Объекты исследования:

– пять образцов технического сорта винограда «Изабелла», выращенных на разных территориях Воронежской, Белгородской, Липецкой областях ЦЧР: образец № 1 виноград «Изабелла» (Белгородская обл, Вейделевский район, с. Долгое); образец № 2 виноград «Изабелла» (Воронежская обл., Нижнедевицкий район, п. Курбатово); образец № 3 виноград «Изабелла» (Липецкая обл., г. Липецк, Боринский район); образец № 4 виноград «Изабелла» (Липецкая обл., г. Грязи, Грязинский район); образец № 5 виноград «Изабелла» (Воронежская обл., г. Воронеж).

– пять образцов вина, приготовленного из вышеуказанного сырья по красному способу: образец № 1 вино, полученное из винограда

«Изабелла» (Белгородская обл, Вейделевский район, с. Долгое); образец № 2 вино, полученное из винограда «Изабелла» (Воронежская обл., Нижнедевицкий район, п. Курбатово); образец № 3 вино, полученное из винограда «Изабелла» (Липецкая обл., г. Липецк, Боринский район); образец № 4 вино, полученное из винограда «Изабелла» (Липецкая обл., г. Грязи, Грязинский район); образец № 5 вино, полученное из винограда «Изабелла» (Воронежская обл., г. Воронеж).

Методы исследования винограда: для определения активной кислотности (рН) применяли потенциометрический метод; титруемой кислотности, г/дм³ – титриметрический метод; сахаристости, г/100 см³ – рефрактометрический метод.

Методы исследования вина: для определения содержания общего экстракта, г/дм³ – рефрактометрический метод; массовой концентрации титруемых кислот, г/дм³ – титриметрический метод; массовой концентрации сахаров, г/дм³ – перманганатометрический метод (метод Бертрана); объемной доли этилового спирта, % об – ареометрический метод (в дистилляте после предварительной перегонки); количественного содержания транс-ресвератрола – метод ВЭЖХ-УФ.

Метод ВЭЖХ

Разделение и идентификацию транс-ресвератрола проводили с помощью ВЭЖХ (UltiMate 3000, Thermo Scientific), сопряженного с детектором на диодной матрице (модель DAD-3000, Thermo Scientific). Калибровочную кривую строили с использованием стандартного образца при возрастающих концентрациях аналита в ацетонитриле. Концентрацию ресвератрола в анализируемых образцах рассчитывали путем интреполяций соответствующих площадей пиков. Для приготовления пробы, 5 мл образца вина перемешивали с 5 мл ацетонитрила и фильтровали через фильтры Millipore с размером пор 0,45 мкм. Образцы вина

анализировали на колонке с неподвижной фазой Zorbax SB C18 (размер частиц 3,5 мкм, 4,6 × 250 мм). Для обнаружения транс-ресвератрола применяли градиентную систему: ацетонитрил (растворитель А) и 0,1% раствор хлорной кислоты в воде (растворитель Б). Параметры градиента были следующими: 95% В на 0 мин, 90% В на 3,5 мин, 80% В на 7,0 мин, 60% В на 25 мин, 60% В на 26 мин, 5% В на 27 мин, 5% В на 29 мин, 95% В на 30 мин, 95% на 35 мин. Поток растворителя поддерживали на уровне 1,0 мл/мин, температуру колонки – на 40 °С, длину волны детектирования в УФ-видимой области устанавливали на 307 нм. Полученное время удерживания для транс-ресвератрола составило 14,8 мин.

Результаты и обсуждение

При сборе виноградного сырья руководствовались условиями сахаристости и кислотности.

Кондиции винограда при сборе представлены в таблице 1.

Переработку винограда, получение виноматериала и готового вина осуществляли по технологической схеме для красного столового вина [9].

Физико-химические показатели виноградных вин представлены в таблице 2.

Таблица 1.
Кондиции винограда при сборе

Table 1.
Conditions of grapes during harvesting

Показатель Indicator	Образец | Sample				
	1	2	3	4	5
Содержание сахара, г/100 см ³ Sugar content, g/100 cm ³	18,0	19,1	18,5	19,8	19,2
Титруемая кислотность, г/дм ³ Titrated acidity, g/dm ³	8,5	7,3	7,1	8,6	7,3
рН	3,09	3,80	3,07	3,74	3,5

Таблица 2.

Физико-химические показатели виноградных вин

Table 2.

Physico-chemical parameters of grape wines

Показатель | Indicator	Значение | value					
	Образец | Sample					Норма для красных вин Norm for red wines
	1	2	3	4	5	
Содержание общего экстракта, г/дм ³ Total extract, g/dm ³	85	73	92	47	52	30–40; Иногда ≥60 Sometimes ≥60
Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм ³ Mass concentration of titrated acids, g/dm ³	7,0	6,7	6,8	6,0	6,9	5–7
Активная кислотность (рН) Active acidity (pH)	3,77	3,34	3,90	2,95	3,32	–
Массовая концентрация сахаров, г/дм ³ Mass concentration of sugars, g/dm ³	42	39	50	30	38	–
Объемная доля этилового спирта, % об Content of ethyl alcohol, % vol	12	10	11	9	11	9–14

При органолептическом анализе образцы вина оценивали по 10-бальной шкале в соответствии с ГОСТ 32051–2013, используя описательные характеристики прозрачности, цвета, аромата, вкуса. Также оценивали типичность

образцов вина, используя знания о сорте винограда, а также особенности технологии [10].

Органолептические показатели виноградных вин представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Органолептические показатели виноградных вин

Table 3.

Organoleptic characteristics of grape wines

Показатель Indicator	Органолептическая характеристика | Feature				
	Образец | Sample				
	1	2	3	4	5
Прозрачность Transparency	чистое, прозрачное, с блеском clean, transparent, with shine	чистое, прозрачное, но без блеска clean, transparent, but without gloss	чистое, без блеска clean, without gloss	чистое, прозрачное, но без блеска transparent, but without gloss	чистое, без блеска clean, without gloss
Цвет Colour	соответствует сорту, свойственный типу вина corresponds to the variety characteristic of the type of wine	чистый, соответствует сорту и способу приготовления clean, corresponds to the grade and method of preparation	небольшое отклонение от цвета, свойственного типу вина slight deviation from the color characteristic of the type of wine	небольшое отклонение от цвета, свойственного типу вина slight deviation from the color characteristic of the type of wine	соответствует сорту, свойственный типу вина corresponds to the variety characteristic of the type of wine
Аромат Smell	соответствует сорту и способу приготовления corresponds to the grade and method of preparation	тонкий винный, без посторонних запахов fine wine, odorless	чистый винный, без посторонних запахов pure wine, without foreign odors	простой, развитый слабо simple, poorly developed	чистый винный, без посторонних запахов pure wine, without foreign odors
Вкус Taste	гармоничный, без посторонних привкусов harmonious, without foreign flavors	гармоничный без посторонних привкусов harmonious, without foreign flavors	чистый, соответствует возрасту и способу приготовления clean, age-appropriate and method of preparation	гармоничный, без посторонних привкусов harmonious, without foreign flavors	чистый, соответствует возрасту и способу приготовления clean, age-appropriate and method of preparation
Типичность Typicality	гармоничное, соответствует сорту и способу приготовления harmonious, corresponds to the variety and method of preparation	соответствует сорту и способу приготовления corresponds to the grade and method of preparation	соответствует сорту и способу приготовления corresponds to the grade and method of preparation	гармоничное, соответствует сорту и способу приготовления harmonious, corresponds to the grade and method of preparation	соответствует сорту и способу приготовления corresponds to the grade and method of preparation
Общая оценка General assessment	7,4–7,8 баллов 7.4-7.8 points				

Ресвератрол, обладая антиоксидантной активностью [11–20], представляет наибольший интерес из биомолекул с нутрицевтическими свойствами для определения его количественного содержания в красном вине. Было проанализировано 5 образцов вин, полученных «красным способом» из винограда сорта «Изабелла», выращенного в разных частях ЦЧР. В образце №4 обнаружено 0,143 мг/дм³ транс-ресвератрола. В образцах 1, 2, 3 и 5 транс-ресвератрола не обнаружено. Золотым

стандартом является вино, полученное из сорта винограда Каберне Совиньон. Содержание транс-ресвератрола в этом вине по разным литературным данным варьирует от 0,5 до 1,5 мг/дм³. Также из литературных данных известно, что содержание транс-ресвератрола в красных винах находится в пределах от 0,1 до 14,3 мг/дм³.

Хроматограммы стандартного раствора транс-ресвератрола и образца вина №4 представлены на рисунках 1 и 2.

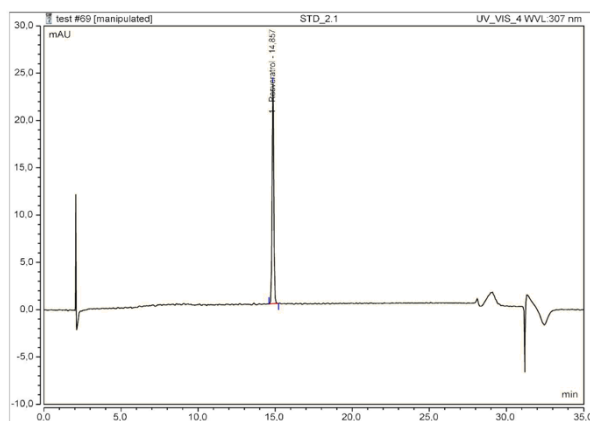


Рисунок 1. Хроматограмма стандартного раствора транс-ресвератрола ($\lambda = 307$ нм)

Figure 1. Chromatogram of the standard trans-resveratrol solution ($\lambda = 307$ nm)

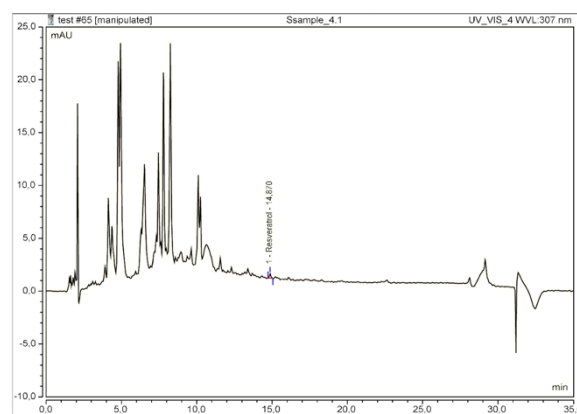


Рисунок 2. Хроматограмма образца вина №4, ($\lambda = 307$ нм), 14, 87 мин – транс-ресвератрол

Figure 2. Chromatogram of wine sample No. 4, ($\lambda = 307$ nm), 14, 87 min - trans-resveratrol

Заключение

В ходе выполнения научной работы проводился детальный анализ полученных данных, их сравнение с данными литературного обзора, что служит обоснованием следующих выводов:

1. Показана возможность применения технического сорта винограда «Изабелла», выращенного в ЦЧР для получения вина по красному способу. Кондиции всех пяти образцов винограда соответствовали нормам, принятым в винодельческой промышленности;
2. По основным физико-химическим показателям полученные образцы вина соответствовали нормам, принятым для обычных красных полусладких вин.
3. Органолептический анализ вина в процессе дегустации показал, что полученные вина являются хорошего качества.

4. Оценка образцов вина по показателю «Количественное определение транс-ресвератрола» позволила выявить образец, содержащий транс-ресвератрол, как целевой компонент красных виноградных вин – образец вина №4, полученный из винограда сорта «Изабелла», произрастающего в Липецкой обл., г. Грязи, Грязинского района. Содержание транс-ресвератрола в нем составило 0,143 мг/дм³.

Дальнейшее развитие исследований: разработать технологию терруарного вина, отличающееся от других вин, произведенных в других географических широтах внешним видом, вкусом, ароматом, которые будут сформированы за счет влияния внешних факторов: почвенно-климатических условий, наличия или отсутствия водоёмов, применяемых агротехнологий и т. д.

Литература

- 1 Коротких Е.А., Новикова И.В., Агафонов Г.В., Тарарыков М.П. Северное виноделие в Центрально-Черноземном регионе // Материалы IX Международной научно-технической конференции «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений», Воронеж, 1–2 июля, 2021. С. 219–222.
- 2 Чуян О.Г., Караулова Л.Н., Митрохина О.А. К системе оценки ресурсного потенциала агроландшафтов ЦЧР // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 11. С. 9–15.
- 3 Popova E.N., Semenov S.M., Popov I.O. Assessment of variations in the annual sum of active temperatures and total precipitation during the vegetation period in Russia and neighboring countries // Russian meteorology and hydrology. 2018. V. 43. № 6. P. 412–417. doi: 10.3103/S1068373918060092
- 4 Lebedeva M.G., Krymskaya O.V., Lupo A.R. Trends in summer season climate for Eastern Europe and Southern Russia in the early 21 st century // Advances in meteorology. 2016. V. 2016. P. 5035086.
- 5 Климова Е.В., Прядко А.С. Разработка технологии и исследование качества вина из винограда сорта "Изабелла", произрастающего в Орловской области // Здоровье человека и экологически чистые продукты питания-2014: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Орел, 31 октября 2014 года. Орел: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс", 2014. С. 446–451.
- 6 Шольц-Куликов Е.П. Сорт винограда Изабелла: за и против // Виноделие и виноградарство. 2015. № 5. С. 4–5.
- 7 Дедик А., Матузок Н.В. Влияние некорневых обработок кустов активированной водой со свойствами биологически активных веществ на урожай и качество винограда сорта Изабелла белая в условия Тамани // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ. 2016. С. 246–250.
- 8 Ханикаев Д.Н. Химический состав ягод винограда разных сортов в условиях РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54. № 3. С. 165–169.

- 9 Коротких Е.А., Новикова И.В., Агафонов Г.В. Анализ технологических характеристик вина из винограда изабельных сортов, выращенных в условиях Центрально-чернозёмного региона // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 3.
- 10 ГОСТ 32051–2013. Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2013. 14 с.
- 11 Schmidt L., Heck N.V., Ferreira I., Göethel G. et al. Ochratoxin A presence in Cabernet Sauvignon wine changes antioxidant activity in vitro and oxidative stress markers in vivo // *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment*. 2020. V. 37. №10. P. 1755-1764. doi: 10.1080/19440049.2020.1802067
- 12 Breuss J.M., Atanasov A.G., Uhrin P. Resveratrol and Its Effects on the Vascular System // *International journal of molecular sciences*. 2019. V. 20. № 7. P. 1523. doi: 10.3390/ijms20071523
- 13 Banez M.J., Geluz M.I., Chandra A., Hamdan T. et al. A systemic review on the antioxidant and anti-inflammatory effects of resveratrol, curcumin, and dietary nitric oxide supplementation on human cardiovascular health // *Nutrition Research*. 2020. №78. P. 11-26. doi: 10.1016/j.nutres.2020.03.002
- 14 Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. Научное обеспечение развития виноградарства и виноделия в Российской Федерации: проблемы и пути решения // *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2015. № 32. С. 22-36.
- 15 Гугучкина Т.И. и др. Ресвератрол в перспективных красных технических сортах винограда Кубани // *Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия*. 2018. Т. 18. С. 153-156.
- 16 Martins I.M. et al. Enzymatic biotransformation of polyphenolics increases antioxidant activity of red and white grape pomace // *Food Research International*. 2016. V. 89. P. 533-539.
- 17 Zhang C., Ping J., Ying Y. Evaluation of trans-resveratrol level in grape wine using laser-induced porous graphene-based electrochemical sensor // *Science of the Total Environment*. 2020. V. 714. P. 136687.
- 18 Di Donna L. et al. Rapid assay of resveratrol in red wine by paper spray tandem mass spectrometry and isotope dilution // *Food chemistry*. 2017. V. 229. P. 354-357.
- 19 Di Donna L. et al. Rapid assay of resveratrol in red wine by paper spray tandem mass spectrometry and isotope dilution // *Food chemistry*. 2017. V. 229. P. 354-357.
- 20 Kuo H.P. et al. Pilot scale repeated fed-batch fermentation processes of the wine yeast *Dekkera bruxellensis* for mass production of resveratrol from *Polygonum cuspidatum* // *Bioresource Technology*. 2017. V. 243. P. 986-993.

References

- 1 Korotkikh E.A., Novikova I.V., Agafonov G.V., Tararykov M.P. Northern winemaking in the Central Black Earth region. *Proceedings of the IX International scientific and technical conference "New in technology and technology of functional foods based on biomedical views"*, Voronezh, July 1–2, 2021. pp. 219–222. (in Russian).
- 2 Chuyan O.G., Karaulova L.N., Mitrokhina O.A. To the system for assessing the resource potential of agricultural landscapes of the Central Chernozem Region. *Achievements of Science and Technology of the APK*. 2020. vol. 34. no. 11. pp. 9–15. (in Russian).
- 3 Popova E.N., Semenov S.M., Popov I.O. Assessment of variations in the annual sum of active temperatures and total precipitation during the vegetation period in Russia and neighboring countries. *Russian meteorology and hydrology*. 2018. vol. 43. no. 6. pp. 412–417. doi: 10.3103/S1068373918060092
- 4 Lebedeva M.G., Krymskaya O.V., Lupo A.R. Trends in summer season climate for Eastern Europe and Southern Russia in the early 21 st century. *Advances in meteorology*. 2016. vol. 2016. pp. 5035086.
- 5 Klimova E.V., Pryadko A.S. Development of technology and study of the quality of wine from Isabella grapes growing in the Oryol region. *Human health and environmentally friendly food products 2014: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Orel, October 31, 2014*. Orel: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "State University - Educational, Scientific and Industrial Complex", 2014, pp. 446–451. (in Russian).
- 6 Scholz-Kulikov E.P. Isabella grape variety: pros and cons. *Winemaking and viticulture*. 2015. no. 5. pp. 4–5. (in Russian).
- 7 Dedic A., Matuzok N.V. Influence of foliar treatments of bushes with activated water with the properties of biologically active substances on the yield and quality of Isabella white grapes in the conditions of Taman. *Bulletin of scientific and technical creativity of the youth of the Kuban State Agrarian University*. 2016. pp. 246–250. (in Russian).
- 8 Khanikaev D.N. The chemical composition of grape berries of different varieties in the conditions of North Ossetia-Alania. *Proceedings of the Gorsky State Agrarian University*. 2017. vol. 54. no. 3. pp. 165–169. (in Russian).
- 9 Korotkikh E.A., Novikova I.V., Agafonov G.V. Analysis of the technological characteristics of wine from isabelle grape varieties grown in the conditions of the Central Chernozem Region. *Science and Education*. 2021. vol. 4. no. 3. (in Russian).
- 10 GOST 32051–2013. Wine products. Methods of organoleptic analysis. Moscow, Gosstandart of Russia: Publishing House of Standards, 2013. 14 p. (in Russian).
- 11 Schmidt L., Heck N.V., Ferreira I., Göethel G. et al. Ochratoxin A presence in Cabernet Sauvignon wine changes antioxidant activity in vitro and oxidative stress markers in vivo. *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment*. 2020. vol. 37. no. 10. pp. 1755-1764. doi: 10.1080/19440049.2020.1802067
- 12 Breuss J.M., Atanasov A.G., Uhrin P. Resveratrol and Its Effects on the Vascular System. *International journal of molecular sciences*. 2019. vol. 20. no. 7. pp. 1523. doi: 10.3390/ijms20071523
- 13 Banez M.J., Geluz M.I., Chandra A., Hamdan T. et al. A systemic review on the antioxidant and anti-inflammatory effects of resveratrol, curcumin, and dietary nitric oxide supplementation on human cardiovascular health. *Nutrition Research*. 2020. no. 78. pp. 11-26. doi: 10.1016/j.nutres.2020.03.002
- 14 Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. Scientific support for the development of viticulture and winemaking in the Russian Federation: problems and solutions. *Fruit growing and viticulture of the South of Russia*. 2015. no. 32. pp. 22-36. (in Russian).

15 Guguchkina T.I. Resveratrol in promising red industrial grape varieties of the Kuban. Scientific works of the North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking. 2018. vol. 18. pp. 153-156. (in Russian).

16 Martins I.M. et al. Enzymatic biotransformation of polyphenolics increases antioxidant activity of red and white grape pomace. Food Research International. 2016. vol. 89. pp. 533-539.

17 Zhang C., Ping J., Ying Y. Evaluation of trans-resveratrol level in grape wine using laser-induced porous graphene-based electrochemical sensor // Science of the Total Environment. 2020. vol. 714. pp. 136687.

18 Di Donna L. et al. Rapid assay of resveratrol in red wine by paper spray tandem mass spectrometry and isotope dilution. Food chemistry. 2017. vol. 229. pp. 354-357.

19 Di Donna L. et al. Rapid assay of resveratrol in red wine by paper spray tandem mass spectrometry and isotope dilution. Food chemistry. 2017. vol. 229. pp. 354-357.

20 Kuo H.P. et al. Pilot scale repeated fed-batch fermentation processes of the wine yeast *Dekkera bruxellensis* for mass production of resveratrol from *Polygonum cuspidatum*. Bioresource Technology. 2017. vol. 243. pp. 986-993.

Сведения об авторах

Елена А. Коротких к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, dobruly@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5951-7085>

Инна В. Новикова д.т.н., профессор, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, noviv@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2360-5892>

Михаил В. Покровский д.мед.н., профессор, кафедра фармакологии и клинической фармакологии медицинского института, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия, mpokrovsky@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1493-3376>

Татьяна В. Автина к.фарм.н., доцент, кафедра фармакологии и клинической фармакологии медицинского института, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия, tatyanaavtina@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0509-5996>

Николай В. Коротких студент, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nikolaj.korotkix.99@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

Михаил Ю. Пимкин к.с.-х.н., доцент, кафедра безопасности жизнедеятельности и медико-биологических дисциплин, Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г. Мичуринск, Тамбовская обл., 393760, Россия, luckyymiha@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

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. Korotkikh Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of fermentation and sugar production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, dobruly@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5951-7085>

Inna V. Novikova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fermentation and sugar production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, noviv@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2360-5892>

Mikhail V. Pokrovskiy Dr. Sci. (Med.), professor, pharmacology and clinical pharmacology of the medical institute department, Belgorod State University, 85 Pobedy Street, Belgorod, the Belgorod region, 308015, Russia, mpokrovsky@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1493-3376>

Tatiana V. Avtina Cand. Sci. (Farm.), associate professor, pharmacology and clinical pharmacology of the medical institute department, Belgorod State University, 85 Pobedy Street, Belgorod, the Belgorod region, 308015, Russia, tatyanaavtina@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0509-5996>

Nikolai V. Korotkikh student, information and control systems department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nikolaj.korotkix.99@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

Mikhail Yu. Pimkin Cand. Sci. (Agric.) associate professor, life safety and biomedical disciplines department, Michurinsk State Agrarian University, Internatsionalnaya str., 101, Michurinsk, 393760, Russia, luckyymiha@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

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 14/01/2022	После редакции 02/02/2022	Принята в печать 28/02/2022
Received 14/01/2022	Accepted in revised 02/02/2022	Accepted 28/02/2022

О целесообразности использования экстракта ячменного солода при создании современных напитков на основе спиртового брожения

Залина Л. Дзиццоева ¹	zalina.dzitstsoeva@mail.ru	 0000-0002-5749-6735
Инна К. Сатцаева ¹	catcaeva@mail.ru	 0000-0002-6665-4432
Давид В. Катаев ¹	david.kataev.2017@ya.ru	 0000-0001-8091-1258

¹ Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова, ул. Ватутина, 44, г. Владикавказ, 362025, Россия

Аннотация. Известно, что научно-технический прогресс в сфере создания различных функциональных продуктов питания не стоит на месте и современные продукты, характеризуются разработкой на их основе различных модификаций, позволяющих получать нутриенты с высокой энергетической, биологической ценностью, а также с заданными свойствами. Использование солодового ячменного экстракта может решить многие проблемы которые возникают в процессе тепловой обработки сырья, в результате неизбежного снижения его пищевой и биологической ценности. Цель работы – изучение действия насыщенного микроэлементами ячменного солодового экстракта (СЭ) на процессы интенсификации производства хлебного кваса. Получение (СЭ), анализ образцов кваса проводили по общепринятым методикам согласно требованиям стандарта. Приведенные исследования в полной мере объясняют актуальность и практическую значимость представленных исследований на основе изучения органолептических и физико-химических показателей готового продукта. Результатом данного направления исследования является апробация замены квасного сула 30%; 20% и 10% количеством ячменного солодового экстракта, что позволяет интенсифицировать процессы брожения и насыщать продукт биологически важными микроэлементами, а также придает квасу тонизирующие свойства, повышая биологический статус организма человека. Увеличение концентрации солодового экстракта вызывает нежелательные изменения органолептических и физико-химических показателей лабораторного квасного сула. Уменьшение концентрации, не влияет на биохимию сырья и использование меньших концентраций нецелесообразно. Полученные результаты, позволяют говорить о том, что включение в состав опытных образцов солодового ячменного экстракта, позволяет интенсифицировать процессы жизнедеятельности дрожжей *Sacharomices cerevisiae* используемые в опыте, результатом которого является некоторое повышение массовой доли этилового спирта, титруемой кислотности и уменьшением pH в готовом продукте по сравнению с контролем. Высокое содержание питательных веществ, ферментов, витаминов в составе СЭ сказывается на ходе брожения интенсифицируя данный процесс, что позволяет сократить время брожения и повысить рентабельность производства продукта брожения.

Ключевые слова: функциональные продукты, хлебный квас, закваска, солодовые экстракты, биологический статус, интенсификация брожения

About the performance of using the extract of barley malt in the creation of modern drinks based on alcohol fermentation

Zalina L. Dzizzoeva ¹	zalina.dzitstsoeva@mail.ru	 0000-0002-5749-6735
Inna K. Sattsaeava ¹	catcaeva@mail.ru	 0000-0002-6665-4432
David. V. Kataev ¹	david.kataev.2017@ya.ru	 0000-0001-8091-1258

¹ North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, st. Vatutina, 46, Vladikavkaz, 362025, Russia

Abstract. It is known that scientific and technological progress in the field of creating various functional foods does not stand still and modern products are characterized by the development of various modifications based on them, which allow obtaining nutrients with high energy, biological value, as well as with desired properties. The use of malted barley extract can solve many problems that arise during the heat treatment of raw materials, as a result of the inevitable decrease in its nutritional and biological value. The purpose of the work is to study the effect of micronutrient-rich barley malt extract (malt extract) on the processes of intensifying the production of bread kvass. Obtaining malt extract, analysis of kvass samples was carried out according to generally accepted methods in accordance with the requirements of the standard. The above studies fully explain the relevance and practical significance of the presented studies based on the study of organoleptic and physico-chemical parameters of the finished product. The result of this area of research is the approbation of the replacement of kvass wort 30%; 20% and 10% of the amount of barley malt extract, which allows to intensify the fermentation processes and saturate the product with biologically important micronutrients, and also gives kvass tonic properties, increasing the biological status of the human body. An increase in the concentration of malt extract causes undesirable changes in the organoleptic and physico-chemical parameters of laboratory kvass wort. Reducing the concentration does not affect the biochemistry of raw materials and the use of lower concentrations is not advisable. The results obtained allow us to say that the inclusion of malted barley extract in the composition of the test samples makes it possible to intensify the vital processes of the yeast *Sacharomices cerevisiae* used in the experiment, which results in a slight increase in the mass fraction of ethyl alcohol, titratable acidity and a decrease in pH in the finished product compared to control. The high content of nutrients, enzymes, vitamins in the composition of SE affects the course of fermentation, intensifying this process, which reduces the fermentation time and increases the profitability of the production of the fermentation product.

Keywords: functional products, bread kvass, sourdough, malt extracts, biological status, intensification of fermentation

Для цитирования

Дзиццоева З.Л., Сатцаева И.К., Катаев Д.В. О целесообразности использования экстракта ячменного солода при создании современных напитков на основе спиртового брожения // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 174–180. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-174-180

For citation

Dzizzoeva Z.L., Sattsaeava I.K., Kataev D.V. About the performance of using the extract of barley malt in the creation of modern drinks based on alcohol fermentation. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 174–180. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-174-180

Введение

Согласно терминологии, которая используется в стандарте ГОСТ Р 52349–2205 [3], в настоящее время, приоритетным направлением не только в научной среде но и при создании современных продуктов питания с заданными свойствами, остается конструирование рецептур по основным нативным нутриентам, повышающим биологическую и пищевую ценность – так называемым функциональным продуктам питания. Это продукты с заданными свойствами, для систематического употребления в составе дневного рациона, всеми возрастными группами здорового населения [3, 19, 20].

Расширение ассортимента современных продуктов с заданными свойствами, целесообразно, так как их тонизирующее действие на организм человека апробировано не только теорией, но и практикой. Многими исследованиями доказано и научно-обоснованно их физиологическое воздействие на генотипические возможности организма человека, их влияние на каталитическую активность ферментов, на нормальное функционирование гипоталамо-гипофизарной системы живых организмов [6].

Это возможно благодаря тому, что именно разнообразие всего множества протекающих химических реакций, разнообразие физико-химических и структурных свойств веществ, слагающих любой организм, создает предпосылку для того, что даже чужеродные для данного организма вещества обладали способностью воздействовать на живую материю: на ее биохимические процессы, физиологические и психические проявления жизнедеятельности.

В настоящее время приоритетным направлением исследования является разработка современных продуктов питания функционального назначения с включением в их состав биологически активных веществ. Актуальность подобных исследований и практическая значимость заключается в том, что, основная часть территории России, в том числе и РСО-Алания, могут подвергаться катастрофическому загрязнению среды. Вследствие этого современные продукты питания, сырьем для производства которых служит выращенное в неблагоприятных почвенно – климатических и техногенных условиях сырье, характеризуются пониженным содержанием эссенциальных микроэлементов, нативных источников витаминов, биологически полноценных белков (содержащие незаменимые и протеиногенные аминокислоты), углеводов с низким гликемическим индексом. Все эти нежелательные процессы для живых систем связаны с развитием гиподинамии, с применением рафинированных

и содержащих повышенные количества транс-жиров продуктов питания [1, 2].

Пищевая и биологическая ценность любого функционального продукта зависит от ингредиента включенного в его состав. Здесь особое внимание заслуживают солодовые экстракты (СЭ) [12].

Изучением СЭ и включение их в составе различных современных продуктов питания занимались многие исследователи. Еще в 1990 годах это являлось одним из приоритетных направлений исследований. Так солодовые экстракты и продукты полученные на их основе отличаются высокими пищевыми, диетическими и лечебными свойствами. Кроме того, СЭ являются ценным полуфабрикатом при производстве хлебобулочных изделий, пиво-безалкогольной продукции, кулинарных изделий [1, 4, 8].

Использование солодовых экстрактов в продуктах брожения позволяет интенсифицировать жизнедеятельность дрожжей Сахаромикетов интенсивно использующихся в бродильных производствах [5].

В своей классической форме технология создания солодовых экстрактов предполагает использование таких зерновых культур, как: ячмень, пшеница, кукуруза [7].

Используются и такие зерновые культуры которые плохо поддаются солодоращению, например, овес. Апробируются и такие культуры, наряду с зерном овса, которые характеризуются довольно низким содержанием, либо отсутствием проламинов (перспективное направление использования таких СЭ в рационе больных целиакией), как рис, гречиха, кукуруза, сорго, тритикале, амарант и т.д. [9, 14, 15, 17, 18].

Ряд исследователей рекомендуют использовать СЭ в составе создания рецептур современных продуктов питания с заданными свойствами, аргументируя это высоким физиологическим воздействием компонентов СЭ на органном уровне. СЭ обладают антимуtagenными свойствами, они безопасны и повышают статус человека в условиях все возрастающего антропогенного воздействия со стороны многих факторов окружающей среды. Многие исследователи отмечают антиоксидантное ингибирующее действие СЭ на механизмы образования свободных радикалов [13].

Использование солодовых экстрактов может решить многие проблемы которые возникают в процессе тепловой обработки сырья, в результате неизбежного снижения его пищевой и биологической ценности, а также способствуют расширению ассортимента продуктов брожения с заданными свойствами, что позволяет контролировать и предполагать механизмы их воздействия на живые системы [16].

Особо актуальны данные исследования в области здорового питания населения.

Цель работы – изучить влияние ячменного солодового экстракта на пищевую и биологическую ценность хлебного кваса, с целью целесообразности использования СЭ в технологиях производства функциональных напитков тонизирующего и антиоксидантного воздействия [13].

Материалы и методы

Материалом для исследований явились полисолодовый экстракт из зерна ячменя, концентрат квасного сусла, квасное сусло, молочная сыворотка.

Выработку хлебного кваса проводили в соответствии со стандартом Квасы. Общие технические условия – ГОСТ Р. 53074–2008. Отбор образцов для изучения основных технологических показателей сырья и готового продукта в соответствии с ГОСТ – 6687.0.86. Определение сухого вещества согласно требованиям стандарта – ГОСТ 6687.2–90. Определение кислотности в соответствии с требованиям стандарта ГОСТ 6687.4.86. Массовую концентрацию этилового спирта в готовых образцах кваса – следуя ГОСТ 6687.7–88.

В СЭ из ячменного зерна процентное содержание влаги следуя ГОСТ 13586.5–2015. Содержание белка по ГОСТ-10846–91. Содержание золы по ГОСТ Р-54411–99. Содержание декстринов, дисахаридов простых сахаров – согласно ГОСТ 6034–2014. Кислотность определяли – алкалометрический. Технологическая схема производства полисолодового экстракта включала в себя стадии представленные на рисунке 1.

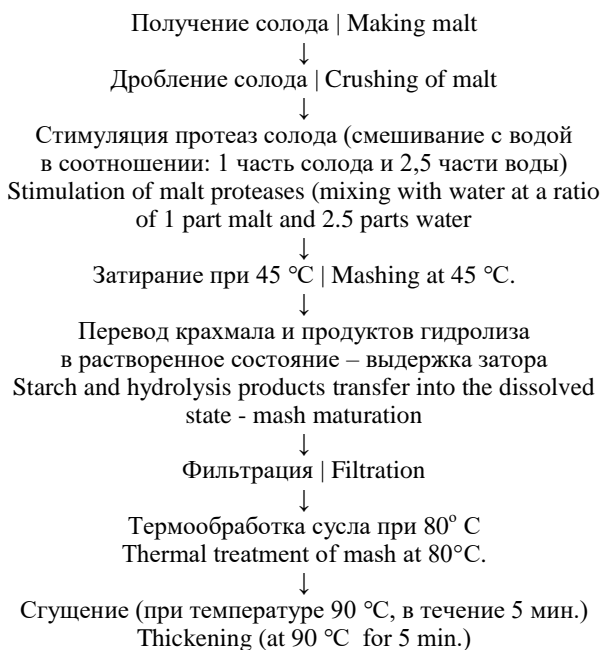


Рисунок 1. Получение ПСЭ из зерна ячменя
Figure 1. Obtaining PSE from barley grain

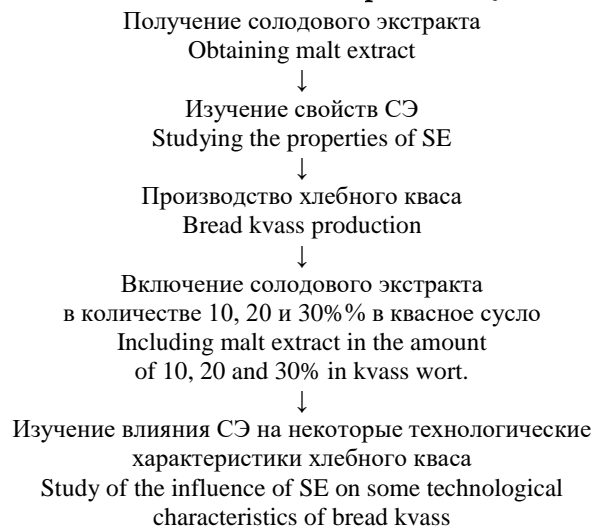


Рисунок 2. Схема исследований

Figure 2. Scheme of research

Результаты

Перед выработкой опытных образцов хлебных квасов, нами в СЭ изучалось содержание декстринов, простых сахаров, белковых и минеральных веществ и кислотность, что представлено в таблице 1.

Таблица 1.

Содержание некоторых веществ в ячменно-солодовом экстракте (СЭ), в гр. на 100 г. продукта, n=3

Table 1.

The content of some substances in barley-malt extract (PSE), in gr. per 100 g of product, n = 3

Показатель Indicator	Значение Value
Содержание воды, % Water content, %	5,3
Содержание СВ, % Water content, %	74,8
Содержание белковых веществ, % Protein content, %	3,26
Содержание зольных элементов, % Content of ash elements, %	1,32
Содержание декстринов, % Content of dextrins, %	5,96
Содержание дисахарида мальтозы, % Content of disaccharide maltose, %	23,4
Содержание дисахарида сахарозы, % Content of disaccharide sucrose, %	1,2
Содержание моносахаров (глюкоза, фруктоза), % Monosaccharide content (glucose, fructose), %	22,1
Кислотность, мл I Н р-ра NaOH на 100 г. образца Acidity, ml I H NaOH per 100 g of sample	14,0±0,10
Вязкость, МПа×с Viscosity, МПа×s	10,5

Таким образом, ячменный солодовый экстракт обладает значительной пищевой и биологической ценностью, так как помимо изученных веществ в нем содержатся большое количество ферментов и витаминов.

Исследованиям подверглись образцы кваса на основе концентрата квасного сусла используемого в промышленности и соответствующего требованиям стандарта: Общие технические условия. Концентраты квасного сусла. ГОСТ 28538–2017.

Контрольный образец – включал 100% квасного сусла. Во 1-ом опытном образце квасное сусло на 30% заменили ячменным СЭ, 2-ой образец содержал 20% ячменного СЭ и 3-ий образец 10% ячменного СЭ. Данные концентрации включения СЭ в состав продукта находили путем многочисленных лабораторных выработок образцов с установлением лучшей концентрации. Как показали результаты исследований лучшими образцами обладали образцы с заменой концентрата квасного сусла в количестве 30; 20 и 10%.

Увеличение концентрации СЭ вызывает нежелательные изменения органолептических и физико-химических показателей лабораторного квасного сусла. Уменьшение концентрации никоим образом не влияет на биохимию сырья и использование меньших концентраций нецелесообразно.

Результаты исследований, позволяют говорить о том, что включение в состав опытных образцов солодового ячменного экстракта, позволяет интенсифицировать процессы жизнедеятельности дрожжей *Sacharomices cerevisiae* используемые в опыте, результатом которого является некоторое повышение массовой доли этилового спирта, титруемой кислотности и уменьшением рН в готовом продукте по сравнению с контролем. Изучение нижеприведенных показателей проводили на третьи сутки.

Результаты исследований представлены на рисунках 3–6.

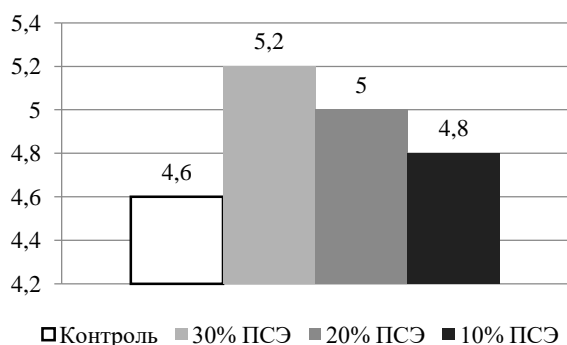


Рисунок 3. Содержание СВ в образцах кваса
Figure 3. Dry matter content in kvass samples

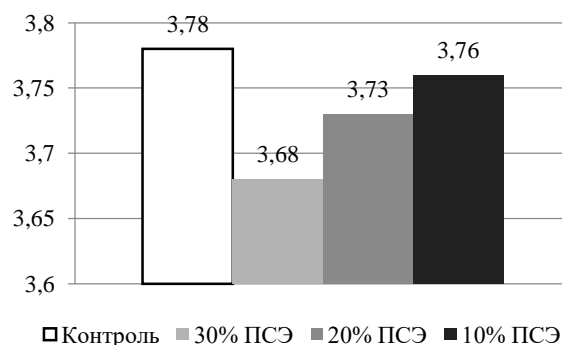


Рисунок 4. pH в образцах кваса
Figure 4. pH in kvass samples

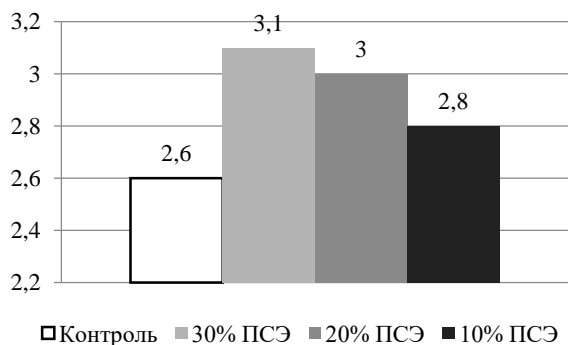


Рисунок 5. Кислотность в образцах кваса
Figure 5. Acidity in kvass samples

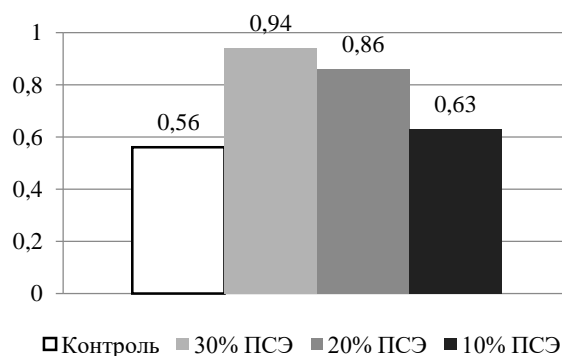


Рисунок 6. Содержание этилового спирта в образцах кваса
Figure 6. Ethyl alcohol content in kvass samples

Результаты контроля хода брожения образцов квасного сусла показали, что замена части концентрата квасного сусла СЭ позволяет насыщать сусло биологически активными веществами, что активно используется дрожжами.

Высокое содержание питательных веществ, ферментов, витаминов в составе СЭ сказывается на ходе брожения интенсифицируя его, что позволяет сократить время брожения и повысить рентабельность производства.

В соответствии с требованиями стандарта проводили изучение органолептических показателей готового продукта (ГОСТ Р 53094–2008), для нефильтрованного осветленного кваса, что представлено в таблице 2.

Таблица 2.
Соответствие органолептических показателей готового продукта ГОСТ
Table 2.
Organoleptic characteristics of the finished product

Образец Sample	Внешний вид Appearance	Цвет Color	Вкус и аромат Taste and aroma
Квас согласно ГОСТ Р 53094–2008 Kvas according to GOST R 53094-2008	Жидкость без посторонних включений, прозрачная с некоторой долей опалесценции Liquid without extraneous inclusions, transparent with some opalescence	Светло-желтый Light yellow	Вкус освежающий с ароматом сброженного напитка Taste refreshing with an aroma of fermented beverage
Контроль Control	+*	+	+
30% ПСЭ 30% PSE	+	+	С легким приятным ароматом ячменного солода | With a light pleasant aroma of barley malt
20% ПСЭ 20% PSE	+	+	+
10% ПСЭ 30% PSE	+	+	+
* + – соответствует ГОСТ * + - corresponds to GOST			

В процессе хранения изучалась стойкость образцов кваса. Результаты исследований показали, что включение в состав образцов кваса

солодового экстракта из зерна ячменя, способствует сохранению стабильности образцов по основным показателям: содержанию сухих веществ, титруемой кислотности и pH, что связано с некоторыми антиоксидантными свойствами СЭ. Природные антиоксиданты образуются в процессе проращивания ячменного зерна, а также в процессе метаболизма дрожжей. В процессе выдержки вкус оставался стабильным вплоть до 20 суток. Показатель кислотности увеличивался незначительно до 7 суток хранения в опытных образцах с СЭ, по сравнению с контролем.

Заключение

В работе показано, что включение СЭ (солодового экстракта) ячменя в состав продукта можно рекомендовать в следующих случаях: с целью интенсификации процесса брожения и сокращения сроков созревания хлебного кваса; с целью повышения биологической ценности кваса и обогащения продукта минеральными веществами, витаминами и ферментами, а также биологически активными веществами, содержащими в солодовых экстрактах кукурузы, ячменя, ржи и пшеницы. Добавление солодовых экстрактов обогащает квас пробиотическими микронутриентами. Квас приготовленный с включением СЭ обладает тонизирующими свойствами, способствует улучшению процессов пищеварения, активизации микробиоты желудочно-кишечного тракта, нормализации обменных процессов. На органолептивном уровне, активизируются системы антиоксидантной защиты, оказывая в целом стимулирующее влияние на физическую и умственную работоспособность. Результаты исследований подтвердили целесообразность исследований, так как был получен продукт обладающий высокими потребительскими свойствами.

Литература

- 1 Будакова Э.Д., Некрасов С.В., Гусев А.Н. Применение солодового экстракта и органических кислот для улучшения органолептических и физико-химических свойств водок // *Пища. Экология. Качество*. 2016. С. 179–184.
- 2 Ветрова О.Н., Демина Е.Н. Комплексная переработка солодовых ростков ячменя // *Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: сборник материалов XX Международной научно-практической конференции (14-15 марта 2019 г.)*. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2019. С. 12-14.
- 3 ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения (с Изменением N 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200039951>
- 4 Коротких Е.А., Новикова И.В., Агафонов Г.В., Коротких Н.В. и др. Интенсификация биотехнологии кваса с применением нетрадиционных видов сырья // *Вестник ВГУИТ*. 2020. Т. 82. № 3. С. 123–130. doi:10.20914/2310-1202-2020-3-123-130
- 5 Новикова И.В., Калаев В.Н., Агафонов Г.В., Коротких Е.А. и др. Оценка интенсивности биосинтетических процессов у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* при культивировании на средах с добавлением порошкообразного гречишного солодового экстракта // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2015. № 2. С. 73–79.

- 6 Новикова И.В., Агафонов Г.В., Коротких В.Н., Калаев В.Н. и др. Оценка антимуtagenных свойств порошкообразных солодовых и полисолодовых экстрактов с использованием микроядерного теста // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 7. С. 660–669.
- 7 Пат. № 2595369, RU, С12С 1/18. Способ получения солодового экстракта / Агафонов Г.В., Коротких Е.А., Новикова И.В., Чусова А.Е. Заявл. 03.08.2015; Опубл. 27.08.2016, Бюл. № 24.
- 8 Петров П.П., Сидоров А.А., Захаров В.В. Солодовые экстракты в производстве медового спиртного напитка // Пиво и напитки. 2016. № 4. С. 12-14.
- 9 Семенюта А.А., Танашкина Т.В., Лаута Е.Г., Перегедова А.А. и др. Безглютеновый квас на основе томленого гречишного солода // Материалы V Международной научной конференции. Кемерово: ФГБОУ ВО "Кемеровский технологический институт пищевой промышленности". 2017.
- 10 Танашкина Т.В., Семенюта А.А., Троценко А.С., Клыков А.Г. Безглютеновые слабоалкогольные напитки из светлого и томленого гречишного // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 45. № 2. С. 74–80.
- 11 Фахруденова И.Б. и др. Изучение биохимических свойств тритикале // Материалы XIX международной научно-практической конференции. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2018. № 1. С 175.
- 12 Шишкина Е.И. Солодовый экстракт ячменя и его функциональные свойства в общественном питании // Наука без границ. 2020. № 1(41). С. 59-62.
- 13 Amarowicz R. et al. Antioxidant potential of kvasses // Bulgarian Chemical Communications. 2019. V. 51. P. 239-244.
- 14 Ambriz-Vidal T.N. et al. Potential of Triticale (X Triticosecale Wittmack) Malts for Beer Wort Production // Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2019. V. 77. № 4. P. 282-286.
- 15 Aka S. et al. Characterization of lactic acid bacteria isolated from a traditional Ivoirian beer process to develop starter cultures for safe sorghum-based beverages // International Journal of Food Microbiology. 2020. V. 322. P. 108547
- 16 Kolobaeva A. A. et al. Expanding the assortment of fermented beverages at small enterprises // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. V. 422. № 1. P. 012083.
- 17 Cioch-Skoneczny M. et al. Impact of triticale malt application on physiochemical composition and profile of volatile compounds in beer // European Food Research and Technology. 2019. V. 245. № 7. P. 1431-1437.
- 18 Chauhan A., Saxena D.C., Singh S. Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (Amaranthus spp.) flour // LWT-Food Science and Technology. 2015. T. 63. № 2. С. 939–945.
- 19 Llamas-Arriba M.G. et al. Functional and Nutritious Beverages Produced by Lactic Acid Bacteria // Nutrients in Beverages. 2019. P. 419-465.
- 20 Saadat Y.R., Khosroushahi A.Y., Gargari B.P. A comprehensive review of anticancer, immunomodulatory and health beneficial effects of the lactic acid bacteria exopolysaccharides // Carbohydrate polymers. 2019. V. 217. P. 79-89.

References

- 1 Budakova E.D., Nekrasov S.V., Gusev A.N. The use of malt extract and organic acids to improve the organoleptic and physico-chemical properties of vodka. Food. Ecology. Quality. 2016. pp. 179–184. (in Russian).
- 2 Vetrova O.N., Demina E.N. Complex processing of malted barley sprouts // Modern problems of technology and technology of food production: collection of materials of the XX International Scientific and Practical Conference (March 14-15, 2019). Barnaul, AltGTU Publishing House, 2019. pp. 12-14. (in Russian).
- 3 GOST R 52349-2005. Food products. Functional food products. Terms and definitions (with Amendment No. 1). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200039951> (in Russian).
- 4 Korotkikh E.A., Novikova I.V., Agafonov G.V., Korotkikh N.V. et al. Intensification of kvass biotechnology using non-traditional raw materials. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 3. pp. 123–130. doi:10.20914/2310-1202-2020-3-123-130 (in Russian).
- 5 Novikova I.V., Kalaev V.N., Agafonov G.V., Korotkikh E.A. Evaluation of the intensity of biosynthetic processes in the yeast *Saccharomyces cerevisiae* during cultivation on media with the addition of powdered buckwheat malt extract. Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2015. no. 2. pp. 73–79. (in Russian).
- 6 Novikova I.V., Agafonov G.V., Korotkikh V.N., Kalaev V.N. Evaluation of antimutagenic properties of powdered malt and polymalt extracts using micronucleus test. Hygiene and Sanitation. 2016. vol. 95. no. 7. pp. 660–669. (in Russian).
- 7 Agafonov G.V., Korotkikh E.A., Novikova I.V., Chusova A.E. Method for obtaining malt extract. Patent RF, no. 2595369, 2016. (in Russian).
- 8 Petrov P.P., Sidorov A.A., Zakharov V.V. Malt extracts in the production of honey spirits. Beer and drinks. 2016. no. 4. pp. 12-14. (in Russian).
- 9 Semenyuta A.A., Tanashkina T.V., Lautu E.G., Pereguedova A.A. et al. Gluten-free kvass based on boiled buckwheat malt. Materials of the V International Scientific Conference. Kemerovo, FGBOU VO "Kemerovo Technological Institute of Food Industry". 2017. (in Russian).
- 10 Tanashkina T.V., Semenyuta A.A., Trotsenko A.S., Klykov A.G. Gluten-free low-alcohol drinks from light and stewed buckwheat. Technique and technology of food production. 2017. vol. 45. no. 2. pp. 74–80. (in Russian).
- 11 Fakhruddenova I.B. and others. Study of the biochemical properties of triticale. Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference. Barnaul, AltGTU Publishing House, 2018. no. 1. pp. 175. (in Russian).
- 12 Shishkina E.I. Barley malt extract and its functional properties in public catering. Science without borders. 2020. no. 1(41). pp. 59-62. (in Russian).
- 13 Amarowicz R. et al. Antioxidant potential of kvasses. Bulgarian Chemical Communications. 2019. vol. 51. pp. 239-244.
- 14 Ambriz-Vidal T.N. et al. Potential of Triticale (X Triticosecale Wittmack) Malts for Beer Wort Production. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2019. vol. 77. no. 4. pp. 282-286.

15 Aka S. et al. Characterization of lactic acid bacteria isolated from a traditional Ivoirian beer process to develop starter cultures for safe sorghum-based beverages. *International Journal of Food Microbiology*. 2020. vol. 322. pp. 108547.

16 Kolobaeva A. A. et al. Expanding the assortment of fermented beverages at small enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2020. vol. 422. no. 1. pp. 012083.


17 Cioch-Skoneczny M. et al. Impact of triticale malt application on physicochemical composition and profile of volatile compounds in beer. *European Food Research and Technology*. 2019. vol. 245. no. 7. pp. 1431-1437.


18 Chauhan A., Saxena D.C., Singh S. Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus spp.*) flour. *LWT-Food Science and Technology*. 2015. vol. 63. no. 2. pp. 939-945.


19 Llamas-Arriba M.G. et al. Functional and Nutritious Beverages Produced by Lactic Acid Bacteria. *Nutrients in Beverages*. 2019. pp. 419-465.

20 Saadat Y.R., Khosroushahi A.Y., Gargari B.P. A comprehensive review of anticancer, immunomodulatory and health beneficial effects of the lactic acid bacteria exopolysaccharides. *Carbohydrate polymers*. 2019. vol. 217. pp. 79-89.

Сведения об авторах

Залина Л. Дзицоева к.б.н., доцент, кафедра товароведения и технологии продуктов питания, Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова, ул. Ватутина, 44, г. Владикавказ, 362025, Россия, zalina.dzitsoeva@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5749-6735>

Инна К. Сатцаева к.т.н., доцент, кафедра товароведения и технологии продуктов питания, Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова, ул. Ватутина, 44, г. Владикавказ, 362025, Россия, catcaeva@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-6665-4432>

Давид В. Катаев аспирант, кафедра товароведения и технологии продуктов питания Хетагурова, Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л.Хетагурова, ул. Ватутина, 44, г. Владикавказ, 362025, Россия, david.kataev.2017@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8091-1258>

Вклад авторов

Залина Л. Дзицоева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнила расчеты


Инна К. Сатцаева консультация в ходе исследований, провела эксперимент, выполнила расчёты


Давид В. Катаев написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат


Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Zalina L. Dzizzoeva Cand. Sci. (Biol.), associate professor, merchandising and food technology department, North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, st. Vatutina, 46, Vladikavkaz, 362025, Russia, zalina.dzitsoeva@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5749-6735>

Inna K. Sattsaeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, merchandising and food technology department, North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, st. Vatutina, 46, Vladikavkaz, 362025, Russia, catcaeva@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-6665-4432>

David. V. Kataev graduate student, merchandising and food technology department, North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov), st. Vatutina, 46, Vladikavkaz, 362025, Russia, david.kataev.2017@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8091-1258>

Contribution

Zalina L. Dzizzoeva review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Inna K. Sattsaeva consultation during the study






David. V. Kataev 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 14/01/2022	После редакции 02/02/2022	Принята в печать 25/02/2022
Received 14/01/2022	Accepted in revised 02/02/2022	Accepted 25/02/2022

Томаты: основные направления использования в пищевой промышленности (обзор)

Дмитрий П. Ефремов	¹	smkaltai@mail.ru	 0000-0001-6234-8174
Ирина М. Жаркова	¹	zharir@mail.ru	 0000-0001-8662-4559
Инесса В. Плотникова	¹	plotnikova_2506@mail.ru	 0000-0001-5959-6652
Данил С. Иванчиков	¹	ivanchikov_99@mail.ru	 0000-0001-9814-6005
Наталья В. Гизатова	²	natgiz@yandex.ru	 0000-0002-9222-767X






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

² Башкирский государственный аграрный университет, ул. 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450001, Россия

Аннотация. В статье приведен анализ современной научно-технической информации, освещающей вопросы использования плодов томатов и продуктов их переработки в различных отраслях пищевой промышленности. Отмечено, что использование натуральных продуктов переработки томатов, содержащих большое количество полезных для человеческого организма эссенциальных веществ, в том числе антиоксидантов (ликопина, β -каротина), витаминов, минеральных веществ, позволит расширить ассортимент изделий группы «здоровье», удовлетворить спрос потребителей на продукты, оказывающие профилактическое действие в отношении ряда алиментарно-зависимых заболеваний и создать безотходные технологии переработки томатов. На данный момент существует необходимость разработки новых конкурентоспособных технологий с использованием томатов, что имеет научное и прикладное значение для пищевой промышленности, в первую очередь, для хлебопекарной, кондитерской и масложировой отраслей.

Ключевые слова: томаты, переработка, пищевая промышленность.

Tomatoes: main uses in the food industry (review)

Dmitriy P. Efremov	¹	smkaltai@mail.ru	 0000-0001-6234-8174
Irina M. Zharkova	¹	zharir@mail.ru	 0000-0001-8662-4559
Inessa V. Plotnikova	¹	plotnikova_2506@mail.ru	 0000-0001-5959-6652
Danil S. Ivanchikov	¹	ivanchikov_99@mail.ru	 0000-0001-9814-6005
Natalia V. Gizatova	²	natgiz@yandex.ru	 0000-0002-9222-767X

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

² Bashkir State Agrarian University, 50-letiya Oktyabrya St., 34, Ufa, 45001, Russia

Abstract. The article provides an analysis of modern scientific and technical information covering the use of tomato fruits and products of their processing in various sectors of the food industry. It is noted that the use of natural products of tomato processing, containing a large amount of essential substances useful for the human body, including antioxidants (lycopene, β -carotene), vitamins, minerals, will expand the range of products of the "health" group, functional and specialized, to satisfy consumer demand for products that have a preventive effect in the fight against many diseases and create waste-free tomato processing technologies. At the moment, there is a need to develop new competitive technologies using tomatoes, which is of scientific and applied importance for the food industry, primarily for the baking, confectionery and fat-and-oil industries.

Keywords: tomatoes, processing, food industry.

Введение

Официальные статистические данные свидетельствуют о том, что наиболее высокую летальность в мире (68% смертей в 2012 г.) провоцируют заболевания неинфекционной этиологии, в частности, сердечно-сосудистые, диабет, гипертония, ожирение [1]. Серьезным фактором риска развития неинфекционных заболеваний является неполноценный рацион питания, в частности, недостаток потребления микронутриентов и биологически активных компонентов [2–4].

В различных регионах нашей страны проведены исследования структуры питания россиян, которые выявили несоответствие между низким уровнем энерготрат и высоким уровнем потребления высококалорийных

пищевых продуктов на фоне существенного снижения обеспеченности организма человека эссенциально важными пищевыми веществами (в первую очередь микронутриентами и минорными биологически активными компонентами пищи), причем источниками последних служат, в первую очередь, фрукты и овощи [5, 6]. Однако доля овощей и фруктов в рационе питания современного человека недостаточна, кроме того, усвояемость их отдельных веществ выше при употреблении в переработанном виде, чем в свежем [7–11].

Дополнительным подтверждением необходимости обеспечения организма биологически активными веществами являются обнаруженные положительные эффекты отдельных их представителей на параметры продолжительности

Для цитирования

Ефремов Д.П., Жаркова И.М., Плотникова И.В., Иванчиков Д.В., Гизатова Н.В. Томаты: основные направления использования в пищевой промышленности (обзор) // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 181–195. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-181-195

For citation

Efremov D.P., Zharkova I.M., Plotnikova I.V., Ivanchikov D.V., Gizatova N.V. Tomatoes: main uses in the food industry (review). *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 181–195. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-181-195

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

жизни модельных организмов: отмечена их высокая эффективность для поддержания здоровой жизни и долголетия, повышения устойчивости организма к стресс-факторам различной природы, профилактики ассоциированных со старением болезней [12].

На поддержание активности системы антиоксидантной защиты (АОЗ) на адекватном функциональном уровне оказывают влияние различные алиментарные факторы, и если действие таких пищевых антиоксидантов, как токоферолы, аскорбиновая кислота, β -каротин изучено достаточно детально, то антиоксидантная эффективность многих других минорных компонентов пищи, к числу которых относят индолы, изотиоцианаты, флавоноиды и каротиноиды, требует специальных исследований. Наибольший интерес в этом плане представляют флавоноиды и каротиноиды, так как эти природные соединения играют определенную роль в системе АОЗ, благодаря способности служить эффективными перехватчиками радикалов.

Томат является одним из лидеров в рейтинге полезных продуктов питания для человека. Согласно проведенным исследованиям, потребление фруктов / овощей, в том числе томатов, может играть роль в профилактике хронических заболеваний и снижении риска заболеваний [13, 14].

Эпидемиологические исследования доказали, что потребление томатов связано с низким риском развития ряда заболеваний, некоторых видов рака, сердечно-сосудистых заболеваний, возрастных заболеваний глаз. Многие питательные микроэлементы и биологически активные соединения в основном присутствуют в кожуре и семенах, и значительная часть не теряется при переработке в соус, пюре, пасту и сок [15].

Томаты богаты полезными элементами: витаминами А, К, В, РР, Е, йодом, магнием, глюкозой, натрием, марганцем, фруктозой, пектиновыми и азотистыми веществами, минеральными солями и алкалоидами. Также в них содержатся вещества, умеющие активно бороться с раком и защищающие клетки организма от распада. Так как в томатах содержится ликопин, который защищает организм человека от сердечно-сосудистых заболеваний, бронхиальной астмы и т. д., они являются хорошей функциональной добавкой в питании. Добавление томатов улучшает питательные и антиоксидантные свойства продуктов, при этом, существенно не влияя на изменение их текстуры во время хранения [16, 17].

Томат *Lycopersicon esculentum L.* из семейства *Solanaceae*, насчитывающий более 3000 видов [18] и содержащий много полезных

для здоровья соединений, таких как аскорбиновая кислота [19], ликопин, β -каротин, флавоноид, антоцианин [20], используется как в свежем виде, так и в переработанном [21]. В работах [22, 23] показано, что плоды томата обладают высокой антиоксидантной активностью, величина которой зависит от сорта.

Встречается информация, что плоды томатов содержат водорастворимые аллергены [24], щавелевую кислоту [25] и пурины, в связи с этим не рекомендуются для употребления при наличии аллергии, полиартрите, подагре, оксалатурии, мочекаменном диатезе [26, 27]. Однако существуют исследования, результаты которых свидетельствуют о том, что томаты практически не имеют противопоказаний для использования не только в рациональном, но и лечебном питании [28].

В статье обобщены сведения о существующих направлениях и актуальных разработках в сфере переработки плодов томатов использования их в пищевой промышленности.

Основные продукты переработки плодов томатов

Для промышленной переработки используют томаты свежие, соответствующие требованиям ГОСТ 1725–2019.

На рисунке 1 представлена схема, обобщающая информацию по использованию плодов томатов и продуктов их переработки на предприятиях пищевой промышленности.

Наиболее распространенными продуктами промышленной переработки плодов томатов на предприятиях пищевой отрасли являются сок, паста, разнообразные соусы, консервированные или вяленые плоды, порошкообразные продукты.

Наиболее простой технологией переработки томатов является консервирование плодов в целом виде. Маринованные томаты изготавливают из свежих или предварительно заготовленных целых плодов, залитых маринадной заливкой, с добавлением растительного масла или без него [29].

Производят консервы из целых плодов томатов с кожицей или без кожицы, залитых томатным соком или томатной заливкой с добавлением или без добавления поваренной соли и лимонной и/или уксусной кислоты, или раствором поваренной соли и лимонной и/или уксусной кислоты, с добавлением или без добавления зелени пряных растений, чеснока и др. [30].

Существенную долю промышленной переработки томатов занимают концентрированные продукты, которые характеризуются ценным химическим составом и пользуются высоким потребительским спросом.

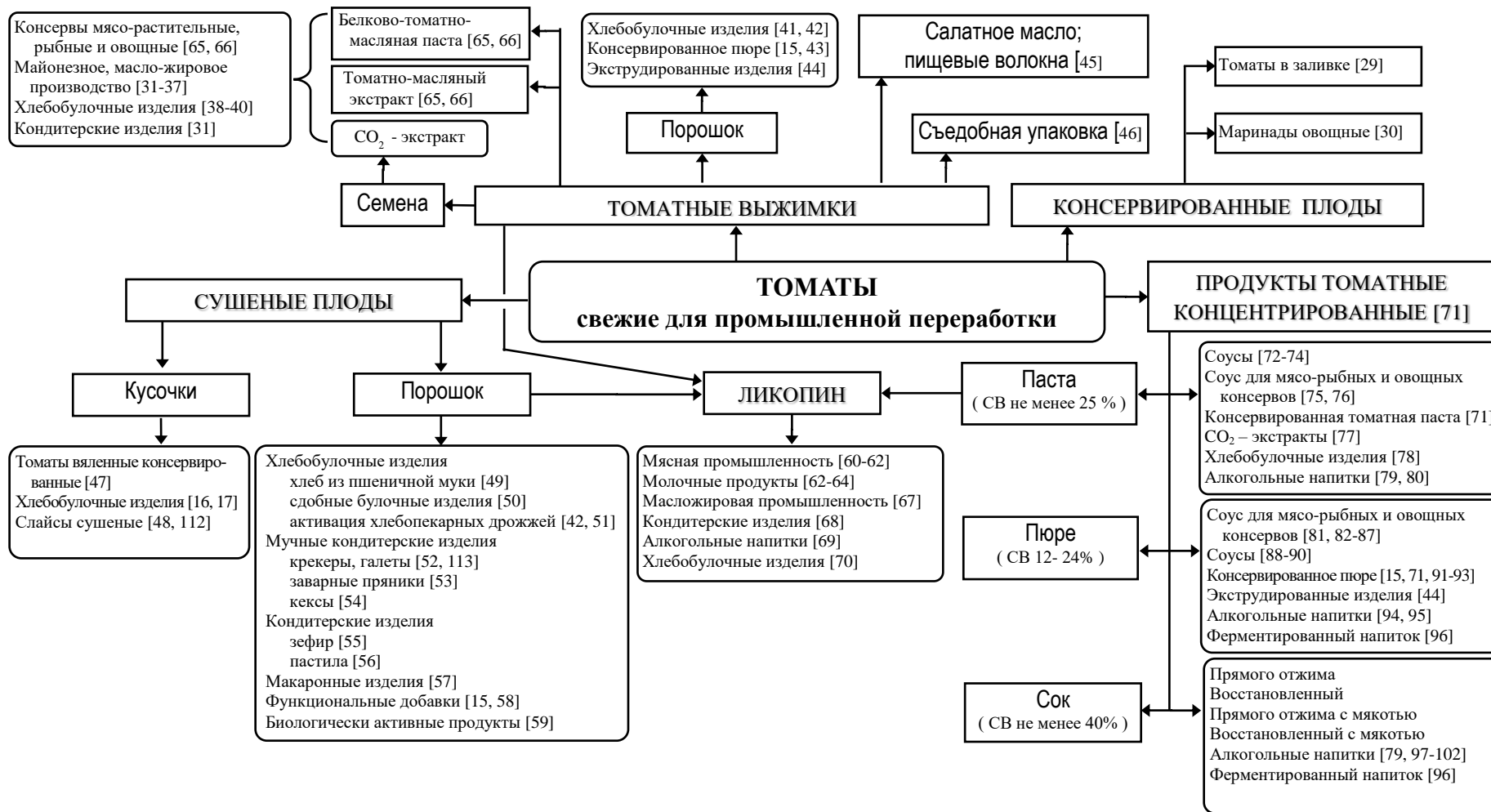


Рисунок 1. Основные направления использования томатов и продуктов их переработки

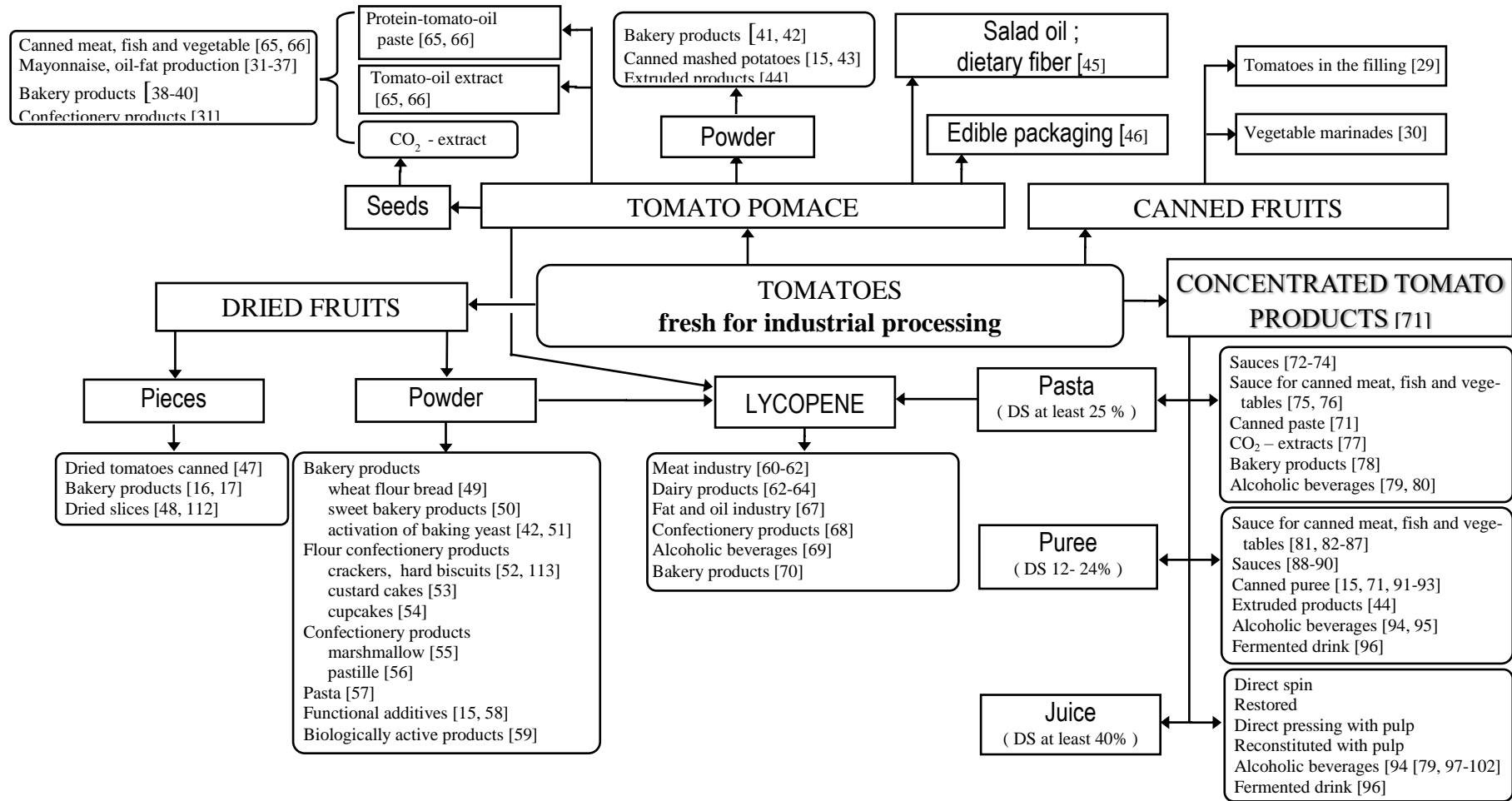


Figure 1. The main directions of using tomatoes and their processed products

Концентрированные томатопродукты являются распространенным ингредиентом разнообразных консервов, в том числе овощных, закусочных, обеденных блюд (первых, вторых), рыбных, мясных и т.п. Кроме того, они широко используются в хлебопекарной, кондитерской, макаронной, спиртовой, мясной, рыбной, молочной и масложировой отраслях пищевой промышленности, в общественном питании, а также реализуются через розничную торговую сеть.

Концентрированные томатные продукты изготавливают следующих видов: пюре, паста, сок, порошок, томаты сушеные (вяленые).

Томатные пюре и паста являются основными полуфабрикатами в производстве соусов [72–74]. С их использованием вырабатывают большое разнообразие кетчупов, соусов для мясорыбных и овощных консервов, самостоятельных соусов [75, 76, 82–87]. Применяются они также для выработки экструдированных закусок, хлебобулочных [78], сахаристых и мучных кондитерских изделий с целью повышения пищевой ценности и расширения ассортимента.

В настоящее время томатный сок является не только конечным продуктом, предназначенным для непосредственного употребления в пищу, но также выступает сырьем в производстве пищевых продуктов, в том числе алкогольных и безалкогольных напитков [79, 97–102].

Сушеные томаты – традиционный продукт, используемый в итальянской кухне, который считается достойной заменой свежим томатам. Полезные свойства такого продукта обширны. Вяленые томаты относятся к продуктам средней калорийности. Такие томаты рекомендуется употреблять при недостатке в организме витаминов и микроэлементов. В вяленых томатах содержится грубая клетчатка, которая улучшает моторику пищеварительного тракта. Этот продукт является прекрасной профилактикой различных проблем со зрением. Вяленые томаты помогают уменьшить риск возникновения тромбов в кровеносных сосудах [103].

Сушеные томаты предназначены для непосредственного использования в пищевой промышленности, их предварительно смешивают с другими продуктами без дальнейшей переработки [104]. Сушеные томаты имеют неодинаковое содержание влаги, их текстура варьируется от мягкой и гибкой (25–50% влаги) до жесткой и хрупкой (6–12% влаги) [104]. К преимуществам вяленых томатов относится длительность хранения. С целью увеличения пищевой ценности вяленые томаты используют в хлебобулочных изделиях.

Сушеные плоды томатов используются в пищевой промышленности как в виде кусочков с содержанием сухих веществ 6–50%, так

и в качестве порошка, получаемого путем измельчения кусочков с низким содержанием влаги. Сушеные томатные продукты с низким содержанием влаги используют в хлебопекарном, кондитерском и снековом (закусочном) производствах с целью расширения вкусовой гаммы продукции, повышения ее биологической ценности при сохранении высоким потребительских свойств [41, 42, 49–57]. Сушеные (вяленые) томаты также подвергают консервации в растительных маслах со специями [47]. Проводятся исследования влияния способов и режимов сушки на показатели качества сушеных томатов, сохранение в них биологически активных веществ, а также хранимоспособность [48, 112].

Томатный порошок, полученный как из целых томатов, так и из томатных выжимок, может быть использован в производстве хлебобулочных изделий на стадии активации хлебопекарных дрожжей. Использование томатного порошка, как рецептурного компонента при приготовлении питательной смеси для активации прессованных дрожжей, позволяет сократить общую продолжительность технологического процесса производства хлеба за счет уменьшения продолжительности брожения теста [42, 51]. Установлена возможность и целесообразность введения томатного порошка непосредственно в тесто при выработке хлеба и сдобных булочных изделий из пшеничной муки. При этом рациональная дозировка томатного порошка, позволяющая получить продукцию высокого качества, составляет 3% от массы муки [49, 50].

Известны разработки, предусматривающие применение томатного порошка в производстве мучных кондитерских изделий, в частности, кекера, пряников и кексов [52–54]. Доказано положительное влияние введения томатного порошка в дозировке 3–5% от массы муки на показатели качества кекера, причем целесообразно введение этой добавки на стадии активации прессованных дрожжей [52]. Разработана рецептура кекера "Студенческий", включающая кроме основного сырья композицию овощных порошков (томат, капуста и морковь). Выработанные в соответствии с этой рецептурой изделия по содержанию β -каротина можно отнести к функциональным продуктам [113].

При производстве заварных пряников рекомендуемая дозировка томатного порошка составляет 3,6–4,6% к массе пшеничной муки первого сорта, что позволяет улучшить удельный объем пряников на 30–36% [53]. Аналогичная дозировка (3–5% к массе муки) рекомендована и при приготовлении кексов на дрожжах [54]. При этом следует учитывать, что введение 5% томатного порошка приводит к увеличению кислотности кекса на 1,4 град.

Запатентован способ приготовления зефира, предусматривающий внесение на стадии приготовления яблочно-пектиновой смеси 10–20 мас.% томатного порошка в сухом или гидратированном виде [55]. Продукт отличается улучшенными потребительскими характеристиками, высокой пищевой ценностью и увеличенным сроком годности.

Разработана технология производства нетрадиционной разновидности пастилы – томатная пастила, в состав которой, кроме томатного продукта, входит морская соль и комбинация из пряных трав, например, базилик и черный перец [56].

Внимание исследователей привлекает возможность использования томатных продуктов в качестве красителя при производстве пищевых продуктов, в частности, макаронных изделий [57]. Однако не все вопросы, связанные со стойкостью пигментов томата к воздействию внешних факторов (свет, кислород, тепло) и pH среды хорошо проработаны.

Благодаря введению продуктов переработки томатов в рецептуру мучных и кондитерских изделий производители не только расширяют ассортимент вырабатываемой продукции, но и приобретают возможность занять пока еще не достаточно заполненную изделиями группы «здоровье» рыночную нишу [114].

Необходимо отметить, что при промышленной переработке плодов томатов образуется огромное количество отходов (томатные выжимки составляют 3,5–4% от общей массы перерабатываемого сырья), большая часть которых не подвергается дальнейшей переработке. Данное обстоятельство создает определенные экологические проблемы. При этом семена и кожица томатов имеют ценный химический состав и могут служить источником функциональных ингредиентов при разработке функциональных пищевых продуктов.

Кроме того, одним из трендов в переработке томатов является внедрение безотходных технологий, предусматривающих выделение из вторичных продуктов переработки томатов биологически активных веществ. Относительно простая технология переработки может состоять в производстве порошков, которые будут непосредственно добавляться в пищевые продукты, а отходы томатов (кожура и семена) могут быть успешно использованы в качестве функциональных ингредиентов для приготовления продуктов питания, богатых антиоксидантами [70].

Целесообразность комплексной переработки томатов теоретически обоснована и дает

возможность получения многих продуктов их переработки: белковых препаратов, томатного масла, ликопинового красителя, пищевых волокон. Из семян томатов получают CO_2 -экстракт, который отличается приятным вкусом и имеет светловато-желтую окраску. По физическим свойствам и составу он близок к маслу из подсолнечника и может использоваться в масло-жировом и консервном производствах [65, 66].

Белково-томатно-масляная паста (БТМП), получаемая из томатных выжимок, в своем составе содержит белки, фосфолипиды, токоферолы и каротиноиды, придающие ей высокую биологическую ценность. Исходя из этого, она может быть рекомендована в качестве физиологически и биологически ценной добавки при производстве консервной, майонезно-маргариновой и хлебобулочной продукции [31, 36, 37, 65].

Томатно-масляный экстракт (ТМЭ) является высокоэффективной биологически активной добавкой к сливочному маслу и маргарину, позволяющей улучшить их потребительские свойства, а также увеличить сроки хранения. При оценке физико-химических показателей установлено, что сливочное масло и маргарин, полученные с использованием ТМЭ, имеют низкое перекисное число. Кроме того, обогащенные продукты отличаются более высоким содержанием физиологически ценных компонентов – β -каротина и токоферолов. Установлено, что в процессе хранения в сливочном масле и маргарине, обогащенных ТМЭ, потеря витаминов значительно ниже, чем в контроле [32–35]. Доказана возможность использования ТМЭ и БТМП при производстве хлебобулочных изделий. Установлено положительное влияние ТМЭ и БТМП на хлебопекарные свойства пшеничной муки и качество готового хлеба. Эти изделия отличаются повышенным содержанием каротиноидов и токоферолов. Наличие токоферолов стабилизирует содержащийся в этих добавках β -каротин, предотвращает его разрушение при выпечке хлебобулочных изделий, в результате чего повышается содержание β -каротина в готовых изделиях, что придает им радиопротекторные свойства [38, 39].

Для повышения питательной ценности высококалорийных экструдированных закусок, например кукурузную крупу заменяют томатной пастой и / или порошком из томатной кожицы и экструдировать для получения продуктов, похожих на закуски. Оптимизация процесса приготовления экструзии и ингредиентов может привести к получению функциональных экструдированных закусовых продуктов, содержащих биодоступный ликопин [44].

Известны способы получения из томатов, а также из вторичных продуктов их переработки (жом, кожица и семена) разнообразных концентратов, содержащих биологически активные соединения, в том числе каротиноиды и ликопин [105–108].

Существует возможность обогащать концентрированные томатные продукты, получаемые по классическим технологиям, путем добавления в них порошка из томатных выжимок, так как кожура томатов, обычно удаляемая во время обработки томатов, является ценным источником каротиноидов, таких как ликопин и бета-каротин. Сравнение данных исходного томатного пюре с обогащенным пюре показало значительное увеличение содержания всех питательных микроэлементов без ухудшения и отрицательного изменения вкуса и внешнего вида. Обогащение томатной пасты кожурой помидоров является интересным вариантом для увеличения потребления ликопина и β -каротина [15, 43].

Известен способ извлечения ликопина и β -каротина из выжимок, оставшихся после получения томатного вина [109]. Данный способ предусматривает ферментацию томатного суслу с помощью дрожжей *Saccharomyces bayanus* (раса BV 818) при pH 4,11; 3,40 и 3,20 и при t 15 и 20 °С. Экстракцию ликопина и β -каротина из выжимок, имеющих влажность 78–79%, проводят смесью ацетона, этилового спирта и гексана в объемном соотношении 2:1:1. Установлено, что оба фактора (pH и t ферментации) влияют на выход целевых продуктов и их свойства. Выход ликопина составил 2,25–2,78%, а β -каротина – 0,71–0,85% от массы выжимок. Содержание этих же БАВ в вине не превышало 15% от извлеченного из выжимок. Максимальные значения показателей антиоксидантной активности и способности к химическому восстановлению были отмечены у выжимок, полученных после ферментации при pH 3,20 и t 20 °С. Сделан вывод, что отходы производства томатного вина являются ценным источником БАВ.

Исследована возможность обогащения желеино-мармелада ликопином. В ходе исследований был выбран один опытный образец, содержащий 60% молочной сыворотки, 38,58% сахара, 0,325% ликопина, 1% агара, 0,1% лимонного концентрата (от массы продукта). Полученный мармелад имеет ярко выраженный приятный вкус и аромат, ярко-золотистый цвет, прочную, стекловидную структуру и хорошую формоудерживающую способность [68].

Известно применение ликопина в качестве натурального красителя с целью улучшения

органолептических характеристик мясных и молочных продуктов и создания без нитритных мясных продуктов [110]. Разработка мясных, молочных и масложировых продуктов функционального и лечебно-профилактического назначения с ликопином является важным направлением не только для потребителя, но и для производства [45, 60–64, 67, 111].

Исследована возможность применения томатного сырья в производстве солодового суслу в качестве основы для создания напитка, ликопинового пива (при смешивании готового пива с микроэмульсией ликопина) [69].

К новым направлениям переработки плодов томатов можно отнести применение томатных выжимок при изготовлении съедобных упаковочных материалов на основе яблочного пюре [46]. Установлена высокая стойкость разработанного упаковочного материала к различным модельным жидкостям. Результаты исследований показывают высокий потенциал разработанной упаковки в качестве замены традиционных одноразовых полимерных упаковочных материалов. Съедобная упаковка, изготовленная с использованием таких отходов пищевых производств, как выжимки, образующиеся при переработке фруктов и овощей, в том числе томатов, имеет не только пониженную стоимость, но и частично является решением общей экологической проблемы – переработки отходов [46].

Заключение

Все изложенное выше свидетельствует о том, что продукты переработки томатов являются ценным сырьем для пищевой промышленности. Использование натуральных продуктов переработки томатов, содержащих большое количество полезных для человеческого организма эссенциальных веществ, в том числе антиоксидантов (ликопина, β -каротина), витаминов, минеральных веществ, позволит расширить ассортимент изделий группы «здоровье», удовлетворить спрос потребителей на продукты, оказывающие профилактическое действие в отношении ряда алиментарно-зависимых заболеваний и создать безотходные технологии переработки томатов. На данный момент существует необходимость разработки новых конкурентоспособных технологий с использованием томатов, что имеет научное и прикладное значение для пищевой промышленности, в первую очередь, для хлебопекарной, кондитерской и масложировой отраслей.

Литература

- 1 Доклад о ситуации в области неинфекционных заболеваний в мире «Достижение девяти глобальных целей по НИЗ, общая ответственность». (Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles). 2014. 16 с. URL: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/148114/WHO_NMH_NVI_15.1_rus.pdf?seq%20ence=6
- 2 Доклад о состоянии здравоохранения в Европе 2018 «Больше, чем просто цифры: фактические данные для всех». Европейское региональное бюро ВОЗ. 2019. 200 с. URL: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330083/9789289054515-rus.pdf>
- 3 Liese A.D., Krebs-Smith S.M., Subar A.F. et al. The Dietary Patterns Methods Project: synthesis of findings across cohorts and relevance to dietary guidance // *The Journal of nutrition*. 2015. V. 145. № 3. P. 393–402. doi: 10.3945/jn.114.205336
- 4 Wellington N., Shanmuganathan M., de Souza R.J. et al. Metabolic Trajectories Following Contrasting Prudent and Western Diets from Food Provisions: Identifying Robust Biomarkers of Short-Term Changes in Habitual Diet // *Nutrients*. 2019. V. 11. № 10. P. E2407. doi: 10.3390/nu11102407
- 5 Takeoka G.R., Dao L., Flessa S., Gillespie D.M. et al. Effect of processing on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes // *Agric Food Chem*. 2001. № 49 (8). P. 3713–7. doi: 10.1021 / jf0102721
- 6 Остриков А.Н., Гаджиева А.М., Касьянов Г.И. Комплексная технология переработки томатного сырья // *Вестник ВГУИТ*. 2015. № 1. С. 12–17.
- 7 Assunta R., Rita Del G., Daria Maria M., Gian Carlo T. et al. Content of biologically active compounds and cytotoxic effect on human cancer cells of fresh and processed yellow tomatoes // *Molecules*. 2015. № 21(1). E33. doi: 10.3390 / molecules21010033
- 8 Jacob K., Garcia-Alonso F.J., Ros G., Periago M.J. Stability of carotenoids, phenolic compounds, ascorbic acid and the antioxidant capacity of tomatoes during heat treatment // *Arch Latinoam Nutr*. 2010. № 60 (2). P. 192–198.
- 9 Chanforan C., Loonis M., Mora N., Caris-Veyrat C. et al. Impact of industrial processing on the health benefits of tomato micronutrients // *Food Chem*. 2012. № 134 (4). P. 1786–95. doi: 10.1016 / j. foodchem.2012.03.077
- 10 Køcks M., Ovesen Banke S., Madsen B., Vaz T. et al. Real-time monitoring of lycopene content in processed tomato products: implementation of a new double-slit Raman spectrometer // *Appl Spectrosc*. 2013. doi: 10.1366/12–06813
- 11 Ермолова Е.В. Культура томата в Узбекистане // *Агроэкологический вестник: мат. между. науч.-практ. конф., посвященной году экологии в России*. 2017. С. 247–251.
- 12 Lashmanova E., Zemska N., Proshkina E., Kudryavtseva A. et al. The Evaluation of Geroprotective Effects of Selected Flavonoids in *Drosophila melanogaster* and *Caenorhabditis elegans* // *Front. Pharmacol*. 2017. V. 8. P. e884.
- 13 Martí R., Roselló S., Cebolla-Cornejo J. Tomato as a Source of Carotenoids and Polyphenols Targeted to Cancer Prevention // *Cancers (Basel)*. 2016. V. 8. № 6. P. 58. doi:10.3390/cancers8060058
- 14 Sellitto V.M., Golubkina N.A., Pietrantonio L. et al. Tomato yield, quality, mineral composition and antioxidants affected by beneficial microorganisms under soil salinity induced by balanced nutrient solutions // *Agriculture*. 2019. № 9. P. 110. doi:10.3390/agriculture9050110www.mdpi.com/journal/agriculture
- 15 Previtera L., Fucci G., De Marco A. et al. Chemical and organoleptic characteristics of tomato purée enriched with lyophilized tomato pomace // *Journal of the science of food and agriculture*. 2016. № 96(6). P. 1953–1958. <https://doi:10.1002/jsfa.7303>
- 16 Ranawana V., Raikos V., Campbell F. et al. Breads fortified with freeze-dried vegetables: quality and nutritional attributes. Part 1: Breads Containing Oil as an Ingredient // *Foods (Basel, Switzerland)*. 2016. № 5(1). <https://doi:10.3390/foods5010019>
- 17 Перепелица И.А., Мачнева Н.Л. Обогащение хлебобулочных изделий вялеными помидорами для получения функционального хлеба // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса: мат. 73-й науч.-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2017 год, Краснодар, 25 апреля 2018 г. Краснодар: КГАУ им. И.Т. Трубилина*. 2018. С. 495–498.
- 18 Raiola A., Rigano M.M., Calafiore R. et al. Enhancing the health-promoting effects of tomato fruit for biofortified food // *Mediators Inflamm*. 2014. 139873. doi:10.1155/2014/139873
- 19 Ntagkas N., Woltering E., Bouras S. et al. Light-Induced Vitamin C Accumulation in Tomato Fruits is Independent of Carbohydrate Availability // *Plants (Basel)*. 2019. V. 8. № 4. P. 86. doi:10.3390/plants8040086.
- 20 Quinet M., Angosto T., Yuste-Lisbona F.J. et al. Tomato Fruit Development and Metabolism // *Front Plant Sci*. 2019. № 10. P. 1554. doi:10.3389/fpls.2019.01554
- 21 Li Y., Wang H., Zhang Y. et al. Can the world's favorite fruit, tomato, provide an effective biosynthetic chassis for high-value metabolites? // *Plant Cell Rep*. 2018. № 37. № 10. P. 1443–1450. doi: 10.1007/s00299–018–2283–8
- 22 Лапин А.А., Тенькова Н.Ф., Игнатова С.И. и др. Антиоксидантная активность сортообразцов томата и перца // *Овощи России*. 2008. № 1–2. С. 64–66.
- 23 Борисова А.В., Макарова Н.В. Экспериментальное определение физико-химических и антиоксидантных показателей четырех видов овощей // *Техника и технология пищевых производств*. 2012. № 2(25). С. 14А–19.
- 24 Dean D. Metcalfe. *Food Allergens* // *CLIN REV ALLERGY*. 1985. № 3. P. 331–349.
- 25 Гаджиева А.М., Касьянов Г.И. Особенности высокотехнологичной переработки томатов // *Живые и биокосные системы*. 2016. № 15. С. 23.
- 26 Mahler V., Goodman R.E. Definition and Design of Hypoallergenic Foods // *Molecular Allergy Diagnostics*. 2017. doi: 10.1007/978–3–319–42499–6_27
- 27 Ballmer-Weber V.K., Hoffmann-Sommergruber K. Molecular Diagnostics of Allergy to Fruits and Vegetables // *Molecular Allergy Diagnostics*. 2017. doi: 10.1007/978–3–319–42499–6_14
- 28 Закревский В.В., Лифляндский В.Г. Овощи и плоды в профилактике и лечении рака в свете доказательной медицины (часть 2) // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина*. 2018. Т.13. № 1. С. 91–105.
- 29 ГОСТ Р 54648–2011. Консервы. Томаты в заливке. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.
- 30 ГОСТ Р 52477–2005. Консервы. Маринады овощные. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2007. 16 с.
- 31 Пат. № 2130049, RU, МПК С 11 В 1/10. Способ переработки семян томатов и томатных выжимок / Калманович С.А., Матровщук В.И., Вершинина О.Л. и др. № 97108301/13; Заявл. 20.05.1997; Опубл. 10.05.1999. Бюл. № 22.
- 32 Усупбеков Т.Т., Канарская З.А., Канарский А.В. Исследование показателей плавленого сыра «Солнышко», обогащенного смесью белково-томатно-масляной пасты, обеспечивающих безопасность продукта // *Структурные преобразования экономики территорий: в поиске социального и экономического равновесия: мат. II между. науч.-практ. конф., Уфа, 02 мая 2020 г. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2020. С. 17–20.*

- 33 Неженец Е.В., Илышова С.А., Калманович С.А. и др. Влияние томатно-масляного экстракта на потребительские свойства сливочного масла // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2004. № 1(278). С. 71–74.
- 34 Брикота Т.Б., Федорова Н.Б., Барышева И.Н. Влияние фосфолипидного продукта "ФЭИС" и витаминной добавки – томатно-масляного экстракта на технологические и потребительские свойства животных масел // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2015. № 1(1). С. 49–55.
- 35 Брикота Т.Б., Ксенз М.В. Витаминные добавки растительного происхождения для сливочного масла с функциональными свойствами // Сфера услуг: инновации и качество. 2013. № 12. С. 4.
- 36 Пат. № 2282998, RU, МПК А 23D 7/00. Маргарин жидкий / Дроздов А.Н., Ильинова С.Н., Калманович С.А. и др. № 2005101585/13; Заявл. 24.01.2005; Оpubл. 10.09.2006, Бюл. № 25.
- 37 Пат. № 2130049, RU, МПК С 11В 1/10. Способ переработки семян томатов и томатных выжимок / Калманович С.А., Мартовщук В.И., Вершинина О.Л. и др. № 97108301/13; Заявл. 20.05.1997; Оpubл. 10.05.1999, Бюл. № 22.
- 38 Росляков Ю.Ф., Вершинина О.Л., Гончар В.В. Научные разработки для хлебопекарной и кондитерской промышленности // Научные труды КубГТУ. 2016. № 14. С. 350–360.
- 39 Пат. № 2153805, RU, МПК А21D 2/36. Способ приготовления хлебобулочного изделия / Калманович С.А., Вершинина О.Л., Асмаева З.И. и др. № 99104987/13; Заявл. 10.03.1999; Оpubл. 10.08.2000, Бюл. № 21.
- 40 Иксанова Ю.В., Алтынбаева И.Г., Шаехов Т.Р. и др. Обогащение хлебобулочных и мучных кондитерских изделий биологически активными добавками на основе вторичных сырьевых ресурсов растительного происхождения // Научные исследования в современном мире: теория, методология, практика: мат. межд. науч.-практ. конф., Уфа, 25 октября 2019 года. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2019. С. 181–186.
- 41 Mehta D., Prasad P., Sangwan R.S. et al. Tomato processing byproduct valorization in bread and muffin: improvement in physicochemical properties and shelf life stability // Journal of food science and technology. 2018. № 55(7). P. 2560–2568. doi:10.1007/s13197-018-3176-0
- 42 Першакова Т.В., Кудинов П.И. Влияние добавок растительных препаратов на активацию прессованных дрожжей и потребительские свойства хлебобулочных изделий // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2013. № 5–6(335–336). С. 35–38.
- 43 Reboul E., Borel P., Mikail C. et al. Enrichment of tomato paste with 6% tomato peel increases lycopene and beta-carotene bioavailability in men // The Journal of nutrition. 2005. № 135(4). P. 790–794. doi: 10.1093/jn/135.4.790
- 44 Dehghan-Shoar Z., Mandimika T., Hardacre A.K. et al. Lycopene bioaccessibility and starch digestibility for extruded snacks enriched with tomato derivatives // Journal of agricultural and food chemistry. 2011. № 59(22). P. 12047–12053. doi: 10.1021/jf202582t
- 45 Гаджиева А.М., Алиева М.Г. Переработка томатных выжимок на салатное масло и пищевые волокна // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: мат. V всерос. науч.-практ. конф., Махачкала, 27 октября 2015 г. С. 19–21.
- 46 Макарова Н.В., Еремеева Н.Б., Елисеева Е.А. Исследование свойств съедобной упаковки на основе яблочного пюре с добавлением отходов пищевых производств – яблочных, виноградных и томатных выжимок // Инновации и продовольственная безопасность. 2019. № 3(25). С. 10–20. URL: <https://innfoodsecr.elpub.ru/jour/article/view/530>
- 47 Павловская Л.М., Гапеева Л.А., Федорова-Гудзь Н.В. Анализ мировых тенденций развития рынка консервированных продуктов // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2016. № 3 (33). С. 8–16.
- 48 Dufera LT, Hofacker W, Esper A, Hensel O. Physicochemical quality of twin layer solar tunnel dried tomato slices // Heliyon. 2021. V. 7. №. 5. P. e07127. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07127
- 49 Русина И.М., Колесник И.М. Влияние овощных порошков на динамику брожения и показатели качества пшеничного хлеба пробных выпечек // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 6. Техника. 2019. Т. 9. № 2. С. 62–72.
- 50 Казмирова М.А., Першакова Т.В., Матвиенко А.Н. и др. Разработка технологии и рецептуры сдобных булочных изделий, обогащенных пищевыми добавками // Новые технологии. 2018. № 1. С. 37–42.
- 51 Корнен Н.Н., Калманович С.А., Лукьяненко М.В. и др. Исследование эффективности влияния овощных пищевых добавок на процесс активации хлебопекарных прессованных дрожжей // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № 4(370). С. 43–46. doi:10.26297/0579–3009.2019.4.11
- 52 Русина И.М., Колесник И.М. Порошок томатов как перспективная добавка для активации хлебопекарных дрожжей при производстве крекеров // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 6. Техника. 2020. Т. 10. № 1. С. 66–77.
- 53 Пат. № 2494624, RU, МПК А21D 13/00, А21D 2/00. Способ приготовления заварных пряников с томатным порошком из мелкоплодных томатов / Потапова А.А., Акишин Д.В., Перфилова О.В. и др. № 2012103424/13; Заявл. 01.02.2012; Оpubл. 10.10.2013. Бюл. № 28.
- 54 Воронина П.К. Применение сушеных томатов в технологии приготовления кексов // Инновационная техника и технология. 2016. № 2(7). С. 9–14.
- 55 Пат. № 2520023, RU, МПК А23G 3/52. Способ производства зефира / Муратова Е.И., Смолихина П.М. № 2013111087/13; Заявл. 2.03.2013; Оpubл. 20.06.2014. Бюл. № 17.
- 56 Гаджиева А.М., Алиева М.Г. Безотходная технология переработки томатов с получением томатной пастилы // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: мат. VI всерос. науч.-практ. конф., Махачкала, 01–02 ноября 2016 г. Махачкала: ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2016. С. 13–15.
- 57 Castro T.A., Leite B.S., Assunção L.S., de Jesus Freitas T. et al. Red Tomato Products as an Alternative to Reduce Synthetic Dyes in the Food Industry: A Review. Molecules. 2021. V. 25. № 26(23). P. 7125. doi: 10.3390/molecules26237125
- 58 Пат. № 2709747, RU, МПК А23L 5/00. Функциональный продукт растительного состава, включающий растения северных широт / Кирилина В.М., Шегельман И.Р., Блажевич Л.Е. и др. № 2019120112; Заявл. 26.06.2019; Оpubл. 19.12.2019, Бюл. № 35.
- 59 Пат. № 2713300, RU, МПК А23L 33/10, А23L 33/22, А23L 33/19. Биологически активный продукт для адаптивного питания / Москалев А.А., Апреликова О.Н., Гаврилов М.А. и др. № 2019113473; Заявл. 05.05.2019; Оpubл. 04.02.2020, Бюл. № 4.

60 Тукова А.А., Разработка рецептуры мясного продукта для лечебно-профилактического питания с использованием антиоксиданта ликопин // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2019. № 21. С. 263–266.

61 Ситун Н.В., Сон О.М., Текутьева Л.А. и др. Влияние пищевой добавки ликопин на активность воды в вареных колбасных изделиях // Современные проблемы товароведения, экономики и индустрии питания: мат. I заочной межд. науч.-практ. конф., Саратов, 30 ноября 2016 г. РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2016. С. 208–210.

62 Киселева И.С., Шалапугина Н.В. Инновации в повышении сроков хранения и функционально-технологических свойств мясных и молочных продуктов // Аграрный научный журнал. 2016. № 9. С. 55–60.

63 Пат. № 2136166, RU, МПК А 23С 9/00, А 23С 9/18, G 01N 33/04. Способ производства молочного концентрата с ликопином и способ контроля его содержания в концентрате / Радаева И.А., Шулькина С.П., Капитанов А.Б. и др. № 97122298/13; Заявл. 30.12.1997; Оpubл. 10.09.1999. Бюл. № 12.

64 Siwach R., Toka J.s, Seth R. et al. Use of lycopene as a natural antioxidant in extending the shelf-life of anhydrous cow milk fat // Food chemistry. 2016. № 199. P. 541–546. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.12.009

65 Гаджиева А., Хабагинова Г., Атаева З., Шайхалова С. Функциональные продукты питания на основе белково-липидной пасты из семян томатов // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: мат. X Всерос. науч.-практ. конф., Махачкала, 19–20 ноября 2020 г. Махачкала: ДГТУ, 2020. С. 21–23.

66 Хабагинова Г., Саидалиева С., Алиева М. и др. Комплексная переработка вторичных ресурсов томатного производства для получения пищевых добавок // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: мат. VIII Всерос. науч.-практ. конф., Махачкала, 23–24 октября 2018 г. Махачкала: ДГТУ, 2018. С. 206–209.

67 Zhao C., Wei L., Yin B. et al. Encapsulation of lycopene within oil-in-water nanoemulsions using lactoferrin: Impact of carrier oils on physicochemical stability and bioaccessibility // International journal of biological macromolecules. 2020. № 153. P. 912–920. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.03.063

68 Арнатович А.С., Кабанова Т.В. Технология производства желейного формового мармелада на основе молочной подсырной сыворотки // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2019. № 21. С. 203–206.

69 Пат. № CN102559425A, China, МПК C12C12/00. Method of preparation of lycopene beer / Maoyu Wu, Ye Song, Fengtao Zhu et al. №. CN201210027937A; application 09.02.2012; publ. 11.07.2012.

70 Nour V., Ionica M.E., Trandafir I. Bread enriched in lycopene and other bioactive compounds by addition of dry tomato waste // Journal of food science and technology. 2015. № 52(12). P. 8260–8267.

71 ГОСТ 3343–2017. Продукты томатные концентрированные. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2018. 15 с.

72 Степанова Г.С., Нургалиева А.Р. Разработка рецептур кетчупов с заданной вязкостью // Инновации и продовольственная безопасность. 2018. № 3(21). С. 70–74.

73 Пат. № 2457695, RU, МПК А23L 1/24. Соус томатный типа кетчуп и способ его получения / Самаренкин Д.А. № 2011109617/13; Заявл. 14.03.2011; Оpubл. 10.08.12, Бюл. № 22.

74 Пат. № 2506869, RU, МПК А23L 1/39. Соус томатный / Карагозян В.А. № 2012134203/13; Заявл. 09.08.2012; Оpubл. 20.02.2014, Бюл. № 5.

75 Пат. № 2470534, RU, МПК А23L 1/317. Способ выработки консервированного продукта "Котлеты домашние с красным основным соусом" / Квасенков О.И. № 2012100648/10; Заявл. 13.01.2012; Оpubл. 27.12.2012, Бюл. № 36.

76 Пат. № 2474157, RU, МПК А23L 1/212. Способ получения закусочных консервов из патиссонов в остром томатном соусе / Квасенков О.И. № 2011137313/13; Заявл. 12.09.2011; Оpubл. 0.02.2013, Бюл. № 4.

77 Гаджиева А.М., Касьянов Г.И., Квасенков О.И. Сорбция СО 2-экстрактов пряностей на томатной пасте // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 3(61). С. 23–27.

78 Новикова О.А., Асадова М.Г. Томатопродукты в хлебопечении // Биотехнологические приемы производства и переработки сельскохозяйственной продукции: мат. Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Курск, 08 февраля 2021 г. Курск: КГС им. И.И. Иванова, 2021. С. 173–177.

79 Пат. № JP2006094855, Japan, МПК C12G 3/02. Method for producing alcoholic beverage / Waki Isamu. №. 2005246981; application 13.04.2006; publ. 29.06.2012.

80 Пат. № US2007065561A1, China, МПК А23L2/00. Compositions and methods of preparation of alcohol based on tomatoes / Livaich Anthony. №. US2007065561A1; application 15.09.2006; publ. 22.03.2007.

81 Коробицын В.С., Гаджиева А.Ф., Карагозян А.А. Технология рыбоовощных консервов в томатном соусе // Современные проблемы качества и безопасности продуктов питания в свете требований технического регламента таможенного союза: мат. межд. науч.-практ. интернет-конф., Краснодар, 26 марта 2014 г. Краснодар: КГТУ, 2014. С. 190–192.

82 Пат. № 2505997, RU, МПК А23L 1/214. Способ производства полуфабриката для промышленного использования "морковь, обжаренная в растительном масле с томатным пюре" / Квасенков О.И. № 2012150053/10; Заявл. 23.11.2012; Оpubл. 10.02.2014, Бюл. № 4.

83 Пат. № 2524254, RU, МПК А23L 3/04. Способ стерилизации консервов "суп-пюре томатный" / Ахмедов М.Э., Ахмедова М.М., Демирова А.Ф. № 2012130242/13; Заявл. 16.07.2012; Оpubл. 27.07.2014, Бюл. № 3.

84 Пат. № 2539919, RU, МПК А23L 1/212. Пищевой функциональный продукт / Шаззо Р.И., Зайко Г.М., Кургузова К.С. и др. № 2013139941/13; Заявл. 27.08.2013; Оpubл. 27.01.2015, Бюл. № 3.

85 Пат. № 2467579, RU, МПК А23В 4/00, А23L 1/00, А23L 1/325. Способ выработки консервов "килька в томатном соусе" / Квасенков О.И. № 2011126043/13; Заявл. 27.06.2011; Оpubл. 27.11.2012, Бюл. № 33.

86 Пат. № 2466561, RU, МПК А23L 1/00, А23В 4/00, А23L 1/325. Способ получения консервов "Кета обжаренная в томатном соусе" / Квасенков О.И. № 2011124756/13; Заявл. 20.06.2011; Оpubл. 20.11.2012, Бюл. № 32.

87 Пат. № 2512354, RU, МПК А23L 1/325. Способ изготовления консервов "сазан обжаренный в томатном соусе" / Квасенков О.И. № 2013100094/13; Заявл. 09.01.2013; Оpubл. 10.04.2014, Бюл. № 10.

88 Пат. № 2461301, RU, МПК А23L 1/39. Способ приготовления соуса / Цугкиева В.Б., Кияшкина Л.А., Цугкиева И.Б. и др. № 2011113111/13; Заявл. 05.04.2011; Оpubл. 20.09.2012, Бюл. № 26.

- 89 Пат. № 2558204, RU, МПК А23L 1/39, А23L 1/22. Способ производства соуса профилактического назначения / Рыльская Л.А. № 2014120838/13; Заявл. 22.05.2014; Опубл. 27.07.2015, Бюл. № 21.
- 90 Пат. № 2512097, RU, МПК А23L 1/39. Способ производства томатного соуса "экзотика" / Квасенков О.И. № 2012157164/13; Заявл. 27.12.2012; Опубл. 10.04.2014, Бюл. № 10.
- 91 Ахмедов М.Э., Гаппарова З.М. Совершенствование технологии производства консервов "томатное пюре" // Совершенствование технологических процессов в пищевой, химической и перерабатывающей промышленности: сборник науч. трудов преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов технологического факультета ДГТУ. Махачкала: ДГТУ, 2017. С. 22–25.
- 92 Romano R., De Luca L., Manzo N. et al. A new type of tomato puree with high content of bioactive compounds from 100% whole fruit // Journal of food science. 2020. № 85(10). P. 3264–3272. doi:10.1111/1750–3841.15423
- 93 Piazza L., Picchi V., Cortellino G. et al. Effect of high frequency ultrasound pre-treatment on nutritional and technological properties of tomato paste // Food science and technology international. 2021. doi: 10.1177/10820132211003788.
- 94 Пат. № CN104673563, China, МПК C12C12/00. Tomato beer processing method / Kong Yan. No. 201310633658.1; application 30.11.2013; publ. 03.06.2015.
- 95 Пат. № CN104893900A, China, МПК C12G3/02. Tomato rice wine and the method of its preparation / Wang Jun, Cheng Jingjing, Wang Jianua et al. №. CN201510342649A; application 19.06.2015; publ. 09.09.2015.
- 96 Ricci A., Marrella M., Hadj Saadoun J., Bernini V. et al. Development of Lactic Acid-Fermented Tomato Products // Microorganisms. 2020. № 8(8). P. 1192. doi: 10.3390/microorganisms8081192
- 97 Пат. № JP2007189934A, Japan, МПК C12G3/00. Carbonated tomato alcoholic drink / Miura Yutaka. №. JP2006010315A; application 18.01.2006; publ. 02.08.2007.
- 98 Пат. № CN106398930, China, МПК C12C 12/00. Beer and tomato juice / Zhao Yiping. №. 102016000600562; application 27.07.2016; publ. 15.02.2017.
- 99 Пат. № JP2000139441, Japan, МПК C12G 3/02. Production of liqueurs and beer, other liqueurs of sparkling wines and low-alcohol beverages / Waki Isamu. №. 1998353712; application 09.11.1998; publ. 23.05.2000.
- 100 Пат. № CN1354247, China, МПК C12C 12/00. Tomato beer and its production method / Fu Wenbiao. № 1354247; application 15.07.2020; publ. 30.10.2020.
- 101 Пат. № JP2019041748, Japan, МПК C12G 3/02. A method of producing a drink from tomato alcohol capable of enjoying four types of flavors of tomato beer, tomato sparkling wines depending on the strength of the volume of gas (high and low) by adding carbon dioxide / Waki Isamu. №. 2017195451; application 29.08.2017; publ. 22.03.2019.
- 102 Пат. № JP5568279A, Japan, МПК А23L19/00. Drink containing tomato juice / Mitsutake Kenichirou, Suzuki Genshi. application 14.11.1978; publ. 14.11.1980.
- 103 Помидоры – польза и вред для организма человека. URL: <https://zdorovevdom.ru/pomidor-polza-i-vred-dlya-organizma-cheloveka>.
- 104 Воронина П.К. Вяленые томаты // Инновационная техника и технология. 2016. № 2(7). С. 9–14.
- 105 Гаджиева А.М., Саидалиева С.З., Атаева З.А. Ликопин томатов: полезные свойства, современные способы получения и перспективы использования в различных отраслях // Сборник науч. трудов преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов технологического факультета ДГТУ «Совершенствование технологических процессов в пищевой, химической и перерабатывающей промышленности». 2017. В. 1. С. 54–60.
- 106 Скрипко О.В., Кадникова И.А., Седых В.В. Обоснование параметров процесса получения белковоликопинового продукта для пищевых концентратов // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 1 (24). С. 68–73.
- 107 Курегян А.Г., Печинский С.В. Получение каротиноидов и их идентификация методами спектроскопии в ИК- и УФ – областях // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2016. № 1. С. 22–27.
- 108 Пат. № 2648452, RU. Способ получения индивидуальных каротиноидов / Курегян А.Г., Печинский С.В., Степанова Э.Ф. № 2016148100; Заявл. 07.12.2016; Опубл. 26.03.2018, Бюл. № 9.
- 109 Owusu J., Ma H., Afoakwa N.A. et al. Lycopene and beta-carotene recovery from fermented tomato waste and their antioxidant activity // Food Technology. 2015. V. 39. № 1. P. 36–48.
- 110 Крюк Р.В., Шарифов М.Б. Особенности процесса сушки томатов // Пищевые инновации в биотехнологии: сборник тезисов VI Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, под общей редакцией А.Ю. Просекова. Кемерово, 16 мая 2018 г. Кемерово: КГУ, 2018. С. 42–44.
- 111 Lingran F., Qiang W., Xiaobin Y. et al. Effects of exogenous lipids and cold acclimation on lycopene production and fatty acid composition in *Blakeslea trispora* // AMB Express. 2019. № 9(1). P. 162. doi: 10.1186/s13568–019–0891–5
- 112 Tan S., Miao Y., Xiang H., Tan W. et al. Effects of air-impingement jet drying on drying kinetics and quality retention of tomato slices // Food Sci Biotechnol. 2021. V. 30. №5. P. 691–699. doi: 10.1007/s10068–021–00904–0
- 113 Жаркова И.М., Корячкина С.Я., Росляков Ю.Ф. и др. Особенности технологии и направления совершенствования ассортимента крекера и галет // Проблемы развития АПК региона. 2020. № 1 (41). С. 182–193.
- 114 Слепокурова Ю.И., Жаркова И.М., Казимирова Ю.К. и др. Особенности развития рынка функциональных хлебулочных изделий // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. № 1 (373). С. 102–105.

References

- 1 Global status report on noncommunicable diseases “Achieving the nine global targets on NCDs, a shared responsibility”. (Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles). 2014. 16 p. Available at: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/148114/WHO_NMH_NVI_15.1_eng.pdf?seq%20uence=6 (in Russian).
- 2 European health report 2018 More than just numbers: evidence for everyone. WHO Regional Office for Europe. 2019. 200 p. Available at: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330083/9789289054515_rus.pdf (in Russian).
- 3 Liese A.D., Krebs-Smith S.M., Subar A.F. et al. The Dietary Patterns Methods Project: synthesis of findings across cohorts and relevance to dietary guidance. The Journal of nutrition. 2015. vol. 145. no. 3. pp. 393–402. doi: 10.3945/jn.114.205336
- 4 Wellington N., Shanmuganathan M., de Souza R.J. et al. Metabolic Trajectories Following Contrasting Prudent and Western Diets from Food Provisions: Identifying Robust Biomarkers of Short-Term Changes in Habitual Diet. Nutrients. 2019. vol. 11. no. 10. pp. E2407. doi: 10.3390/nu11102407

- 5 Takeoka G.R., Dao L., Flessa S., Gillespie D.M. et al. Effect of processing on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *Agric Food Chem.* 2001. no. 49 (8). pp. 3713–7. doi: 10.1021/jf0102721
- 6 Ostrikov A.N., Gadzhieva A.M., Kasyanov G.I. Complex technology for processing tomato raw materials. *Proceedings of VSUET.* 2015. no. 1. pp. 12–17. (in Russian).
- 7 Assunta R., Rita Del G., Daria Maria M., Gian Carlo T. et al. Content of biologically active compounds and cytotoxic effect on human cancer cells of fresh and processed yellow tomatoes. *Molecules.* 2015. no. 21(1). E33. doi: 10.3390/molecules21010033
- 8 Jacob K., Garcia-Alonso F.J., Ros G., Periago M.J. Stability of carotenoids, phenolic compounds, ascorbic acid and the antioxidant capacity of tomatoes during heat treatment. *Arch Latinoam Nutr.* 2010. no. 60 (2). pp. 192–198.
- 9 Chanforan C., Loonis M., Mora N., Caris-Veyrat C. et al. Impact of industrial processing on the health benefits of tomato micronutrients. *Food Chem.* 2012. no. 134 (4). pp. 1786–95. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.03.077
- 10 Køcks M., Ovesen Banke S., Madsen B., Vaz T. et al. Real-time monitoring of lycopene content in processed tomato products: implementation of a new double-slit Raman spectrometer. *Appl Spectrosc.* 2013. doi: 10.1366/12–06813
- 11 Ermolova E.V. Tomato culture in Uzbekistan. *Agroecological Bulletin: Mat. int. scientific-practical. Conf. dedicated to the year of ecology in Russia.* 2017. pp. 247–251. (in Russian).
- 12 Lashmanova E., Zemskaya N., Proshkina E., Kudryavtseva A. et al. The Evaluation of Geroprotective Effects of Selected Flavonoids in *Drosophila melanogaster* and *Caenorhabditis elegans*. *Front. Pharmacol.* 2017. vol. 8. pp. e884.
- 13 Martí R., Roselló S., Cebolla-Cornejo J. Tomato as a Source of Carotenoids and Polyphenols Targeted to Cancer Prevention. *Cancers (Basel).* 2016. vol. 8. no. 6. pp. 58. doi:10.3390/cancers8060058
- 14 Sellitto V.M., Golubkina N.A., Pietrantonio L. et al. Tomato yield, quality, mineral composition and antioxidants are affected by beneficial microorganisms under soil salinity induced by balanced nutrient solutions. *Agriculture.* 2019. no. 9. pp. 110. doi: 10.3390/agriculture9050110www.mdpi.com/journal/agriculture
- 15 Previtera L., Fucci G., De Marco A. et al. Chemical and organoleptic characteristics of tomato purée enriched with lyophilized tomato pomace. *Journal of the science of food and agriculture.* 2016. no. 96(6). pp. 1953–1958. doi:10.1002/jsfa.7303
- 16 Ranawana V., Raikos V., Campbell F. et al. Breads fortified with freeze-dried vegetables: quality and nutritional attributes. Part 1: Breads Containing Oil as an Ingredient. *Foods (Basel, Switzerland).* 2016. no. 5(1). doi:10.3390/foods5010019
- 17 Perepelitsa I.A., Machneva N.L. Enrichment of bakery products with sun-dried tomatoes to obtain functional bread. Scientific support of the agro-industrial complex: Mat. 73rd scientific-practical. conf. students based on the results of research for 2017, Krasnodar, April 25, 2018. Krasnodar, KSAU im. I.T. Trubilin. 2018. pp. 495–498. (in Russian).
- 18 Raiola A., Rigano M.M., Calafiore R. et al. Enhancing the health-promoting effects of tomato fruit for biofortified food. *Mediators Inflamm.* 2014. 139873. doi:10.1155/2014/139873
- 19 Ntagkas N., Woltering E., Bouras S. et al. Light-Induced Vitamin C Accumulation in Tomato Fruits is Independent of Carbohydrate Availability. *Plants (Basel).* 2019. vol. 8. no. 4. pp. 86. doi:10.3390/plants8040086.
- 20 Quinet M., Angosto T., Yuste-Lisbona F.J. et al. Tomato Fruit Development and Metabolism. *Front Plant Sci.* 2019. no. 10. pp. 1554. doi:10.3389/fpls.2019.01554
- 21 Li Y., Wang H., Zhang Y. et al. Can the world's favorite fruit, tomato, provide an effective biosynthetic chassis for high-value metabolites? *Plant Cell Rep.* 2018. vol. 37. no. 10. pp. 1443–1450. doi: 10.1007/s00299–018–2283–8
- 22 Lapin A.A., Tenkova N.F., Ignatova S.I. et al. Antioxidant activity of varieties of tomato and pepper. *Vegetables of Russia.* 2008. no. 1–2. pp. 64–66. (in Russian).
- 23 Borisova A.V., Makarova N.V. Experimental determination of physico-chemical and antioxidant indicators of four types of vegetables. *Technique and technology of food production.* 2012. no. 2(25). pp. 14A 19. (in Russian).
- 24 Dean D. Metcalfe. *Food Allergens. CLIN REV ALLERGY.* 1985. no. 3. pp. 331–349.
- 25 Gadzhieva A.M., Kasyanov G.I. Peculiarities of high-tech tomato processing. *Living and biokosnye sistemy.* 2016. no. 15. pp. 23. (in Russian).
- 26 Mahler V., Goodman R.E. Definition and Design of Hypoallergenic Foods. *Molecular Allergy Diagnostics.* 2017. doi: 10.1007/978–3–319–42499–6_27
- 27 Ballmer-Weber B.K., Hoffmann-Sommergruber K. Molecular Diagnostics of Allergy to Fruits and Vegetables. *Molecular Allergy Diagnostics.* 2017. doi: 10.1007/978–3–319–42499–6_14
- 28 Zakrevsky V.V., Lifyandsky V.G. Vegetables and fruits in the prevention and treatment of cancer in the light of evidence-based medicine (part 2). *Bulletin of St. Petersburg University. The medicine.* 2018. vol. 13. no. 1. pp. 91–105. (in Russian).
- 29 GOST R 54648–2011. Canned food. Filled tomatoes. General specifications. Moscow, Standartinform, 2019. 12 p. (in Russian).
- 30 GOST R 52477–2005. Canned food. Vegetable marinades. General specifications. Moscow, Standartinform, 2007. 16 p. (in Russian).
- 31 Kalmanovich S.A., Matrovshchuk V.I., Vershinina O.L. et al. Method for processing tomato seeds and tomato pomace. Patent RF, no. 2130049, 1999.
- 32 Usupbekov T.T., Kanarskaya Z.A., Kanarsky A.V. Study of indicators of processed cheese "Solnyshko", enriched with a mixture of protein-tomato-butter paste, ensuring product safety. Structural transformations of the economy of territories: in search of social and economic balance: mat. II int. scientific-practical. Conf., Ufa, May 02, 2020. Ufa, Limited Liability Company "Scientific Publishing Center "Vestnik Nauki", 2020. pp. 17–20. (in Russian).
- 33 Nezhenets E.V., Ilyshova S.A., Kalmanovich S.A. et al. Influence of tomato-oil extract on the consumer properties of butter. *Izvestia of higher educational institutions. Food technology.* 2004. no. 1 (278). pp. 71–74. (in Russian).
- 34 Brikota T.B., Fedorova N.B., Barysheva I.N. Influence of the phospholipid product "FEIS" and vitamin supplement - tomato-oil extract on the technological and consumer properties of animal oils. *New Science: Strategies and Vectors of Development.* 2015. no. 1(1). pp. 49–55. (in Russian).
- 35 Brikota T.B., Ksenz M.V. Vitamin additives of vegetable origin for butter with functional properties. *Sector of services: innovations and quality.* 2013. no. 12. pp. 4. (in Russian).
- 36 Drozdov A.N., Ilyinova S.N., Kalmanovich S.A. et al. Liquid margarine. Patent RF, no. 2282998, 2006.
- 37 Kalmanovich S.A., Martovshchuk V.I., Vershinina O.L. et al. Method for processing tomato seeds and tomato pomace. Patent RF, no. 2130049, 1999.

- 38 Roslyakov Yu.F., Vershinina O.L., Gonchar V.V. Scientific developments for the baking and confectionery industry. Scientific works of KubGTU. 2016. no. 14. pp. 350–360. (in Russian).
- 39 Kalmanovich S.A., Vershinina O.L., Asmaeva Z.I. et al. Method for preparing a bakery product. Patent RF, no. 2153805, 2000.
- 40 Iksanova Yu.V., Altynbaeva I.G., Shaekhov T.R. Enrichment of bakery and flour confectionery products with biologically active additives based on secondary raw materials of plant origin. Scientific research in the modern world: theory, methodology, practice: Mat. int. scientific-practical. Conf., Ufa, October 25, 2019. Ufa, Limited Liability Company "Scientific Publishing Center "Vestnik Nauki", 2019. pp. 181–186. (in Russian).
- 41 Mehta D., Prasad P., Sangwan R.S. et al. Tomato processing byproduct valorization in bread and muffin: improvement in physicochemical properties and shelf life stability. Journal of food science and technology. 2018. no. 55(7). pp. 2560–2568. doi: 10.1007/s13197-018-3176-0
- 42 Pershakova T.V., Kudinov P.I. Influence of additives of herbal preparations on the activation of pressed yeast and consumer properties of bakery products. News of higher educational institutions. Food technology. 2013. no. 5–6(335–336). pp. 35–38. (in Russian).
- 43 Reboul E., Borel P., Mikail C. et al. Enrichment of tomato paste with 6% tomato peel increases lycopene and beta-carotene bioavailability in men. The Journal of nutrition. 2005. no. 135(4). pp. 790–794. doi: 10.1093/jn/135.4.790
- 44 Dehghan-Shoar Z., Mandimika T., Hardacre A.K. et al. Lycopene bioaccessibility and starch digestibility for extruded snacks enriched with tomato derivatives. Journal of agricultural and food chemistry. 2011. no. 59(22). pp. 12047–12053. doi: 10.1021/jf202582t
- 45 Gadzhieva A.M., Alieva M.G. Processing of tomato pomace for salad oil and dietary fiber. Improving the quality and safety of food products: Mat. V all-Russian scientific-practical. Conf., Makhachkala, October 27, 2015. pp. 19–21. (in Russian).
- 46 Makarova N.V., Ereemeeva N.B., Eliseeva E.A. Study of the properties of edible packaging based on apple puree with the addition of food production waste - apple, grape and tomato pomace. Innovations and food safety. 2019. no. 3(25). pp. 10–20. Available at: <https://innfoodsecr.elpub.ru/jour/article/view/530> (in Russian).
- 47 Pavlovskaya L.M., Gapeeva L.A., Fedorova-Gudz N.V. Analysis of global trends in the development of the canned food market. Food industry: science and technology. 2016. no. 3 (33). pp. 8–16. (in Russian).
- 48 Dufera LT, Hofacker W, Esper A, Hensel O. Physicochemical quality of twin layer solar tunnel dried tomato slices. Heliyon. 2021. vol. 7. no. 5. pp. e07127. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07127
- 49 Rusina I.M., Kolesnik I.M. Influence of vegetable powders on the dynamics of fermentation and indicators of the quality of wheat bread of trial baking. Bulletin of the Grodno State University named after Yanka Kupala. Series 6. Technique. 2019. vol. 9. no. 2. pp. 62–72. (in Russian).
- 50 Kazimirova M.A., Pershakova T.V., Matvienko A.N. et al. Development of technology and recipes for rich bakery products enriched with food additives. New technologies. 2018. no. 1. pp. 37–42. (in Russian).
- 51 Kornen N.N., Kalmanovich S.A., Lukyanenko M.V. et al. Study of the effectiveness of the influence of vegetable food additives on the process of activation of bakery pressed yeast. Izvestiya of higher educational institutions. Food technology. 2019. no. 4(370). pp. 43–46. doi:10.26297/0579-3009.2019.4.11 (in Russian).
- 52 Rusina I.M., Kolesnik I.M. Tomato powder as a promising additive for the activation of baker's yeast in the production of crackers. Bulletin of the Grodno State University named after Yanka Kupala. Series 6. Technique. 2020. vol. 10. no. 1. pp. 66–77. (in Russian).
- 53 Potapova A.A., Akishin D.V., Perfilova O.V. Method for preparing custard gingerbread with tomato powder from small-fruited tomatoes. Patent RF, no. 2494624, 2013.
- 54 Voronina P.K. The use of dried tomatoes in the technology of making cupcakes. Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya. 2016. no. 2(7). pp. 9–14. (in Russian).
- 55 Muratova E.I., Smolikhina P.M. Marshmallow production method. Patent RF, no. 2520023, 2014.
- 56 Gadzhieva A.M., Alieva M.G. Waste-free technology of tomato processing with the production of tomato marshmallow. Improving the quality and safety of food products: Mat. VI All-Russian. scientific-practical. Conf., Makhachkala, November 01–02, 2016. Makhachkala, IP Ovchinnikov Mikhail Arturovich (Alef Printing House), 2016, pp. 13–15. (in Russian).
- 57 Castro T.A., Leite B.S., Assunção L.S., de Jesus Freitas T. et al. Red Tomato Products as an Alternative to Reduce Synthetic Dyes in the Food Industry: A Review. Molecules. 2021. vol. 25. no. 26(23). pp. 7125. doi: 10.3390/molecules26237125
- 58 Kirilina V.M., Shegelman I.R., Blazhevich L.E. et al. Functional product of plant composition, including plants of northern latitudes. Patent RF, no. 2709747, 2019.
- 59 Moskalev A.A., Aprelikova O.N., Gavrillov M.A. et al. Biologically active product for adaptive nutrition. Patent RF, no. 2713300, 2020.
- 60 Tukova A.A. Development of a meat product formulation for therapeutic and preventive nutrition using the antioxidant lycopene. Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. 2019. no. 21. pp. 263–266. (in Russian).
- 61 Situn N.V., Son O.M., Tekutyeva L.A. Influence of food additive lycopene on the activity of water in boiled sausages. Modern problems of commodity science, economics and food industry: Mat. I correspondence int. scientific-practical. conf., Saratov, November 30, 2016. PRUE G.V. Plekhanova, 2016. pp. 208–210. (in Russian).
- 62 Kiseleva I.S., Shalapugina N.V. Innovations in increasing the shelf life and functional and technological properties of meat and dairy products. Agrarian scientific journal. 2016. no. 9. pp. 55–60. (in Russian).
- 63 Radaeva I.A., Shulkina S.P., Kapitanov A.B. et al. A method for the production of milk concentrate with lycopene and a method for controlling its content in the concentrate. Patent RF, no. 2136166, 1999.
- 64 Siwach R., Toka J.s, Seth R. et al. Use of lycopene as a natural antioxidant in extending the shelf-life of anhydrous cow milk fat. Food chemistry. 2016. no. 199. pp. 541–546. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.12.009
- 65 Gadzhieva A., Khabaginova G., Ataeva Z., Shaikhalova S. Functional food products based on protein-lipid paste from tomato seeds. Improving the quality and safety of food products: Mat. X All-Russian scientific-practical. Conf., Makhachkala, November 19–20, 2020. Makhachkala, DSTU, 2020. pp. 21–23. (in Russian).
- 66 Khabaginova G., Saidalieva S., Alieva M. et al. Complex processing of secondary resources of tomato production for obtaining food additives. Improving the quality and safety of food products: Mat. VIII All-Russian. scientific-practical. Conf., Makhachkala, October 23–24, 2018. Makhachkala, DSTU, 2018. pp. 206–209. (in Russian).

- 67 Zhao C., Wei L., Yin B. et al. Encapsulation of lycopene within oil-in-water nanoemulsions using lactoferrin: Impact of carrier oils on physicochemical stability and bioaccessibility. *International journal of biological macromolecules*. 2020. no. 153. pp. 912–920. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.03.063
- 68 Armatovich A.S., Kabanova T.V. Technology for the production of molded jelly marmalade based on milk cheese whey. *Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products*. 2019. no. 21. pp. 203–206. (in Russian).
- 69 Maoyu Wu, Ye Song, Fengtao Zhu et al. Method of preparation of lycopene beer. Patent China, no. CN102559425A, 2012.
- 70 Nour V., Ionica M.E., Trandafir I. Bread enriched in lycopene and other bioactive compounds by addition of dry tomato waste. *Journal of food science and technology*. 2015. no. 52(12). pp. 8260–8267.
- 71 GOST 3343–2017. Concentrated tomato products. General specifications. M.: Standartinform, 2018. 15 p.
- 72 Stepanova G.S., Nurgalieva A.R. Development of recipes for ketchups with a given viscosity. *Innovations and food safety*. 2018. no. 3(21). pp. 70–74. (in Russian).
- 73 Samarenkin D.A. Ketchup-type tomato sauce and method for its preparation. Patent RF, no. 2457695, 2012.
- 74 Karagozyan V.A. Tomato sauce. Patent RF, no. 2506869, 2012.
- 75 Kvasenkov O.I. Method for the production of canned product "Home cutlets with red main sauce". Patent RF, no. 2470534, 2012.
- 76 Kvasenkov O.I. The method of obtaining canned snacks from squash in spicy tomato sauce. Patent RF, no. 2474157, 2013.
- 77 Gadzhieva A.M., Kasyanov G.I., Kvasenkov O.I. Sorption of CO₂ extracts of spices on tomato paste. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2014. no. 3(61). pp. 23–27. (in Russian).
- 78 Novikova O.A., Asadova M.G. Tomato products in bakery. *Biotechnological methods of production and processing of agricultural products: Mat. Vseros. (national) scientific-practical. Conf., Kursk, February 08, 2021. Kursk, KGSA im. I.I. Ivanova, 2021, pp. 173–177. (in Russian).*
- 79 Waki Isamu. Method for producing alcoholic beverage. Patent Japan, no. JP2006094855, 2012.
- 80 Livaich Anthony. Compositions and methods of preparation of alcohol based on tomatoes. Patent China, no. US2007065561A1, 2007.
- 81 Korobitsyn V.S., Gadzhieva A.F., Karagozyan A.A. Technology of canned fish and vegetables in tomato sauce. *Modern problems of food quality and safety in the light of the requirements of the technical regulations of the customs union: Mat. int. scientific-practical. Internet Conf., Krasnodar, March 26, 2014. Krasnodar, KSTU, 2014. pp. 190–192. (in Russian).*
- 82 Kvasenkov O.I. Method for the production of a semi-finished product for industrial use "carrots fried in vegetable oil with tomato puree". Patent RF, no. 2505997, 2014.
- 83 Akhmedov M.E., Akhmedova M.M., Demirova A.F. The method of sterilization of canned food "tomato puree soup". Patent RF, no. 2524254, 2014.
- 84 Shazzo R.I., Zaiko G.M., Kurguzova K.S. et al. Functional food product. Patent RF, no. 2539919, 2015.
- 85 Kvasenkov O.I. Method for the production of canned food "sprat in tomato sauce". Patent RF, no. 2467579, 2012.
- 86 Kvasenkov O.I. The method of obtaining canned food "Chum salmon fried in tomato sauce". Patent RF, no. 2466561, 2012.
- 87 Kvasenkov O.I. Method for the manufacture of canned food "carp fried in tomato sauce". Patent RF, no. 2512354, 2014.
- 88 Tsugkueva V.B., Kiyashkina L.A., Tsugkueva I.B. et al. Sauce preparation method. Patent RF, no. 2461301, 2012.
- 89 Rylskaya L.A. Method for the production of preventive sauce. Patent RF, no. 2558204, 2015.
- 90 Kvasenkov O.I. Method for the production of tomato sauce "exotica". Patent RF, no. 2512097, 2014.
- 91 Akhmedov M.E., Gapparova Z.M. Improving the technology for the production of canned food "tomato puree". *Improvement of technological processes in the food, chemical and processing industries: a collection of scientific. works of teachers, staff, graduate students and students of the technological faculty of DSTU. Makhachkala, DSTU, 2017. pp. 22–25. (in Russian).*
- 92 Romano R., De Luca L., Manzo N. et al. A new type of tomato puree with high content of bioactive compounds from 100% whole fruit. *Journal of food science*. 2020. no. 85(10). pp. 3264–3272. doi:10.1111/1750-3841.15423
- 93 Piazza L., Picchi V., Cortellino G. et al. Effect of high frequency ultrasound pre-treatment on nutritional and technological properties of tomato paste. *Food science and technology international*. 2021. doi: 10.1177/10820132211003788
- 94 Kong Yan. Tomato beer processing method. Patent China, no. CN104673563, 2013.
- 95 Wang Jun, Cheng Jingjing, Wang Jianua et al. Tomato rice wine and the method of its preparation. Patent China, no. CN104893900A, 2015.
- 96 Ricci A, Marrella M, Hadj Saadoun J, Bernini V. et al. Development of Lactic Acid-Fermented Tomato Products. *Microorganisms*. 2020. no. 8(8). pp. 1192. doi: 10.3390/microorganisms8081192
- 97 Miura Yutaka. Carbonated tomato alcoholic drink. Patent Japan, no. JP2007189934A, 2007.
- 98 Zhao Yiping. Beer and tomato juice. Patent China, no. CN106398930, 2017.
- 99 Waki Isamu. Production of liqueurs and beer, other liqueurs of sparkling wines and low-alcohol beverages. Patent Japan, no. JP2000139441, 2000.
- 100 Fu Wenbiao. Tomato beer and its production method. Patent China, no. CN1354247, 2020.
- 101 Waki Isamu. A method of producing a drink from tomato alcohol capable of enjoying four types of flavors of tomato beer, tomato sparkling wines depending on the strength of the volume of gas (high and low) by adding carbon dioxide. Patent Japan, no. JP2019041748, 2019.
- 102 Mitsutake Kenichirou, Suzuki Genshi. Drink containing tomato juice. Patent Japan, no. JPS5568279A, 1980.
- 103 Tomatoes - the benefits and harm to the human body. Available at: <https://zdorovevdom.ru/pomidor-polza-i-vred-dlya-organizma-cheloveka> (in Russian).
- 104 Voronina P.K. Dried tomatoes. *Innovative technique and technology*. 2016. no. 2(7). pp. 9–14. (in Russian).
- 105 Gadzhieva A.M., Saidalieva S.Z., Ataeva Z.A. Tomato lycopene: useful properties, modern methods of obtaining and prospects for use in various industries. *Collection of scientific. works of teachers, staff, graduate students and students of the technological faculty of the DSTU "Improvement of technological processes in the food, chemical and processing industries."* 2017. vol. 1. pp. 54–60. (in Russian).
- 106 Skripko O.V., Kadnikova I.A., Sedykh V.V. Substantiation of the parameters of the process of obtaining a protein-copin product for food concentrates. *Technique and technology of food production*. 2012. no. 1 (24). pp. 68–73. (in Russian).

- 107 Kuregyan A.G., Pechinsky S.V. Obtaining carotenoids and their identification by spectroscopy methods in the IR and UV regions. Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2016. no. 1. pp. 22–27. (in Russian).
- 108 Kuregyan A.G., Pechinsky S.V., Stepanova E.F. A method for obtaining individual carotenoids. Patent RF, no. 2648452, 2018.
- 109 Owusu J., Ma H., Afoakwa N.A. et al. Lycopene and beta-carotene recovery from fermented tomato waste and their antioxidant activity. Food Technology. 2015. vol. 39. no. 1. pp. 36–48.
- 110 Kryuk R.V., Sharifov M.B. Features of the process of drying tomatoes. Food innovations in biotechnology: a collection of abstracts of the VI Intern. scientific conf. students, graduate students and young scientists, under the general editorship of A.Yu. Prosekova. Kemerovo, May 16, 2018. Kemerovo, KGU, 2018. pp. 42–44. (in Russian).
- 111 Lingran F., Qiang W., Xiaobin Y. et al. Effects of exogenous lipids and cold acclimation on lycopene production and fatty acid composition in *Blakeslea trispora*. AMB Express. 2019. no. 9(1). pp. 162. doi: 10.1186/s13568-019-0891-5
- 112 Tan S., Miao Y., Xiang H., Tan W. et al. Effects of air-impingement jet drying on drying kinetics and quality retention of tomato slices. Food Sci Biotechnol. 2021. vol. 30. no.5. pp. 691–699. doi: 10.1007/s10068-021-00904-0
- 113 Zharkova I.M., Koryachkina S.Ya., Roslyakov Yu.F. et al. Features of technology and directions for improving the assortment of crackers and biscuits. Problems of development of the agro-industrial complex of the region. 2020. no. 1 (41). pp. 182–193. (in Russian).
- 114 Slepokurova Yu.I., Zharkova I.M., Kazimirova Yu.K. et al. Features of the development of the market of functional bakery products. News of higher educational institutions. Food technology. 2020. no. 1 (373). pp. 102–105. (in Russian).

Сведения об авторах

Дмитрий П. Ефремов экстерн, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, smkaltai@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6234-8174>

Ирина М. Жаркова д.т.н., кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zharir@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8662-4559>

Инесса В. Плотникова к.т.н., кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, plotnikova_2506@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5959-6652>

Данил С. Иванчиков студент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ivanchikov_99@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9814-6005>

Наталья В. Гизатова к.б.н., кафедра технологии мясных, молочных продуктов и химии, Башкирский государственный аграрный университет, ул. 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450001, Россия, natgiz@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9222-767X>

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

Dmitriy P. Efremov extern, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, smkaltai@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6234-8174>

Irina M. Zharkova Dr. Sci. (Engin.), bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zharir@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8662-4559>

Inessa V. Plotnikova Cand. Sci. (Engin.), bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, plotnikova_2506@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5959-6652>

Danil S. Ivanchikov student, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, ivanchikov_99@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9814-6005>

Natalia V. Gizatova Cand. Sci. (Biol.), department of technology of meat, dairy products and chemistry, Bashkir State Agrarian University, 50-letiya Oktyabrya St., 34, Ufa, 450001, natgiz@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9222-767X>

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 17/01/2022

После редакции 09/02/2022

Принята в печать 02/03/2022

Received 17/01/2022

Accepted in revised 09/02/2022

Accepted 02/03/2022

Влияние пищевых добавок на структуру теста

Анна Т. Васюкова	¹	vasyukova-at@yandex.ru	 0000-0002-7374-4145
Ирина У. Кусова	¹	kusovaiu@mgupp.ru	 0000-0001-8022-7229
Александр Е. Алексеев	²	sas5791@mail.ru	 0000-0003-4937-2430
Александр В. Мошкин	²	aldahaev@gmail.ru	 0000-0001-5607-0364
Танзиля Р. Любецкая	¹	ltanzilya@yandex.ru	 0000-0002-1078-9311






¹ Московский государственный университет пищевых производств, 11, Волоколамское шоссе, Москва, 125080, Россия

² Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия

Аннотация. В статье представлены данные о влиянии добавок предварительно обработанного порошка из растительного сырья на структуру дрожжевого теста. Выявлена активность солода из ржи, пшеницы, ячменя сорта «Эльф», сои, гороха и тритикале в зависимости от разных концентраций субстрата. Получены две важнейшие характеристики – константа Михаэлиса и зависимость скорости реакции от концентрации субстрата. Исследования амилолитической активности тритикалевого солода на пшеничной муке показали, что сахарообразующая способность муки увеличивается при добавлении сухого тритикалевого солода. При проведении реакции с использованием не дистиллированной, а водопроводной воды активность амилазы еще больше возрастает, что не является неожиданным в соответствии с проведенными экспериментами. Наибольшее значение происходящих во время замеса теста процессов: физико-механических, коллоидных и биохимических можно объяснить набуханием водонерастворимых белков, которые образуют в тесте трехмерную губчато-сетчатую структуру. Это и определяет растяжимость и эластичность теста. Крахмальные зерна муки адсорбционно связывает большое количество воды. Значительное количество воды поглощается также пентозанами муки. Наибольшим значением кислотности характеризовались пробы с ржаным солодом, внесенные в дозировке 1–3% к массе муки. Внесение солодового препарата отразилось и на структурно-механических свойствах мякиша. Упругие деформации при увеличении дозировки солода снижаются, в отличие от пластических деформаций. К применению в хлебопечении, по данным комплексной оценки, рекомендован ячменный солод в дозировке 3% к массе муки.

Ключевые слова: БАД, пищевые продукты, мука, тесто, солод, структура, свойства.

Effect of food additives on the structure of the dough

Anna T. Vasyukova	¹	vasyukova-at@yandex.ru	 0000-0002-7374-4145
Irina U. Kusova	¹	kusovaiu@mgupp.ru	 0000-0001-8022-7229
Alexander E. Alekseev	²	sas5791@mail.ru	 0000-0003-4937-2430
Alexander V. Moshkin	²	aldahaev@gmail.ru	 0000-0001-5607-0364
Tanzilya R. Lyubetskaya	¹	ltanzilya@yandex.ru	 0000-0002-1078-9311

¹ Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russia

² Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

Abstract. The article presents data on the effect of additives of pre-processed powder from plant raw materials on the structure of yeast dough. In the activity of malt from rye, wheat, barley of the "Elf" variety, soybeans, peas and triticale, depending on different concentrations of the substrate. Two important characteristics are obtained – the Michaelis constant and the dependence of the reaction rate on the concentration of substrate. Studies of the amylolytic activity of tritical malt on wheat flour have shown that the sugar-forming ability of flour increases with the addition of dry tritical malt. When carrying out a reaction using not distilled, but tap water, the activity of amylase increases even more, which is not unexpected in accordance with the experiments conducted. The greatest significance of the processes occurring during the kneading of the test: physico-mechanical, colloidal and biochemical can be explained by the swelling of water-insoluble proteins, which form a three-dimensional spongy-mesh structure in the dough. This determines the extensibility and elasticity of the dough. Starch grains of flour adsorption binds a large amount of water. A significant amount of water is also absorbed by rye flour pentozans. The highest value of acidity was characterized by samples with rye malt, introduced in a dosage of 1–3% by weight of flour. The introduction of malt preparation was also reflected in the structural and mechanical properties of the crumb. Elastic deformations with an increase in the dosage of malt are reduced, in contrast to plastic deformations. For use in baking, according to a comprehensive assessment, barley malt is recommended at a dosage of 3% to the mass of flour.

Keywords: dietary supplement, food products, flour, dough, malt, structure, properties.

Для цитирования

Васюкова А.Т., Кусова И.У., Алексеев А.Е., Мошкин А.В., Любецкая Т.Р. Влияние пищевых добавок на структуру теста // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 196–201. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-196-201

For citation

Vasyukova A.T., Kusova I.U., Alekseev A.E., Moshkin A.V., Lyubetskaya T.R. Effect of food additives on the structure of the dough. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 196–201. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-196-201

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

Введение

Введение пищевых ингредиентов в рецептуру хлебобулочных изделий должно не только повышать их пищевую ценность, но и обеспечить необходимые потребительские свойства [1–3, 5–7]. По этой причине при разработке обогащенных хлебобулочных изделий необходимо отслеживать влияние вновь вводимых добавок на хлебопекарные свойства муки, технологические свойства теста, процессы брожения и т. д.

Сформированность требуемых характеристик качества хлебобулочных изделий определяется основными режимами и параметрами ведения всех технологических операций производства. Прогнозирование и обеспечение качества хлеба возможны только при строгом контроле технологических свойств основного сырья и всех этапов производства [2, 5, 9].

Известно, что качество хлебобулочных изделий зависит от целого комплекса факторов и процессов, как участвующих в формировании свойств готовой продукции, так и определяющих сохранность потребительских характеристик при хранении. Наиболее значимыми являются биохимические и коллоидные изменения, происходящие с биополимерами муки в процессе созревания теста [4, 11].

Основным фактором, характеризующим хлебопекарные свойства пшеничной муки, является, прежде всего, клейковина, которая сочетает в себе структурно-механические свойства глиадиновой и глютениновой фракций [8, 11]. Известно, что при замесе теста клейковина образует непрерывную фазу пшеничного теста, в процессе спиртового брожения удерживает углекислый газ, обеспечивая хорошее разрыхление теста, а при выпечке набухшие белки клейковины подвергаются необратимой денатурации и закрепляют пористую структуру хлеба.

Вместе с тем, белки пшеничного теста представляют собой весьма лабильные коллоиды, и их реологические свойства могут сильно изменяться под влиянием различных химических и физических воздействий. Анализ существующих результатов исследований влияния различных факторов на реологические свойства отмытой клейковины и теста позволяет выделить группу веществ, не влияющих на свойства изолированной клейковины, но при этом повышающих эластичность и снижающих растяжимость теста. Кроме того, существуют данные о значительных различиях веществ, изменяющих реологию теста, по скорости проявления эффекта воздействия, некоторые из них оказывают влияние уже в момент замеса теста, а для проявления других требуется не менее часа времени [5, 11].

Таким образом, прогностическая оценка показателей качества хлеба, таких как достаточный объем, правильная форма, эластичный мякиш с равномерной пористостью определяются, в первую очередь, физическими свойствами теста [11]. Реологические свойства теста – это комплексный показатель, который описывает состояние и поведение теста при замесе и в течении всего технологического процесса. Имея информацию, какова растяжимость теста, его упругость, водопоглотительная способность – можно судить о характеристиках и качестве готового продукта.

Динамика реологических испытаний стала приоритетным подходом для изучения структуры и фундаментальных свойств теста из пшеничной муки. Так как это свойства является характеризующим фактором, ответственных за разные вариации структуры теста, а также протеинов в его составе. Для оптимизации качественных показателей хлебобулочных изделий необходим обобщающий критерий, по которому можно прогнозировать свойства изделий и определять пути их регулирования. Таким критерием может служить вязкость, липкость, упругие и пластические деформации теста [12].

В рамках настоящих исследований изучалась возможность обогащения хлебобулочных изделий пищевыми ингредиентами направленного действия – солодовыми препаратами на основе зернового и бобового сырья.

Цель работы – изучение влияния пищевых добавок на реологические характеристики теста из пшеничной муки.

Материалы и методы

Солод из зерновых и бобовых культур готовили по разработанной технологии. Сырьем служили пшеница, тритикале, рожь, ячмень, горох и соя. В работе использовали солод указанных культур. Тесто готовилось по ранее разработанным и апробированным рецептурам. В соответствии с целью и задачами данной работы методами исследований служили: общепринятые, стандартные и оригинальные, в том числе органолептические, биохимические, реологические и физико-химические. Для оценки вязкоупругих свойств теста применяли прибор «Структурометр СТ-2». Были получены кривые релаксации путем математической обработки экспоненциальной кривой релаксации механических напряжений, возникающих на цилиндрическом инденторе при его внедрении в тесто.

Амилолитическую активность всех полученных солодов определяли колориметрически на КФК-2 в динамике при разных значениях рН-среды, температуры, концентрации субстрата и фермента.

Результаты и обсуждение

В нашей стране не снижается интерес к солодовым препаратам, но в производстве солода существует ряд проблем. На современном этапе развития отечественного получения солодов в условиях обострения конкуренции на российском рынке, как среди отечественных, так и зарубежных производителей солода на первый план стали проблемы повышения качества и функционирования солодовенных производств. Поэтому, выполненные исследования по определению ферментативной активности различных видов солода являются актуальными. В результате исследования активности солода из ржи, пшеницы, ячменя сорта «Эльф», сои, гороха и тритикале в зависимости от разных концентраций субстрата получены две важнейшие характеристики – это константа Михаэлиса и зависимость скорости реакции от концентрации субстрата, описываемую уравнением Михаэлиса-Ментена [13–17].

Установлено, что максимальная амилолитическая активность зерновых и бобовых солодов была максимальной при 40°С. Нарастание и спад амилолитической активности бобовых и зерновых солодовых препаратов существенно отличаются. Вместе с тем полученные данные согласуются с мнением ученых, работающих в этой области.

Исследование влияния рН среды на амилолитическую активность солода из зерновых и бобовых препаратов показало, что максимальная величина наблюдалась у всех препаратов при рН 5,5. Протекаемые процессы изменения амилолитической активности различных солодовых препаратов в зависимости от рН среды могут быть описаны следующими уравнениями:

– тритикалевый солод:

$$y = -1,146x^2 + 119,97x + 686,79; R^2 = 0,9202;$$

– пшеничный солод:

$$y = -1,8348x^2 + 190,7x + 767,86; R^2 = 0,9479;$$

– ржаной солод:

$$y = -1,3862x^2 + 144,97x + 708,93; R^2 = 0,9298;$$

– ячменный солод:

$$y = -0,4893x^2 + 52,51x + 700; R^2 = 0,9845;$$

– соевый солод:

$$y = -0,0835x^2 + 11,591x - 648,21; R^2 = 0,8725;$$

– гороховый солод:

$$y = -0,0804x^2 + 11,179x - 635,71; R^2 = 0,9687.$$

$$F_{рас} = d \text{ is } 1 / \text{dis } 2; F_{таб} (0, 05, 5, 4) = 6,26$$

$F_{рас} > F_{таб} (0, 05, 5, 4)$, следовательно, уравнение регрессии значимо.

Полученные данные позволяют считать, что степень ионизации ионогенных групп в активном центре фермента была наибольшей у тритикалевого солода, а наименьшей – у солода из гороха. Это позволяет считать, что неодина-

ковое сродство фермента и субстрата, поэтому различная каталитическая активность. Об этом свидетельствуют полиномиальные графики зависимости амилолитической активности зерновых и бобовых солодовых препаратов от рН среды при максимальной достоверности аппроксимации – $R^2 = 1$.

При этом константа Михаэлиса находится в пределе 0,3–0,6 г/дл. В соответствии с уравнением скорости реакции от концентрации субстрата, описываемой уравнением Михаэлиса-Ментена: Y тритикалевого солода – 2,76 ед./с; v пшеничного солода – 2,28 ед./с; v ячменного солода – 1,89 ед./с; v ржаного солода – 1,94 ед./с; v горохового солода – 0,74 ед./с; v соевого солода – 0,51 ед./с;

Исследования амилолитической активности тритикалевого солода на пшеничной муке показали, что сахарообразующая способность муки увеличивается при добавлении сухого тритикалевого солода. При проведении реакции с использованием не дистиллированной, а водопроводной воды активность амилаз еще больше возрастает, что не является неожиданным в соответствии с проведенными экспериментами.

В качестве критерия хлебопекарного достоинства пшеничной муки мы выбрали качество ее клейковины, определяемое по расплываемости шарика из 10 г. клейковины после часовой отлежки (таблица 1) и изменению цвета (таблица 2).

Добавление солодовых препаратов в количестве 3,0% вызывает небольшое потемнение муки, что в единицах шкалы прибора указывает на светло – желтый цвет. Полученные данные по цвету пшеничной муки с добавками ферментных препаратов из зерновых и бобовых культур свидетельствуют в пользу концентрации в 1,0–3,0%.

Объем клейковины после часовой отлежки указывает на активность протеолитических ферментов. Наибольшей протеолитической активностью обладают солоды высокобелковых бобовых семян: сои и гороха. Наименьшей – из злаковых культур: тритикале, пшеницы и ржи. Ячмень занимает в этом ряду срединную позицию, обладая в близкой степени как протеолитической, так и глюколитической активностью.

Эти данные подтверждены и исследованиями структурно-механических свойств теста. Получено, что при концентрации солода гороха и сои 3% упругая деформация резко снижается, что подтверждает протеолитическую деструкцию клейковины. При этом протеолитическая деструкция солодом злаковых культур, и в особенности, тритикале – не проявляется в достаточной степени, что указывает на их низкую протеолитическую активность при всех исследованных концентрациях.

Таблица 1.

Зависимость расплываемости отмытого из пшеничной муки шарика клейковины от концентрации солодовых препаратов из зерновых и бобовых культур

Table 1.

The dependence of the spreadability of the gluten ball washed from wheat flour on the concentration of malt preparations from cereals and legumes

Концентрация добавки, % Additive Concentration, %	Диаметр шарика, мм | Ball diameter, mm					
	Солод тритикалевый Triticale malt	Солод пшеничный Wheat malt	Солод ржаной Rye malt	Солод ячменный Barley malt	Солод гороховый Pea malt	Солод соевый Soy malt
0	42	42	42	42	42	42
0,25	46	44	43	42	42	42
0,5	48	45	45	43	43	43
0,75	49	46	48	46	46	46
1,0	82	98	78	69	49	49
2,0	101	100	82	80	58	53
3,0	102	101	98	88	68	60

Таблица 2.

Показатели белизны пшеничной муки с добавками ферментных препаратов из зерновых и бобовых культур (в условных единицах шкалы прибора РЗ-БПЛ)

Table 2.

Indicators of whiteness of wheat flour with additives of enzyme preparations from cereals and legumes (in conventional units of the scale of the device RZ-BPL)

Концентрация добавки, % Additive Concentration, %	Показания измерения при светофильтре ОС-14 | Measurement readings with filter OS 14					
	Солод тритикалевый Triticale malt	Солод пшеничный Wheat malt	Солод ржаной Rye malt	Солод ячменный Barley malt	Солод гороховый Pea malt	Солод соевый Soy malt
0	26	26	26	26	26	26
0,25	27	25	25	26	23	23
0,5	25	27	27	26	25	23
0,75	24	29	29	27	27	25
1,0	32	31	30	30	31	27
2,0	51	53	52	52	52	51
3,0	54	54	51	52	52	52

Наибольшее значение происходящих во время замеса теста процессов: физико-механических, коллоидных и биохимических можно объяснить набуханием водонерастворимых белков, которые образуют в тесте трехмерную губчато-сетчатую структуру. Это и определяет растяжимость и эластичность теста. Крахмальные зерна муки адсорбционно связывают большое количество воды. Значительное количество воды поглощается также пентозанами ржаной муки. Перечисленные процессы обуславливают повышение вязкости, липкости, снижения упругих деформаций и возрастания пластических деформаций. Механическое воздействие на тесто во время его замеса и разделки интенсифицирует протекание процессов.

Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что пищевые ингредиенты на основе зерновых и бобовых солодов оказывают некоторое влияние на общую, пластичную и упругую деформацию теста из пшеничной муки высшего сорта. При этом сдвиг значений по отношению к контролю составляет не более 10%. Наиболее выражено влияние пищевых ингредиентов в составе пшеничного теста с ячменным солодом при концентрации 3%.

Таким образом, полученные результаты позволяют рекомендовать применение пищевых ингредиентов на основе солодов в технологии производства обогащенных хлебобулочных изделий с ухудшенными потребительскими свойствами готовых изделий.

Литература

- 1 Аникеева Н.В. Хлеб «Нуговый» с лечебно-профилактическими свойствами // Хлебопечение России. 2003. № 1. С. 36–37.
- 2 Калинина И.В., Фаткуллин Р.И., Иванова Д., Киселова-Канева Й. Исследование влияния пищевых ингредиентов на основе дигидрокверцетина на реологические свойства теста для хлебобулочных изделий // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2019. Т. 7. № 1. С. 21–30.

- 3 Богатырева Т.Г., Пучкова Л.И., Жамукова Ж.М. Влияние флавоноидов экстракта зеленого чая на качество теста // Пищевая промышленность. 2006. № 1. С. 17–18.
- 4 Болтенко Ю.А. Определение реологических свойств мякиша хлебобулочных изделий // Хлебопродукты. 2008. № 12. С. 58–59.
- 5 Bearth A., Cousin M.E., Siegrist M. The consumer's perception of artificial food additives: Influences on acceptance, risk and benefit perceptions // Food quality and preference. 2014. V. 38. P. 14-23. doi: 10.1016/j.foodqual.2014.05.008
- 6 Wu L., Zhong Y., Shan L., Qin W. Public risk perception of food additives and food scares. The case in Suzhou, China // Appetite. 2013. V. 70. P. 90-98. doi: 10.1016/j.appet.2013.06.091
- 7 Fu Z., Chen J., Luo S.J., Liu C.M. et al. Effect of food additives on starch retrogradation: A review // Starch-Stärke. 2015. V. 67. №. 1-2. P. 69-78.
- 8 Carocho M., Morales P., Ferreira I.C.F.R. Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come // Food and Chemical Toxicology. 2017. V. 107. P. 302-317.
- 9 Maqsood S., Benjakul S., Shahidi F. Emerging role of phenolic compounds as natural food additives in fish and fish products // Critical reviews in food science and nutrition. 2013. V. 53. №. 2. P. 162-179. doi: 10.1080/10408398.2010.518775
- 10 Корулькин Д.Ю., Абилов Ж.А., Муzychкина Р.А., Толстикова Г.А. Природные флавоноиды. Новосибирск: Тео, 2007. 232 с.
- 11 Надеева А.А., Мясникова Е.Н. Влияние пищевых добавок разного принципа действия, улучшающих структуру теста и качество хлебобулочных изделий // Инновационные подходы в современной науке. 2019. С. 53-60.
- 12 Шокаблинова А.М., Тарабаев Б.К. Влияние пищевых добавок на реологические свойства теста // Международный студенческий научный вестник. 2016. №. 3-1. С. 154-155. URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016025006>
- 13 Васюкова А.Т., Мошкин А.В. Способы активации дрожжей при производстве опарного теста // Качество и экологическая безопасность пищевых продуктов и производств. 2016. С. 63–67.
- 14 Vasyukova A.T., Alekseev A.E., Moshkin A.V., Bondarenko Yu.V. et al. Relationship of strength of emulsions with content of oil in aqueous solutions of corn flour and dry milk // International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. V. 12. № 4. P. 1797–1804.
- 15 Алексеев А.Е., Мошкин А.В., Васюкова А.Т., Славянский А.А. Использование натуральных растительных БАД в мучных кулинарных изделиях // Science and education in the modern world: challenges of the XXI century. 2019. С. 289–293.
- 16 Vasyukova A.T., Ganina V.I., Egorova S.A., Moshkin A.V. et al. The dietary supplement: composition, control and functional properties // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2020. V. 12. P. 903–906. doi: 10.5373/JARDCS/V12SP4/20201560
- 17 Vasyukova A.T., Kononenko M.M., Alekseev A.E., Moshkin A.V. et al. Influence of malt on the intensity of the enzymatic processes // Journal of Critical Reviews. 2020. V. 7. № 7. P.479–482. doi: 10.31838/jcr.07.07.83
- 18 Ploypetchara T., Suwannaporn P., Pechyen C., Gohtani S. Retrogradation of rice flour gel and dough: plasticization effects of some food additives // Cereal Chemistry. 2015. V. 92. №. 2. P. 198-203. doi: 10.1094/CCHEM-07-14-0165-R
- 19 Gioia L.C., Ganancio J.R., Steel C.J. Food additives and processing aids used in breadmaking // Food additives. Rijeka, Croatia: IntechOpen, 2017. P. 147-166.
- 20 Vasukova A.T., Adzhian E.A., Strocova A.S., Moshkin A.V. Influence of food additives for quality indicator of yeast dough // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. V. 677. №. 3. P. 032021.

References

- 1 Anikeeva N.V. Bread "Chickpea" with therapeutic and prophylactic properties. Bakery of Russia. 2003. no. 1. pp. 36–37. (in Russian).
- 2 Kalinina I.V., Fatkullin R.I., Ivanova D., Kiselova-Kaneva Y. Study of the effect of food ingredients based on dihydroquercetin on the rheological properties of dough for bakery products. Vestnik SUSU. Series "Food and Biotechnology". 2019. vol. 7. no. 1. pp. 21–30. (in Russian).
- 3 Bogatyreva T.G., Puchkova L.I., Zhamukova Zh.M. Influence of flavonoids of green tea extract on the quality of dough. Food industry. 2006. no. 1. pp. 17–18. (in Russian).
- 4 Boltenko Yu.A. Determination of the rheological properties of the crumb of bakery products. Khleboпродукты. 2008. no. 12. pp. 58–59. (in Russian).
- 5 Bearth A., Cousin M.E., Siegrist M. The consumer's perception of artificial food additives: Influences on acceptance, risk and benefit perceptions. Food quality and preference. 2014. vol. 38. pp. 14-23. doi: 10.1016/j.foodqual.2014.05.008
- 6 Wu L., Zhong Y., Shan L., Qin W. Public risk perception of food additives and food scares. The case in Suzhou, China. Appetite. 2013. vol. 70. pp. 90-98. doi: 10.1016/j.appet.2013.06.091
- 7 Fu Z., Chen J., Luo S.J., Liu C.M. et al. Effect of food additives on starch retrogradation: A review. Starch-Stärke. 2015. vol. 67. no. 1-2. pp. 69-78.
- 8 Carocho M., Morales P., Ferreira I.C.F.R. Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. Food and Chemical Toxicology. 2017. vol. 107. pp. 302-317.
- 9 Maqsood S., Benjakul S., Shahidi F. Emerging role of phenolic compounds as natural food additives in fish and fish products. Critical reviews in food science and nutrition. 2013. vol. 53. no. 2. pp. 162-179. doi: 10.1080/10408398.2010.518775
- 10 Korulkin D.Yu., Abilov Zh.A., Muzychkina R.A., Tolstikov G.A. natural flavonoids. Novosibirsk, Teo, 2007. 232 p. (in Russian).
- 11 Nadeeva A.A., Myasnikova E.N. Influence of food additives of different principles of action, improving the structure of the dough and the quality of bakery products. Innovative approaches in modern science. 2019. pp. 53-60. (in Russian).

12 Shokabalinova A.M., Tarabaev B.K. Influence of food additives on the rheological properties of dough. International Student Scientific Bulletin. 2016. no. 3-1. pp. 154-155. Available at: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016025006> (in Russian).

13 Vasyukova A.T., Moshkin A.V. Methods for activating yeast in the production of sponge dough. Quality and environmental safety of foodstuffs and production. 2016. pp. 63–67. (in Russian).

14 Vasyukova A.T., Alekseev A.E., Moshkin A.V., Bondarenko Yu.V. et al. Relationship of strength of emulsions with content of oil in aqueous solutions of corn flour and dry milk. International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. vol. 12. no. 4. pp. 1797–1804.

15 Alekseev A.E., Moshkin A.V., Vasyukova A.T., Slavyansky A.A. The use of natural plant dietary supplements in flour culinary products. Science and education in the modern world: challenges of the XXI century. 2019. pp. 289–293. (in Russian).

16 Vasyukova A.T., Ganina V.I., Egorova S.A., Moshkin A.V. et al. The dietary supplement: composition, control and functional properties. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2020. vol. 12. pp. 903–906. doi: 10.5373/JARDCS/V12SP4/20201560


17 Vasyukova A.T., Kononenko M.M., Alekseev A.E., Moshkin A.V. et al. Influence of malt on the intensity of the enzymatic processes. Journal of Critical Reviews. 2020. vol. 7. no. 7. pp. 479–482. doi: 10.31838/jcr.07.07.83


18 Ploypetchara T., Suwannaporn P., Pechyen C., Gohtani S. Retrogradation of rice flour gel and dough: plasticization effects of some food additives. Cereal Chemistry. 2015. vol. 92. no. 2. pp. 198-203. doi: 10.1094/CCHEM-07-14-0165-R


19 Gioia L.C., Ganancio J.R., Steel C.J. Food additives and processing aids used in breadmaking. Food additives. Rijeka, Croatia: IntechOpen, 2017. pp. 147-166.


20 Vasukova A.T., Adzhian E.A., Strocova A.S., Moshkin A.V. Influence of food additives for quality indicator of yeast dough. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. vol. 677. no. 3. pp. 032021.


Сведения об авторах

Анна Т. Васюкова д.т.н., профессор, кафедра индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, vasyukova-at@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>

Ирина У. Кусова к.т.н., доцент, кафедра индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамской шоссе д.11, г. Москва, 125080, Россия, kusovaiu@mgupp.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8022-7229>

Александр Е. Алексеев аспирант, кафедра цифровой нутрициологии, гостиничного и ресторанного сервиса, Московский государственный университет технологии и управления имени К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, д. 73, г. Москва, 109004, Россия, sas5791@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-4937-2430>

Александр В. Мошкин аспирант, кафедра цифровой нутрициологии, гостиничного и ресторанного сервиса, Московский государственный университет технологии и управления имени К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, д. 73, г. Москва, 109004, Россия, aldahaev@gmail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>

Танзиля Р. Любецкая к.т.н., доцент, кафедра индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе д. 11, г. Москва, 125080, Россия, ltanzilya @yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1078-9311>

Вклад авторов

Анна Т. Васюкова написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Ирина У. Кусова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Александр Е. Алексеев консультация в ходе исследования


Александр В. Мошкин предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания


Танзиля Р. Любецкая предложил методику проведения эксперимента


Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


Information about authors

Anna T. Vasyukova Dr. Sci. (Engin.), professor, food industry, hotel business and service department, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamsk Highway, Moscow, 125080, Russia, vasyukova-at@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>

Irina U. Kusova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, food industry, hotel business and service department, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamsk Highway, Moscow, 125080, Russia, kusovaiu@mgupp.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8022-7229>

Alexander E. Alekseev graduate student, engineer, digital nutrition, hotel and restaurant service department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, sas5791@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-4937-2430>

Alexander V. Moshkin graduate student, digital nutrition, hotel and restaurant service department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, aldahaev@gmail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>

Tanzilya R. Lyubetskaya Cand. Sci. (Engin.), associate professor, food industry, hotel business and service department, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamsk Highway, Moscow, 125080, Russia, ltanzilya @yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1078-9311>

Contribution

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

Irina U. Kusova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Alexander E. Alekseev consultation during the study

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

Tanzilya R. Lyubetskaya proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 12/01/2022	После редакции 07/02/2022	Принята в печать 02/03/2022
Received 12/01/2022	Accepted in revised 07/02/2022	Accepted 02/03/2022

Непредельные фталаты из отходов производства как основа для синтеза пластификатора-антипирена

Раиса Н. Плотникова¹ raya.plotnikova.57@mail.ru  0000-0001-9559-4443

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

Аннотация. Оценена возможность использования непредельных фталатов, полученных этерификацией фталевого ангидрида кубовыми остатками ректификации бутиловых спиртов, в качестве основы для синтеза бромсодержащего пластификатора-антипирена. Отмечена нестабильность содержания непредельных эфиров фталевой кислоты в исследуемом объекте с наиболее вероятным интервалом колебаний по йодному числу, в пределах от 24,4 до 44,4. Установлена прямая зависимость указанных пределов варьирования от содержания в кубовом остатке ректификации бутанола 2-этилгексен-3-ол-1 в количестве 9,0-17,5 % и 2-этилгексен-2-ол в количестве 35-43 %. Найдено соотношение непредельных эфиров 2-этилгексил-2-этилгексен-3-фталата и 2-этилгексил-2-этилгексен-2-фталата в непредельном пластификаторе - 1:2÷5. Показано, что при дефиците в производстве бромированного пластификатора с низким содержанием брома его необходимое количество можно получить разбавлением бромированного пластификатора с высоким содержанием брома. В качестве разбавителей предложены диоктилфталат и исследуемый непредельный пластификатор. Отмечено, что при неполном бромировании непредельной основы ненасыщенные эфиры не оказывают отрицательного влияния на качество композиций, делают бромсодержащую систему более реакционноспособной, что приводит к дополнительной сшивке молекул полимеров и повышению прочности композиции. Показано, что модификация непредельного пластификатора бромированием позволит получить тройной эффект ингибирования процесса горения за счет элиминирования бромистого водорода из бромированных эфиров, увеличения продолжительности его элиминирования и способности непредельных эфиров реагировать с активными радикалами, выделяющимися при термораспаде и горении полимерных композиций.

Ключевые слова: отходы производства, пластификаторы, модификация, антипирен

Disadvantageous phthalates from production waste as the basis for the synthesis of plasticizer-antipyrin

Raisa N. Plotnikova¹ raya.plotnikova.57@mail.ru  0000-0001-9559-4443

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

Abstract. The possibility of using unsaturated phthalates obtained by the esterification of phthalic anhydride with distillation residues of butyl alcohols as a basis for the synthesis of a bromine-containing plasticizer-fire retardant was evaluated. prene, polyvinyl chloride, and polyvinyl acetate. Instability of the content of unsaturated esters of phthalic acid in the test object was noted with the most probable range of fluctuations in iodine number, ranging from 24.4 to 44.4. A direct dependence of the indicated variation limits on the content of 2-ethylhexene-3-ol-1 in the distillation residue of butanol in the amount of 9.0-17.5% and 2-ethylhexene-2-ol in the amount of 35-43% was established. The ratio of unsaturated esters of 2-ethylhexyl-2-ethylhexene-3-phthalate and 2-ethylhexyl-2-ethylhexene-2-phthalate in an unsaturated plasticizer is 1: 2 ÷ 5. It has been shown that with a shortage in production of a brominated plasticizer with a low bromine content, its required amount can be obtained by diluting a brominated plasticizer with a high bromine content. Dioctyl phthalate and the investigated unsaturated plasticizer were proposed as diluents. It is noted that with incomplete bromination of an unsaturated base, unsaturated esters do not adversely affect the quality of the compositions, make the bromine-containing system more reactive, which leads to additional crosslinking of polymer molecules and an increase in the strength of the composition. It is shown that the modification of an unsaturated plasticizer by bromination will make it possible to obtain a triple effect of inhibition of the combustion process due to the elimination of hydrogen bromide from brominated ethers, an increase in the duration of its elimination and the ability of unsaturated ethers to react with active radicals released during thermal decomposition and combustion of polymer compositions.

Keywords: waste production, plasticizers, modification, flame retardant

Введение

Расширяющиеся потребности народного хозяйства требуют поиска новых сырьевых ресурсов из возобновляемого сырья [1] и отходов производства для развития химической и нефтехимической промышленности.

Для цитирования

Плотникова Р.Н. Непредельные фталаты из отходов производства как основа для синтеза пластификатора-антипирена // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 202–207. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-202-207

Многотоннажное производство бутиловых спиртов сопряжено с образованием и накоплением больших объемов кубовых остатков на стадии их ректификации. Только на ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» они составляют 15–30 тыс. т/год и реализуются в качестве аналога печного

For citation

Plotnikova R.N. Disadvantageous phthalates from production waste as the basis for the synthesis of plasticizer-antipyrin. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 202–207. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-202-207

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

топлива как «кубовый остаток производства бутилового спирта». В настоящее время по аналогии с технологией производства пластификатора диоктилфталата (ДОФ) разработана технология производства непредельного пластификатора (НП) путем этерификации фталевого ангидрида кубовым остатком ректификации бутиловых спиртов [2]. Характеристики получаемого продукта в соответствии с техническими условиями [3] на пластификатор приведены в таблица 1.

Таблица 1.

Показатели непредельного пластификатора в соответствии с техническими условиями

Table 1.

Indicators of a non-precious plasticizer in accordance with the specifications

Показатель | Indicator	Значение Value
Цветность по йодометрической шкале, мг йода, не менее | Chromaticity of iodometric scale, iodine mg, not less	130
Плотность при 293 К, кг/м ³ | Density at 293 K, kg / m ³	985–1010
Кислотное число, мг КОН/г | Acid number, mg KOH / g	0,3
Число омыления, мг КОН/г | Number of wakeoff, mg KOH / g	280–320
Температура вспышки, К, не менее | Flash temperature, to, not less	453

Полученный продукт представляет собой сложную физико-химическую систему, в состав которой входят преимущественно изомеры предельных и непредельных 2-этилгексильных эфиров о-фталевой кислоты.

Наличие в исследуемом объекте, полученном из отходов производства, непредельных углерод-углеродных связей в алифатическом радикале предоставляет широкий спектр возможностей по его модификации с целью придания желаемых технических характеристик [4–5]. Так введение атомов брома по месту двойных углерод-углеродных связей [6] позволит придать новому продукту свойства замедлителя горения или пластификатора-антипирена [7–10].

Для оценки качества данной физико-химической системы как основы для синтеза новых соединений, нужны четкие данные о ее количественном и качественном составе, колебаниях состава, наблюдающихся в производстве основного продукта [11]. Первостепенное значение при проведении процесса модификации базового продукта имеет в данной физико-химической системе содержание непредельных эфиров о-фталевой кислоты. Однако в перечне показателей, определенных ТУ, эти характеристики не указаны.

Методы

Пределы колебаний содержания непредельных эфиров о-фталевой кислоты оценены по результатам анализа проб, полученных в течение года с установки по производству непредельного пластификатора. Анализ непредельного пластификатора на двойные углерод-углеродные связи проводили по йодному числу. Состав ежемесячных проб детально проанализирован на хроматографе ЛХМ-72 с использованием пламенно-ионизационного детектора и следующими рабочими характеристиками: стальная колонка длиной 2,5 м, внутренним диаметром 1 мм с насадкой хроматон-N, пропитанный OV-1 в количестве 3% от массы носителя; температура колонки 513–533 К, испарителя – 593 К; величина вводимой пробы 0,2 мкл; скорость движения диаграммной ленты 10 мм/мин.

Результаты и обсуждение

По результатам ежемесячных анализов проб, приведенных в табл. 2, проведена оценка математического ожидания и доверительного интервала. Последний определен при уровне значимости $p = 0,05$ с использованием критерия Стьюдента.

Таблица 2.

Систематические показатели непредельного пластификатора

Table 2.

Systematic Indicators of Unforeseen Plasticizer

Проба Sample	Йодное число, г I ₂ /100 г. Iodine number, g I ₂ /100 g	Математическое ожидание Mathematical expectation	Доверительный интервал Trust interval
1	9,6	34,4	24,4 ≤ x ≤ 44,4
2	40,2		
3	30,7		
4	32,4		
5	45,5		
6	10,8		
7	40,1		
8	25,2		
9	18,9		
10	59,7		
11	65,2		

Проведенная оценка позволяет определить наиболее вероятные пределы колебаний содержания непредельных эфиров в исследуемой физико-химической системе.

Наличие в системе непредельных связей указывает на возможность получения на ее основе бромсодержащих соединений, в данном случае бромированных в боковую цепь фталатов.

При соблюдении соответствующих условий [12], возможно введение брома в ядро, однако подобная задача нами не ставилась, поскольку бромированные в ядро соединения в большинстве своем являются токсичными.

Хроматограмма исследуемого объекта приведена на рисунке 1.

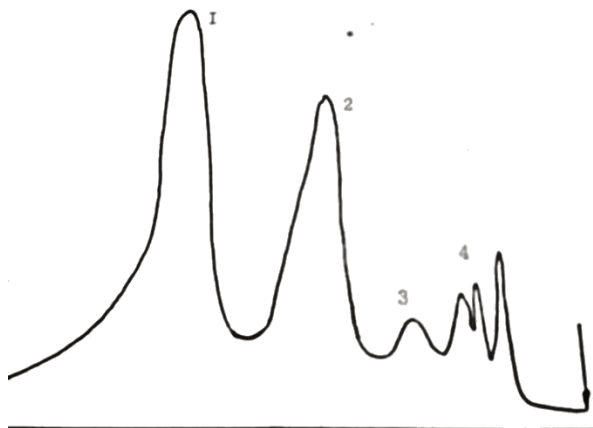


Рисунок 1. Хроматограмма непредельного пластификатора: 1 – ди (2-этилгексил) фталат; 2 – 2-этилгексил-2-этилгексенфталаты; 3 – дибутилфталат; 4 – продукты конденсации моноэфиров, ацетали

Figure 1. Chromatogram of unsaturated plasticizer: 1-di(2-ethylhexyl) phthalate; 2-2-ethylhexyl-2-ethylhexene-phthalate; 3 – dibutyl phthalate; 4 – condensation products of monoesters, acetals

Пики 1 и 3 идентифицированы [13] с использованием стандартных ди-2-этилгексилфталата (ДОФ) и дибутилфталата (ДБФ). Группа пиков 4 отнесена к продуктам конденсации моноэфиров и ацеталей. Неидентифицированный пик 2, исходя из результатов анализа по функциональным группам, соответствует непредельным эфирам о-фталевой кислоты. Количественный анализ состава непредельного пластификатора проведен с помощью метода абсолютной калибровки [14] (таблица 3).

Таблица 3.
Состав непредельного пластификатора

Table 3.
Composition of the unsaturated plasticizer

Компонент Component	Содержание, % Content, %
Ди-2-этилгексил-фталат Di-2-ethylhexyl-phthalate	21,0–80,0
2-этилгексил-2-этилгексен-фталаты 2-Ethylhexyl-2-ethylhexene-phthalates	15,0–70,0
Дибутилфталат Dibutyl phthalate	2,0–4,0
Примеси Impurities	3,0–5,0

Результаты анализов свидетельствуют о широком интервале колебаний состава

непредельного пластификатора, как физико-химической основы для синтеза бромсодержащих соединений. В отдельном контрольном опыте содержание непредельных эфиров с одной непредельной ветвью достигает, согласно таблицы 3, 15–70%.

Поскольку хроматографический анализ состава кубового остатка ректификации бутиловых спиртов свидетельствует о наличии непредельных спиртов 2-этилгексен-3-ол-1 в количестве 9,0–17,5% и 2-этилгексен-2-ол в количестве 35–43%, то соотношение непредельных эфиров 2-этилгексил-2-этилгексен-3-фталата и 2-этилгексил-2-этилгексен-2-фталата в непредельном пластификаторе составляет 1 : 2 ÷ 5.

Все использованные в работе пробы непредельного пластификатора охарактеризованы в соответствии с ГОСТ 8728–88 Пластификаторы. Технические условия. Результаты сведены в таблице 4.

Таблица 4
Свойства непредельного пластификатора как основы для синтеза пластификатора-антипирена

Table 4
Properties of an unsaturated plasticizer as a basis for the synthesis of a plasticizer-flame retardant

Показатель Indicator	Значение Value
Плотность при 293 К, кг/м ³ Density at 293 K, kg/m ³	975–995
Цвет по йодометрической шкале Color on the iodometric scale	30–100
Показатель преломления при 283 К Refractive index at 283 K	1,485–1,490
Динамическая вязкость при 293 К, η·10 ³ Dynamic viscosity at 293 K, η·10 ³	70–85
Температура кипения, К Boiling water temperature, K	493–515 (0,66 kPa)
Температура застывания, К Frozen temperature, K	234–232
Температура воспламенения, К Inflammation temperature, K	473–503
Температура вспышки, К Flash temperature, K	443–463
Массовая доля летучих веществ при 373 К за 6 ч, % Mass fraction of volatile substances at 373 K in 6 hours, %	0,2–0,4
Кислотное число, мг КОН/г Acid number, mg KOH / g	0,2–0,3
Число омыления, мг КОН/г Number of washhydrations, mg KOH/g	280–290
Йодное число, г I ₂ /100 г. Iodine number, g I ₂ / 100 g	10–50
Удельное объемное сопротивление, ом×см Specific volume resistance, ohm×cm	3×10 ⁹

Согласно полученным данным при полном бромировании входящих в состав непределельного пластификатора арилолефинов могут быть получены новые бромсодержащие системы. Используя расчетные значения наиболее вероятных пределов колебаний содержания эфиров с непределельной ветвью, получим наиболее вероятные пределы содержания брома в бромированном пластификаторе: $9,79 \div 16,4\%$.

При дефиците в производстве бромированного пластификатора с низким содержанием брома его необходимое количество можно получить разбавлением бромированного пластификатора с высоким содержанием брома. В качестве разбавителя может служить широко применяемый в промышленности крупнотоннажный пластификатор ДОФ. Разбавление возможно производить и самим непределельным пластификатором, что не влияет на качество целевого продукта.

В то же время при неполном бромировании непределельной основы наличие ненасыщенных эфиров не оказывает отрицательного влияния на качество композиций, в состав которых может быть введен бромированный фталатный пластификатор. Напротив, с физико-химической точки зрения двойные углерод-углеродные связи делают бромсодержащую систему реакционноспособной, поскольку непределельные компоненты за счет раскрытия двойных углерод-углеродных связей дополнительно сшивают молекулы полимеров, повышая тем самым прочность композиции.

Кроме того использование подобной системы в качестве антипирена позволит получить тройной эффект ингибирования

процесса горения: во-первых, за счет элиминирования бромистого водорода из бромированных эфиров; во-вторых, эффективность подобных антипиренов повышается за счет продолжительности элиминирования, поскольку скорость элиминирования зависит от энергии разрыва связей третичного и вторичного атомов углерода с бромом и имеет различные значения [15]; в-третьих, двойные углерод-углеродные связи антипирена способны реагировать с активными радикалами, выделяющимися при термораспаде и горении полимерных композиций, тем самым ингибируя эти процессы [16–18].

Возможность получения бромированного пластификатора с широким диапазоном содержания брома – положительный факт, так как в промышленности находят применение как высокобрмированные, так и низкобрмированные соединения [19–20].

Заключение

Установлены наиболее вероятный интервал колебаний содержания непределельных эфиров в исследуемой физико-химической системе, в пределах от 24,4 до 44,4, г I₂/100 г.

Определено соотношение непределельных эфиров 2-этилгексил-2-этилгексен-3-фталата и 2-этилгексил-2-этилгексен-2-фталата в непределельном пластификаторе – 1 : 2 ÷ 5.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности использования непределельного пластификатора, полученного на основе отходов производства бутиловых спиртов, в качестве физико-химической базы для получения бромсодержащего пластификатора-антипирена с наиболее вероятными пределами содержания брома в бромированном пластификаторе: $9,79 \div 16,4\%$.

Литература

- 1 Леванова С.В., Красных Е.Л., Моисеева С.В., Сафронов С.П. и др. Научные и технологические особенности синтеза новых сложнэфирных пластификаторов на основе возобновляемого сырья // Известия высших учебных заведений. 2021. Т. 64. № 6. С. 69–75. doi: 10.6060/ivkkt.20216406.6369
- 2 Tsai Y.T., Lin M.-m., Lee M.-J. Kinetics of heterogeneous esterification of glutaric acid with methanol over Amberlyst 35 // J. Taiwan Inst. Chem. Eng. 2011. V. 42. № 2. P. 271–277. doi: 10.1016/j.jtice.2010.07.010
- 3 ТУ 38.102171–85. Пластификатор ДЭГФ.
- 4 Искендерова С.А., Садиева Н.Ф., Эфендиева Л.М., Асадова Ш.Н. и др. Новые пластификаторы для эфиров целлюлозы // Пластические массы. 2020. № 1–2. С. 15–16.
- 5 Shelke M.E. Synthesis and evaluation of newly 1-substituted-(2H)-2-thio-4-(3-substitutedthiocarbamido-1-yl)-6-(2-imino-4-thio-5-substitutedbiureto-1-yl) 1, 2-dihydro-S-triazines as potent antimicrobial agents // GSC Biological and Pharmaceutical Sciences. 2020. V. 13. № 3. P. 109-112. doi: 10.30574/gscbps.2020.13.3.0245
- 6 Плотникова Р.Н., Корчагин В.И., Попова Л.В. Бромирование фталатсодержащих систем, полученных из отходов производства // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2021. V. 64. №. 11. P. 112-116. doi: 10.6060/ivkkt.20216411.6429
- 7 Miyake Y. et al. Simultaneous determination of brominated and phosphate flame retardants in flame-retarded polyester curtains by a novel extraction method // Science of the Total Environment. 2017. № 601–602. P. 1333–1339.
- 8 Ахраров Б.Б., Мухамедгалиев Б.А. Исследование огнезащитных характеристик синтезированных фосфорсодержащих полимерных антипиренов // Пластические массы. 2016. № 11–12. С. 37–38. doi: 10.35164/0554–2901–2016–11–12–37–38
- 9 Алимова А.У., Дудеров Г.Н., Орлова А.М. Снижение горючести целлюлозосодержащих материалов // Вестник МГСУ. 2011. №. 1-2. С. 326-330.

10 Plotnikova R.N. Исследование свойств бромированной фталатсодержащей системы и определение областей ее применения // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83. № 1. С. 290–296. doi: 10.20914/2310-1202-2021-1-290-296

11 Teptereva G.A. и др. Возобновляемые природные сырьевые ресурсы, строение, свойства, перспективы применения // Известия высших учебных заведений. 2021. Т. 64. №. 9. С. 4-121. doi: 10.6060/ivkkt.20216409.6465

12 Ruasse M.F., Zhang B.L. The nucleophilic contribution of the solvent in olefin bromination. I. Steric inhibition to nucleophilic solvation in alkene bromination via brominium ions // The Journal of Organic Chemistry. 1984. V. 49. №. 17. P. 3207-3210.

13 He W., Song P., Yu B., Fang Z. et al. Flame retardant polymeric nanocomposites through the combination of nanomaterials and conventional flame retardants // Progress in Materials Science. 2020. V. 114. P. 100687. doi: 10.1016/j.pmatsci.2020.100687

14 Sushkova S.V., Levanova S.V., Glazko I.L. Identification and quantitative determination of citric acid esters // ChemChemTech. 2019. V. 62. № 10. P. 110–117. doi: 10.6060/ivkkt.20196210.6036

15 Lee B., Yoo J., Kang K. Predicting the chemical reactivity of organic materials using a machine-learning approach // Chemical science. 2020. V. 11. №. 30. P. 7813-7822. doi: 10.1039/d0sc01328e

16 Ахраров Б.Б., Мухамедгалиев Б.А. Разработка огнезащитных составов на основе отходов химической промышленности // Пластические массы. 2016. №. 7-8. С. 25-27

17 Ушков В.А., Лалаян В.М., Невзоров Д.И., Ломакин С.М. О влиянии фталатных и фосфатных пластификаторов на воспламеняемость и дымообразующую способность полимерных композиционных материалов // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. №. 10. С. 25-33.

18 Paul D.R., Vaknell K.B. Polymer mixtures. Volume I: Systematics. SPb.: Scientific foundations and technologies. 2009. 618 p.

19 Swoboda B., Buonomo S., Leroy E., Lopez Cuesta J.M. Reaction to fire of recycled poly(ethyleneterephthalate)/polycarbonate blends // Polymer Degradation and Stability. 2007. V. 92. № 12. P. 2247–2256. doi: 10.1016/j.polyimdegradstab.2007.01.038

20 Hong I. – K., Lee S. Properties of ultrasound-assisted blends of poly(ethylene terephthalate) with polycarbonate // J. Ind. Eng. Chem. 2013. V. 19. № 1. P. 87–93. doi: 10.1016/j.jiec.2012.07.006

References

1 Levanova S.V., Krasnykh E.L., Moiseeva S.V., Safronov S.P. and others. Scientific and technological features of the synthesis of new ester plasticizers based on renewable raw materials. Izvestia of higher educational institutions. 2021. vol. 64. no. 6. pp. 69–75. doi:10.6060/ivkkt.20216406.6369 (in Russian).

2 Tsai Y.T., Lin M.-m., Lee M.-J. Kinetics of heterogeneous esterification of glutaric acid with methanol over Amberlyst 35. J. Taiwan Inst. Chem. Eng. 2011. vol. 42. no. 2. pp. 271–277. doi: 10.1016/j.jtice.2010.07.010

3 TU 38.102171–85. DEHP plasticizer. (in Russian).

4 Iskenderova S.A., Sadieva N.F., Efendieva L.M., Asadova Sh.N. et al. New plasticizers for cellulose ethers. Plastic masses. 2020. no. 1–2. pp. 15–16. (in Russian).

5 Shelke M.E. Synthesis and evaluation of newly 1-substituted-(2H)-2-thio-4-(3-substitutedthiocarbamido-1-yl)-6-(2-imino-4-thio-5-substitutedbiureto-1-yl) 1, 2-dihydro-S-triazines as potent antimicrobial agents. GSC Biological and Pharmaceutical Sciences. 2020. vol. 13. no. 3. pp. 109-112. doi: 10.30574/gscbps.2020.13.3.0245

6 Plotnikova R.N., Korchagin V.I., Popova L.V. Bromination of phthalate-containing systems obtained from production waste. Izvestia of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology. 2021. vol. 64. no. 11. pp. 112-116. doi: 10.6060/ivkkt.20216411.6429 (in Russian).

7 Miyake Y. et al. Simultaneous determination of brominated and phosphate flame retardants in flame-retarded polyester curtains by a novel extraction method. Science of the Total Environment. 2017. no. 601–602. pp. 1333–1339.

8 Akhrrarov B.B., Mukhamedgaliev B.A. Investigation of the flame retardant characteristics of synthesized phosphorus-containing polymer flame retardants. Plastic masses. 2016. no. 11–12. pp. 37–38. doi: 10.35164/0554-2901-2016-11-12-37-38 (in Russian).

9 Alimova A.U., Duderov G.N., Orlova A.M. Reducing the combustibility of cellulose-containing materials. Vestnik MGSU. 2011. no. 1-2. pp. 326-330. (in Russian).

10 Plotnikova R.N. Investigation of the properties of a brominated phthalate-containing system and the determination of its applications. Proceedings of VSUET. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 290–296. doi: 10.20914/2310-1202-2021-1-290-296 (in Russian).

11 Teptereva G.A. et al. Renewable natural raw materials, structure, properties, prospects for application. Izvestia of higher educational institutions. 2021. vol. 64. no. 9. pp. 4-121. doi: 10.6060/ivkkt.20216409.6465 (in Russian).

12 Ruasse M.F., Zhang B.L. The nucleophilic contribution of the solvent in olefin bromination. I. Steric inhibition to nucleophilic solvation in alkene bromination via brominium ions. The Journal of Organic Chemistry. 1984. vol. 49. no. 17. pp. 3207-3210.

13 He W., Song P., Yu B., Fang Z. et al. Flame retardant polymeric nanocomposites through the combination of nanomaterials and conventional flame retardants. Progress in Materials Science. 2020. vol. 114. pp. 100687. doi: 10.1016/j.pmatsci.2020.100687

14 Sushkova S.V., Levanova S.V., Glazko I.L. Identification and quantitative determination of citric acid esters. ChemChemTech. 2019. vol. 62. no. 10. pp. 110–117. doi: 10.6060/ivkkt.20196210.6036

15 Lee B., Yoo J., Kang K. Predicting the chemical reactivity of organic materials using a machine-learning approach. Chemical science. 2020. vol. 11. no. 30. pp. 7813-7822. doi: 10.1039/d0sc01328e

16 Akhbarov B.B., Mukhamedgaliev B.A. Development of flame retardant compositions based on waste products of the chemical industry. Plastic masses. 2016. no. 7-8. pp. 25-27. (in Russian).


17 Ushkov V.A., Lalayan V.M., Nevzorov D.I., Lomakin S.M. On the effect of phthalate and phosphate plasticizers on the flammability and smoke-forming ability of polymer composite materials. Pozharovzryvobezopasnost. 2013. vol. 22. no. 10. pp. 25-33. (in Russian).

18 Paul D.R., Baknell K.B. Polymer mixtures. Volume I: Systematics. SPb., Scientific foundations and technologies. 2009. 618 p.

19 Swoboda B., Buonomo S., Leroy E., Lopez Cuesta J.M. Reaction to fire of recycled poly(ethyleneterephthalate)/polycarbonate blends. Polymer Degradation and Stability. 2007. vol. 92. no. 12. pp. 2247–2256. doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2007.01.038

20 Hong I. – K., Lee S. Properties of ultrasound-assisted blends of poly(ethylene terephthalate) with polycarbonate. J. Ind. Eng. Chem. 2013. vol. 19. no. 1. pp. 87–93. doi: 10.1016/j.jiec.2012.07.006

Сведения об авторах

Раиса Н. Плотникова к.х.н., доцент, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, raya.plotnikova.57@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9559-4443>


Вклад авторов

Раиса Н. Плотникова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Raisa N. Plotnikova Cand. Sci. (Chem.), associate professor, industrial ecology, equipment for chemical and petrochemical plants department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, raya.plotnikova.57@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9559-4443>

Contribution

Raisa N. Plotnikova 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 10/01/2022	После редакции 01/02/2022	Принята в печать 17/02/2022
Received 10/01/2022	Accepted in revised 01/02/2022	Accepted 17/02/2022

Технология получения нанесенного катализатора на основе алюмосиликатной матрицы, модифицированной оксидом европия

Ирина В. Кузнецова	¹	kuznetsovaiv@mail.ru	0000-0001-6666-6292
Денис С. Сугатов	¹	den.sugatov2000@gmail.com	
Валентина И. Грызлова	¹	valya.gr.11@gmail.com	

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

Аннотация. Количество используемых во всем мире автомобилей постоянно растёт. В связи с этим, проблема борьбы с загрязнителями атмосферы – выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания приобретает особую актуальность. За прошедшее время автопроизводители внесли много улучшений в конструкцию автомобильного двигателя и топливных систем, чтобы соответствовать требованиям допустимого уровня загрязнения. Одним из лучших решений данной проблемы является использование, так называемого каталитического преобразователя (конвертера) или просто катализатора с высоким содержанием благородных металлов, основная функция которых – это одновременное окисление несгоревших углеводородов и CO, а также восстановление оксидов азота. Было обнаружено, что добавление редкоземельных металлов к Pd, Pt – катализаторам улучшает их свойства и снижает долю благородных металлов в составе катализаторов. В работе представлены результаты исследования комплексообразования в системе Eu^{3+} -лиганд, где лиганд-органическая кислота, фотоколориметрическим и потенциометрическим методами. В системе Eu^{3+} -галловая кислота образуется устойчивый комплекс состава $\text{MeLn}_x - 1:2$. В системе Eu^{3+} -щавелевая кислота образуется устойчивый комплекс состава $\text{MeLn}_x - 1:1$. В системе Eu^{3+} -валин образуется устойчивый комплекс состава $\text{MeLn}_x - 1:2$. Показана новая методика получения комплексных соединений, заключающаяся в добавлении в раствор, содержащий растворы соли Eu^{3+} и органической кислоты, в водно-спиртовой среде, пероксида водорода H_2O_2 для блокировки восстановления $\text{Eu}^{3+} \rightarrow \text{Eu}^{2+}$. Разработана технология получения автомобильного катализатора, состоящая из последовательных этапов: получение комплексных соединений, нанесение полученных комплексных соединений на керамические блочные матрицы, сушка, нанесение платиновой (палладиевой) кислоты, прокаливание. Наличие иона Eu^{3+} в керамической матрице доказано методом элементного анализа. Технология может быть применена для решения проблемы загрязнения окружающей среды такими загрязнителями, как выхлопные газы автомобилей, содержащих в своем составе множество вредных веществ.

Ключевые слова: автомобильный катализатор, соединения европия, органические кислоты, элементный анализ, ИК-спектроскопия, фотоколориметрический метод, потенциометрический метод

Technology for obtaining a deposited catalyst based on an aluminosilicate matrix modified with europium oxide

Irina V. Kuznetsova	¹	kuznetsovaiv@mail.ru	0000-0001-6666-6292
Denis S. Sugatov	¹	den.sugatov2000@gmail.com	
Valentina I. Gryzlova	¹	valya.gr.11@gmail.com	

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

Abstract. The number of cars used worldwide is constantly growing. In this regard, the problem of combating atmospheric pollutants - exhaust gases of internal combustion engines is of particular relevance. Over the years, automakers have made many improvements to car engine design and fuel systems to meet pollution limits. One of the best solutions to this problem is the use of a so-called catalytic converter (converter) or simply a catalyst with a high content of noble metals, the main function of which is the simultaneous oxidation of unburned hydrocarbons and CO, as well as the reduction of nitrogen oxides. It was found that the addition of rare earth metals to Pd, Pt catalysts improves their properties and reduces the proportion of noble metals in the composition of catalysts. The paper presents the results of a study of complexation in the Eu^{3+} -ligand system, where the ligand is an organic acid, by photocolorimetric and potentiometric methods. In the Eu^{3+} -gallic acid system, a stable complex of the composition $\text{MeLn}_x - 1:2$ is formed. In the Eu^{3+} -oxalic acid system, a stable complex of the composition $\text{MeLn}_x - 1:1$ is formed. In the Eu^{3+} -valine system, a stable complex of the composition $\text{MeLn}_x - 1:2$ is formed. A new technique for obtaining complex compounds is shown, consisting in adding hydrogen peroxide H_2O_2 to a solution containing solutions of Eu^{3+} salt and organic acid in an aqueous-alcoholic medium to block the reduction of $\text{Eu}^{3+} \rightarrow \text{Eu}^{2+}$. A technology for obtaining a automotive catalyst has been developed, consisting of successive stages: obtaining complex compounds, applying the obtained complex compounds to ceramic block matrices, drying, applying platinum (palladium) acid, calcination. The presence of the Eu^{3+} ion in the ceramic matrix is proved by the method of elemental analysis. The technology can be applied to solve the problem of environmental pollution, such pollutants as exhaust gases of cars containing a lot of harmful substances in their composition.

Keywords: automotive catalyst, europium compounds, organic acids, elemental analysis, IR spectroscopy, photocolorimetric method, potentiometric method

Для цитирования

Кузнецова И.В., Сугатов Д.С., Грызлова В.И. Технология получения нанесенного катализатора на основе алюмосиликатной матрицы, модифицированной оксидом европия // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 208–213. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-208-213

For citation

Kuznetsova I.V., Sugatov D.S., Gryzlova V.I. Technology for obtaining a deposited catalyst based on an aluminosilicate matrix modified with europium oxide. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 208–213. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-208-213

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

Введение

Сегодня количество используемых во всем мире автомобилей постоянно растёт. В связи с этим, проблема борьбы с загрязнителями атмосферы – выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания приобретает особую актуальность. Это приводит к ужесточению систем нормирования автомобильных выхлопов во всем мире [1]. За прошедшее время автопроизводители внесли много улучшений в конструкцию автомобильного двигателя и топливных систем, чтобы соответствовать требованиям допустимого уровня загрязнения. Одним из лучших решений данной проблемы является использование, так называемого каталитического преобразователя (конвертера) или просто катализатора с высоким содержанием благородных металлов, основная функция которых – это одновременное окисление несгоревших углеводородов и CO, а также восстановление оксидов азота [2]. Однако чтобы соответствовать жестким экологическим требованиям, производители вынуждены увеличивать содержание благородных металлов в составе каталитических композиций, что приводит к удорожанию каталитического конвертера [3]. Было обнаружено, что добавление редкоземельных металлов к Pd, Pt – катализаторам улучшает их свойства и снижает долю благородных металлов в составе катализаторов [4–6]. Авторы работы [7] исследовали системы SnO₂–CeO₂, полученные путем осаждения в водно-изопропанольной среде с последующей термической обработкой для окисления CO. Церий обладает переменной степенью окисления +3, +4 и может отдавать лишний кислород или его задерживать в реакциях окисления выхлопных газов. Авторы [8, 9] исследовали каталитические свойства: удельную поверхность, общий объем пор и энергию активации нового катализатора, содержащего церий в сравнении с традиционным катализатором. Данные говорят о том, что новый катализатор по всем свойствам лучше традиционного. Авторы [10] определяли активность палладиевых катализаторов на керамических носителях с добавками оксидов редкоземельных элементов (ОРЗЭ). В работе [11] описан метод приготовления катализатора, основанный на пропитке матрицы растворами комплексных соединений металлов. Этот метод позволяет получить более равномерное распределение частиц металла по объему катализатора. Промотирование алюмооксидного катализатора ОРЗЭ приводит

к увеличению его каталитической активности. Россия обладает крупнейшей ресурсной базой редкоземельных элементов. По последним данным общие запасы редкоземельных металлов в России составляют 12 млн тонн, то есть 10 процентов от общемировых. В современных реалиях инфраструктурная составляющая является ключевым фактором экономической эффективности освоения месторождений полезных ископаемых. Этот факт диктует необходимость более полного освоения месторождений, обладающих благоприятным географическим положением. Среди наиболее перспективных из них выделяется Ловозерский щелочной массив [12]. Еще планируется освоение крупнейшего в России Якутского Томторского месторождения редкоземельных металлов и Зашихинского месторождения в Забайкалье. На Томторе руду начнут добывать в 2025 году. Также в Московской области намечен запуск предприятия по разделению редкоземельных металлов, извлеченных из отходов минеральных удобрений [13]. Таким образом, использование РЗЭ в различных областях исследований является перспективным направлением. В последнее время увеличивается число публикаций по исследованию свойств материалов, содержащих оксид европия. В работе [14] определяли магнитные и структурные свойства Eu₂O₃ и Eu(OH)₃. Авторы [15] исследовали фотокаталитические свойства сверхмалых нанокластеров платины, нанесенных на оксид европия. В статье [16] проведен обзор по синтезу, характеристикам (структурным, морфологическим, оптическим) и применению оксида европия. Европий имеет переменную степень окисления +2, +3, поэтому может быть применен наравне с церием в окислительно-восстановительном катализе.

Цель работы – получение нанесенного катализатора на основе алюмосиликатной матрицы, модифицированного оксидом европия и исследование его свойств.

Материалы и методы

В качестве исходных реагентов были использованы следующие реактивы: нитрат европия – Eu(NO₃)₃·5H₂O, органические кислоты: щавелевая C₇H₆O₅, галловая H₂C₂O₄, валлин C₅H₁₁NO₂, соляная кислота – HCl, хлорид натрия – NaCl, гидроксид натрия – NaOH, этиловый спирт – C₂H₅OH, перекись водорода – H₂O₂, палладиевая (платиновая) кислоты – H₂[PdCl₆].

Предлагается получить катализаторы Pd (Pt)/ Eu₂O₃–Al₂O₃ по следующей схеме (рисунок 1).

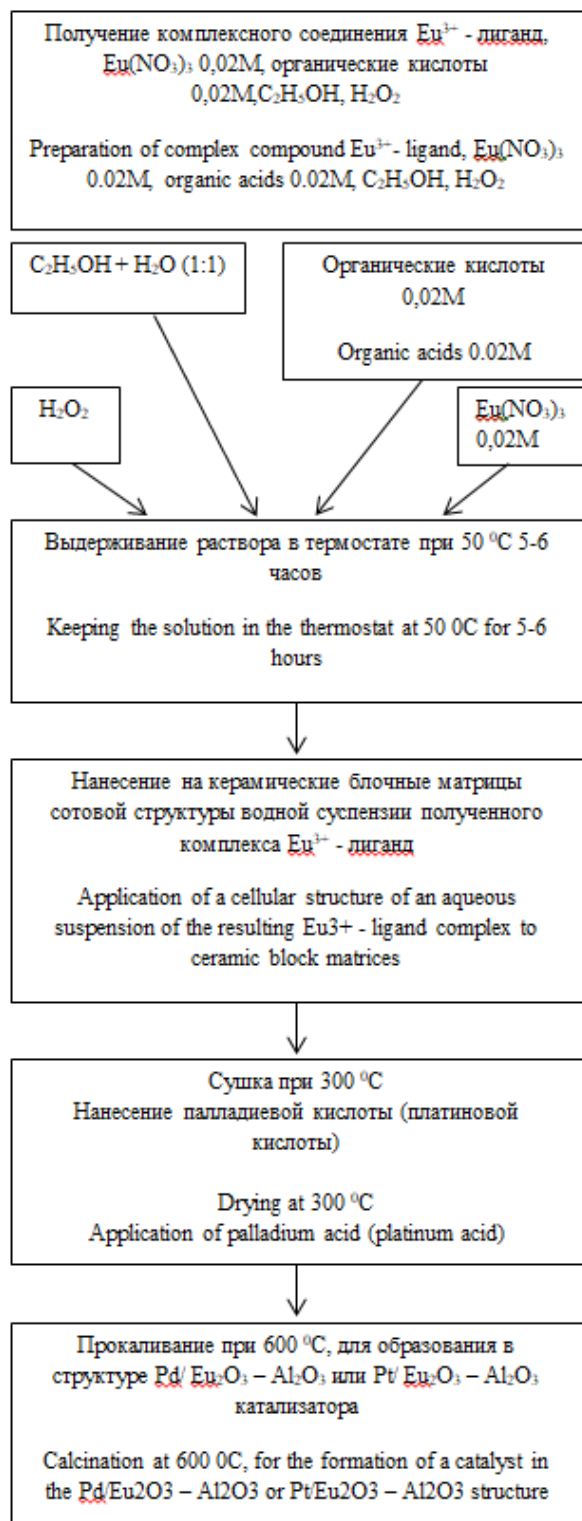


Рисунок 1. Схема получения автомобильного катализатора

Figure 1. The scheme of obtaining an automotive catalyst

Керамическую подложку производили из глины Лукошинского месторождения (Липецкая область). Глину размалывали, готовили пресс-порошок, прессовали на гидравлическом прессе пластины, сушили и обжигали при 1250 °C. Готовые пластины имели водопоглощение 6,7% и механическую прочность 269 мПа.

Составы комплексных соединений определяли фотоколориметрическим и потенциометрическим методами [17, 18]. Для определения состава комплексов фотоколориметрическим методом готовили растворы каждого из компонентов (соль европия и кислота щавелевая или галловая) с одинаковой молярной концентрацией и смешивали их в антибатных соотношениях (от 1:9 до 9:1), сохраняя неизменным общий объем раствора ($V_M + V_R = \text{const}$), и, как следствие, сумму общих молярных концентраций металла и лиганда ($c_M + c_R = c = \text{const}$). Концентрация металла в серии растворов будет $c_M = c(1 - x)$, а концентрация лиганда: $c_R = c \cdot x$, где x – мольная доля лиганда в смеси металл-лиганд. Определяли максимальное светопоглощение на длинах волн 340–670 нм. Измерения светопоглощения проводили при постоянных значениях ионной силы, температуры и pH растворов. Состав комплекса $MeLn_n$ определяли по следующей формуле: $n = x_{\text{max}}/1 - x_{\text{max}}$, где n – количество лигандов в комплексе, x_{max} – соотношение при максимальном значении оптической плотности D .

При определении состава комплексных соединений потенциометрическим методом проводили потенциометрическое титрование при 20 °C раствором NaOH 0,4 н. На каждое титрование готовили раствор общим объемом 25 мл, содержащий: по 2,5 мл растворов нитрата европия и валлина с молярной концентрацией $C = 0,1$ М, 0,5 мл раствора HCl для снижения кислотности среды, 1мл раствора NaCl, для создания ионной силы $\mu = 0,1$. По результатам титрования построили кривые титрования, определили константу устойчивости полученного комплексного соединения и его приблизительный состав.

Идентификацию комплексного соединения в растворе проводили с помощью ИК-спектроскопии (спектрометр Bruker VERTEX 70).

Элементный анализ керамической подложки, пропитанной полученным комплексным соединением, проводился с помощью Oxford INCAEnergy 250 – системы энергодисперсионного микроанализа для электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа.

Результаты и обсуждение

На рисунке 2 (а, б) представлены кривые поглощения исследуемых комплексных соединений при различных длинах волн. Наибольшее значение оптической плотности наблюдаем при 670 нм. В результате фотоколориметрического метода исследования установили, что Eu^{3+} образует устойчивый комплекс со щавелевой кислотой состава $MeLn_x$ 1:1 (пик высокой интенсивности на кривой поглощения), а с галловой кислотой устойчивый комплекс состава $MeLn_x$ 1:2 (о чем также говорит высота пика на кривой поглощения).

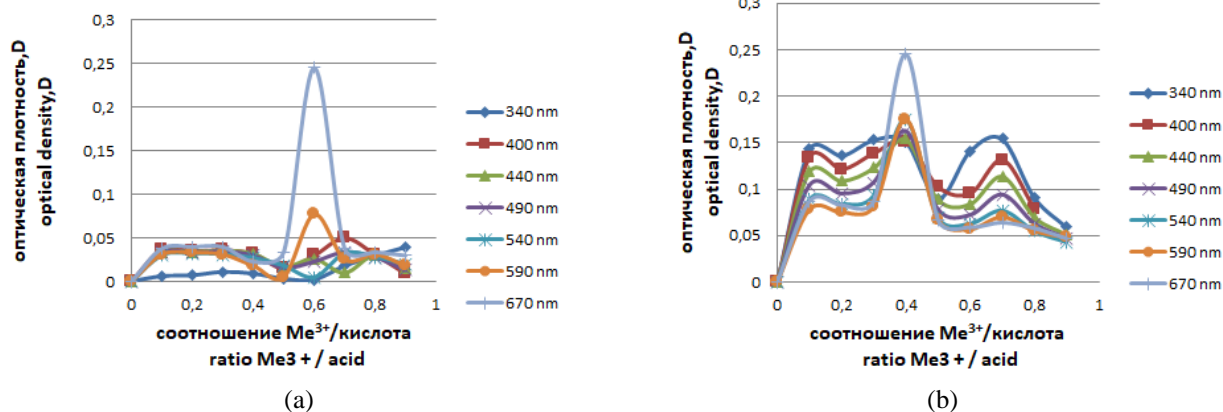


Рисунок 2. Кривая поглощения Eu^{3+} /галловая кислота
Figure 2. Eu^{3+} /gallic acid absorption curve

По результатам потенциометрического метода исследования (рисунок 3) определили, что в процессе комплексообразования в системе Eu^{3+} -валин, участвуют 2 группы (-COOH), так как расход щелочи при нейтрализации в процессе титрования эквивалентен количеству карбоксильных групп, участвующих в комплексообразовании. Таким образом, в системе Eu^{3+} -валин образуется комплекс состава $\text{MeLn}_x - 1:2$, что указывает на тетраэдрическую геометрию комплекса [19].

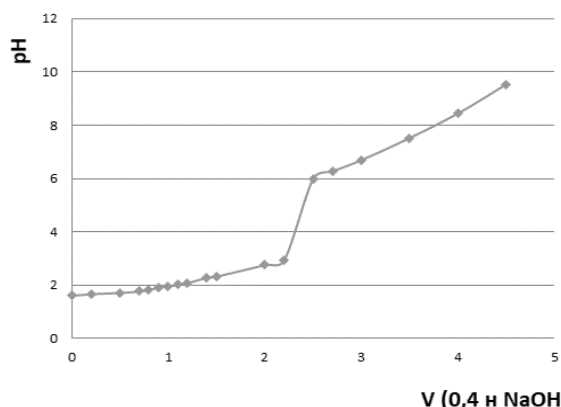


Рисунок 3. Кривая титрования смеси Eu^{3+} /валин (1:2) гидроксидом натрия

Figure 3. Titration curve of Eu^{3+} /valin mixture (1: 2) with sodium hydroxide

По данным потенциометрии были рассчитаны константа диссоциации валина (7.66) и константа устойчивости образующегося комплексного соединения (0,69). Численное значение константы устойчивости комплекса говорит о малой устойчивости данного соединения. Тем не менее, синтез данного комплекса как отдельной фазы может быть использован при постановке и проведении различных химических и биохимических исследований, а также для банка данных [20].

После определения возможности существования комплексных соединений в системах

Eu^{3+} – валин, Eu^{3+} – щавелевая кислота, Eu^{3+} – галловая кислота данные комплексы были синтезированы по схеме (рисунок 1). При синтезе комплексных соединений в водно-спиртовой среде использовали раствор пероксида водорода, который позволяет получить устойчивую форму европия в степени окисления +3. Наличие комплексного соединения в растворе было доказано ИК-спектроскопией (рисунок 4).

Для получения катализатора выдерживали 3 керамических пластины в растворе полученных комплексных соединений Eu^{3+} – валин, Eu^{3+} – щавелевая кислота, Eu^{3+} – галловая кислота в течении суток и высушили. Элементный анализ показал наличие европия в составе керамики. Причем подложка, пропитанная раствором неустойчивого комплекса Eu^{3+} – валин, содержит наибольшее количество европия (12,284%). По всей видимости, при суточной выдержке пластины в растворе происходит разрушение комплекса и образованные свободные ионы европия диффундируют в поры керамической подложки. Подложки, модифицированные ионами европия, можно использовать в технологии дальнейшего нанесения растворов благородных металлов по предложенной технологической схеме (рисунок 1).

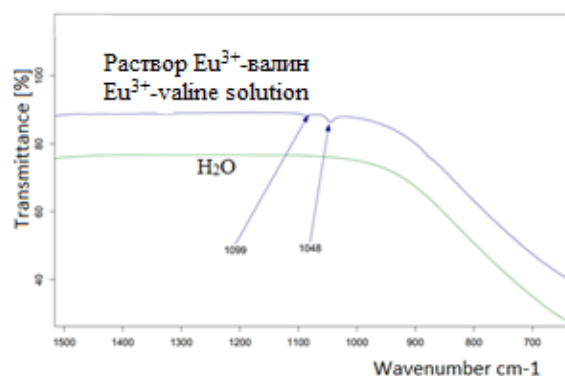


Рисунок 4. ИК-спектроскопия раствора Eu^{3+} -валин
Figure 4. ИК-spectroscopy of Eu^{3+} – valine solution

Заключение

Фотоколориметрическим и потенциометрическим методами определено, что в системе Eu^{3+} – галловая кислота образуется устойчивый комплекс состава $\text{MeLn}_x - 1:2$. В системе Eu^{3+} – щавелевая кислота образуется устойчивый комплекс состава $\text{MeLn}_x - 1:1$.

В системе Eu^{3+} – валлин образуется комплекс состава $\text{MeLn}_x - 1:2$. При синтезе комплексных соединений использовали пероксид водорода H_2O_2 для блокировки восстановления $\text{Eu}^{3+} \rightarrow \text{Eu}^{2+}$. Наибольшее количество иона Eu^{3+} в керамическую матрицу переходит из комплексного соединения Eu^{3+} – валлин.

Литература

- 1 Kaur N. Palladium catalysts: synthesis of five-membered N-heterocycles fused with other heterocycles // *Catalysis Reviews*. 2015. V. 57. № 1. P. 1-78. doi: 10.1080/01614940.2014.976118
- 2 Das P., Linert W. Schiff base-derived homogeneous and heterogeneous palladium catalysts for the Suzuki–Miyaura reaction // *Coordination Chemistry Reviews*. 2016. V. 311. P. 1-23. doi: 10.1016/j.ccr.2015.11.010
- 3 Clavadetscher J., Indrigo E., Chankeshwara S.V., Lilienkampf A. et al. In-Cell Dual Drug Synthesis by Cancer-Targeting Palladium Catalysts // *Angewandte Chemie*. 2017. V. 129. № 24. P. 6968-6972.
- 4 Siyu Lin, Linyan Yang, Xue Yang, Renxian Zhou Redox properties and metal–support interaction of $\text{Pd/Ce}_{0.67}\text{Zr}_{0.33}\text{O}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ catalyst for CO, HC and NO xelmination // *Applied Surface Science*. 2014. V. 305. P. 642–649.
- 5 Colussi S., Leitenburg C., Dolcetti G., Trovarelli A. The role of rare earth oxides as promoters and stabilizers in combustion catalysts // *Journal of Alloys and Compounds*. 2004. V. 373. P. 387–392.
- 6 Wei Liu, Wenxin Tong, Xinxin Lu, Shanghua W Effects of different types of rare earth oxide additives on the properties of silicon nitride ceramic substrates // *Ceramics International*. 2019. V. 45. № 9. doi:10.1016/j.ceramint.2019.03.176
- 7 Liberman E.Y., Simakina E.A., Izotova A.O., Kon'kova T.V. et al. Synthesis and activity of nanodispersed $\text{SnO}_2\text{-CeO}_2$ catalyst in the oxidation reactions of carbon monoxide and methane // *Kinetics and Catalysis*. 2021. V. 62. № 1. P. 155–159.
- 8 Слептерев А.А., Цырульников П.Г. Палладиевые катализаторы, на оксиде алюминия, модифицированном оксидами РЗЭ // *Омский научный вестник*. 2013. № 1 (117). С. 51–58.
- 9 Mohallem N. D. S., Viana M. M., Silva R. A. Automotive catalysts: performance, characterization and development // *New Trends and Developments in Automotive Industry*. IntechOpen, 2011.
- 10 Дубко А.И., Юдин Н.В., Пинчук Ю.А., Обухов Е.О. Исследование активности палладиевых катализаторов на керамических носителях с добавками оксидов редкоземельных элементов (ОРЗЭ) // *Успехи в химии и химической технологии*. 2017. Т. 31. № 5.
- 11 Muñoz F.F., Baker R.T., Leyva A.G., Fuentes R.O. Reduction and catalytic behaviour of nanostructured Pd/gadolinia-doped ceria catalysts for methane combustion // *Applied Catalysis B: Environmental*. 2013. V. 136–137. P. 122–132.
- 12 Lalomov A., Bochneva A. Rare-metal potential of placer deposits and weathering crusts of the Russian Arctic // *Arctic: Ecology and Economy*. 2018. P. 111–122. doi: 10.25283/2223–4594–2018–4–111–122
- 13 Kasatkin V.V., Kasatkin A.V., Ilyichev V.A., Sedov N.S. et al. Post-prospecting radioecological surveys on the Tomtorskoye rare metal deposit (Sakha Republic (Yakutia)) // *Radiation Hygiene*. 2008. V. 11. № 4. doi: 10.21514/1998–426X-2018–11–4–18–27
- 14 Lee D., Seo J., Valladares L.D.L.S., Avalos Quispe O. et al. Magnetic and structural properties of yellow europium oxide compound and $\text{Eu}(\text{OH})_3$ // *Journal of Solid State Chemistry*. 2015. V. 228. P. 141–145. doi: 10.1016/j.jssc.2015.04.018
- 15 Ren C., Li W., Li H., Liu X. et al. Ultrasmall Pt nanoclusters deposited on europium oxide: A newly active photocatalyst for visible-light-driven photocatalytic hydrogen evolution // *Applied Surface Science*. 2019. V. 480. P. 96–104. doi: 10.1016/j.apsusc.2019.02.192
- 16 Kumar S., Prakash R., Singh, Vivek K. Synthesis, Characterization, and Applications of Europium Oxide: A Review // *Reviews in Advanced Sciences and Engineering*. 2016. V. 4(4). P. 247–257. doi: 10.1166/rase.2015.1102
- 17 Balaram V. Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact // *Geoscience Frontiers*. 2019. V. 10. № 4. P. 1285–1303.
- 18 Трошина М.А. О комплексообразовании в системе «Сульфат хрома (III) – сульфат алюминия-сульфат титанила-вода» // *Вектор науки ТГУ*. 2017. № 1. С. 24–28. doi: 10.18323/2073–5073–2017–1–23–29
- 19 Aliyu H.N., Naaliya J. Potentiometric studies on essential metal (II) amino acid complexes // *Global Advanced Research Journal of Microbiology*. 2012. V. 1(5). P. 72–78.
- 20 Xu L., Feng L., Han Y., Jing Y. et al. Supramolecular self-assembly enhanced europium (III) luminescence under visible light // *Soft Matter*. 2014. V. 10. № 26. P. 4686–4693. doi: 10.1039/c4sm00335g


References

- 1 Kaur N. Palladium catalysts: synthesis of five-membered N-heterocycles fused with other heterocycles. *Catalysis Reviews*. 2015. vol. 57. no. 1. pp. 1-78. doi: 10.1080/01614940.2014.976118
- 2 Das P., Linert W. Schiff base-derived homogeneous and heterogeneous palladium catalysts for the Suzuki–Miyaura reaction. *Coordination Chemistry Reviews*. 2016. vol. 311. pp. 1-23. doi: 10.1016/j.ccr.2015.11.010
- 3 Clavadetscher J., Indrigo E., Chankeshwara S.V., Lilienkampf A. et al. In-Cell Dual Drug Synthesis by Cancer-Targeting Palladium Catalysts. *Angewandte Chemie*. 2017. vol. 129. no. 24. pp. 6968-6972.
- 4 Siyu Lin, Linyan Yang, Xue Yang, Renxian Zhou Redox properties and metal–support interaction of $\text{Pd/Ce}_{0.67}\text{Zr}_{0.33}\text{O}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ catalyst for CO, HC and NO xelmination. *Applied Surface Science*. 2014. vol. 305. pp. 642–649.
- 5 Colussi S., Leitenburg C., Dolcetti G., Trovarelli A. The role of rare earth oxides as promoters and stabilizers in combustion catalysts. *Journal of Alloys and Compounds*. 2004. vol. 373. pp. 387–392.
- 6 Wei Liu, Wenxin Tong, Xinxin Lu, Shanghua W Effects of different types of rare earth oxide additives on the properties of silicon nitride ceramic substrates. *Ceramics International*. 2019. vol. 45. no. 9. doi:10.1016/j.ceramint.2019.03.176

- 7 Liberman E.Y., Simakina E.A., Izotova A.O., Kon'kova T.V. et al. Synthesis and activity of nanodispersed SnO₂-CeO₂ catalyst in the oxidation reactions of carbon monoxide and methane. *Kinetics and Catalysis*. 2021. vol. 62. no. 1. pp. 155–159.
- 8 Slepterev A.A., Tsyulnikov P.G. Palladium catalysts based on alumina modified with REE oxides. *Omsk Scientific Bulletin*. 2013. no. 1 (117). pp. 51–58. (in Russian).
- 9 Mohalleem N. D. S., Viana M. M., Silva R. A. Automotive catalysts: performance, characterization and development. *New Trends and Developments in Automotive Industry*. IntechOpen, 2011.
- 10 Dubko A.I., Yudin N.V., Pinchuk Yu.A., Obukhov E.O. Investigation of the activity of palladium catalysts on ceramic carriers with additives of oxides of rare earth elements (REE). *Advances in chemistry and chemical technology*. 2017. vol. 31. no. 5. (in Russian).
- 11 Muñoz F.F., Baker R.T., Leyva A.G., Fuentes R.O. Reduction and catalytic behaviour of nanostructured Pd/gadolinia-doped ceria catalysts for methane combustion. *Applied Catalysis B: Environmental*. 2013. vol. 136–137. pp. 122–132.
- 12 Lalomov A., Bochneva A. Rare-metal potential of placer deposits and weathering crusts of the Russian Arctic. *Arctic: Ecology and Economy*. 2018. pp. 111–122. doi: 10.25283/2223-4594-2018-4-111-122
- 13 Kasatkin V.V., Kasatkin A.V., Ilyichev V.A., Sedov N.S. et al. Post-prospecting radioecological surveys on the Tomtorskoye rare metal deposit (Sakha Republic (Yakutia)). *Radiation Hygiene*. 2008. vol. 11. no. 4. doi: 10.21514/1998-426X 2018-11-4-18-27
- 14 Lee D., Seo J., Valladares L.D.L.S., Avalos Quispe O. et al. Magnetic and structural properties of yellow europium oxide compound and Eu(OH)₃. *Journal of Solid State Chemistry*. 2015. vol. 228. pp. 141–145. doi: 10.1016/j.jssc.2015.04.018
- 15 Ren C., Li W., Li H., Liu X. et al. Ultrasmall Pt nanoclusters deposited on europium oxide: A newly active photocatalyst for visible-light-driven photocatalytic hydrogen evolution. *Applied Surface Science*. 2019. vol. 480. pp. 96–104. doi: 10.1016/j.apsusc.2019.02.192
- 16 Kumar S., Prakash R., Singh, VivekK. Synthesis, Characterization, and Applications of Europium Oxide: A Review. *Reviews in Advanced Sciences and Engineering*. 2016. vol. 4(4). pp. 247–257. doi: 10.1166/rase.2015.1102
- 17 Balaran V. Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. *Geoscience Frontiers*. 2019. vol. 10. no. 4. pp. 1285–1303.
- 18 Troshina M.A. On complex formation in the system "Chromium sulfate (III) - aluminum sulfate-titanyl sulfate-water". *Vector of Science TSU*. 2017. no. 1. pp. 24–28. doi: 10.18323/2073-5073-2017-1-23-29 (in Russian).
- 19 Aliyu H.N., Naaliya J. Potentiometric studies on essential metal (II) amino acid complexes. *Global Advanced Research Journal of Microbiology*. 2012. vol. 1(5). pp. 72–78.
- 20 Xu L., Feng L., Han Y., Jing Y. et al. Supramolecular self-assembly enhanced europium (III) luminescence under visible light. *Soft Matter*. 2014. vol. 10. no. 26. pp. 4686-4693. doi: 10.1039/c4sm00335g

Сведения об авторах

Ирина В. Кузнецова к.х.н., доцент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kuznetsovaiv@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6666-6292>

Денис С. Сугатов студент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, den.sugatov2000@gmail.com

Валентина И. Грызлова студент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, valya.gr.11@gmail.com

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. Kuznetsova Cand. Sci. (Chem.), associate professor, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kuznetsovaiv@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6666-6292>

Denis S. Sugatov student, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, den.sugatov2000@gmail.com

Valentina I. Gryzlova student, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, valya.gr.11@gmail.com

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 17/01/2022

После редакции 08/02/2022





Принята в печать 01/03/2022

Received 17/01/2022

Accepted in revised 08/02/2022

Accepted 01/03/2022

Методология решения проблемы очистки стоков молокоперерабатывающих предприятий

Дмитрий С. Мамай	¹	dima-mamaj@ya.ru	 0000-0001-6221-8230
Сергей П. Бабеньшев	¹	stmemb@ya.ru	 0000-0002-1784-0837
Ангелина В. Мамай	¹	angelinamamai@ya.ru	 0000-0003-1043-1325
Вадим А. Иванец	¹	ivanets.vadim@ya.ru	 0000-0001-7715-6271
Дмитрий С. Хоха	²	dimnkhkha@rambler.ru	 0000-0003-0568-7027


¹ Северо-Кавказский федеральный университет, ул. Пушкина, 1, г. Ставрополь, 355017, Россия

² ООО "ДМП", улица Дзержинского, дом 160, г. Ставрополь, 355003, Россия

Аннотация. В России, как и во всем мире, одной из наиболее острых проблем является защита природных водных ресурсов от загрязнения сточными водами пищевых, особенно молокоперерабатывающих предприятий. Однако несмотря на то, что на законодательном уровне установлены ограничения, штрафы и приостановка их деятельности за превышение установленных нормативов сброса загрязняющих веществ в водоемы, они продолжают наносить всё более существенный вред окружающей среде. К основной объективной причине этого явления следует отнести отсутствие эффективной технологии очистки сложных по составу, с изменяющимися даже в течении суток физико-химическими свойствами стоков предприятий по переработке молока. Целью исследования являлась разработка концепции глубокой переработки вторичного молочного сырья для последующего использования в промышленном производстве. В работе представлены анализ базовой структуры современной технологии очистки стоков молокоперерабатывающих предприятий на заводских очистных сооружениях и предложены основные принципы переработки вторичного молочного сырья. Анализ представленных данных показывает, что современные методы очистки сточных вод, применяемые на большинстве молочных заводов не соответствуют нормативам. Следование предложенным принципам позволит обеспечить благоприятные условия выделения лактозы из вторичного молочного сырья на последующих стадиях его глубокой переработки. То или иное сочетание этих процессов, прежде всего, зависит от стоимости технологий и необходимого для их реализации оборудования, объёмов сырья, требуемой глубины его переработки, а также рыночной цены готовой продукции.

Ключевые слова: молочное сырьё, жидкие стоки, мембранные технологии, очистка стоков, молокоперерабатывающие предприятия

Methodology for solving the problem of wastewater treatment of dairy processing enterprises

Dmitry S. Mamai	¹	dima-mamaj@ya.ru	 0000-0001-6221-8230
Sergey P. Babenyshev	¹	stmemb@ya.ru	 0000-0002-1784-0837
Angelina V. Mamai	¹	angelinamamai@ya.ru	 0000-0003-1043-1325
Vadim A. Ivanets	¹	ivanets.vadim@ya.ru	 0000-0001-7715-6271
Dmitry S. Khokha	²	dimnkhkha@rambler.ru	 0000-0003-0568-7027

¹ North Caucasus Federal University, Pushkin str., 1, Stavropol, 355017, Russia

² DMP Ltd., Dzerzhinsky Street, 160, Stavropol, 355003, Russia

Abstract. In Russia, as well as all over the world, one of the most acute problems is the protection of natural water resources from sewage contamination of food, especially dairy processing enterprises. However, despite the fact that restrictions, fines and suspension of their activities have been established at the legislative level for exceeding the established standards for the discharge of pollutants into reservoirs, they continue to cause more and more significant harm to the environment. The main objective reason for this phenomenon should be attributed to the lack of an effective technology for cleaning complex in composition, with changing even during the day physico-chemical properties of effluents of milk processing enterprises. The purpose of the study was to develop the concept of deep processing of secondary dairy raw materials for subsequent use in industrial production. The paper presents an analysis of the basic structure of the modern technology of wastewater treatment of dairy processing enterprises at factory treatment facilities and suggests the basic principles of processing secondary dairy raw materials. The analysis of the presented data shows that modern methods of wastewater treatment used in most dairy plants do not meet the standards. Following the proposed principles will ensure favorable conditions for the release of lactose from secondary dairy raw materials at subsequent stages of its deep processing. One or another combination of these processes primarily depends on the cost of technologies and the equipment necessary for their implementation, the volume of raw materials, the required depth of its processing, as well as the market price of finished products.

Keywords: raw milk, liquid effluents, membrane technologies, wastewater treatment, milk processing plants

Для цитирования

Мамай Д.С., Бабеньшев С.П., Мамай А.В., Иванец В.А., Хоха Д.С. Методология решения проблемы очистки стоков молокоперерабатывающих предприятий // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 214–221. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-214-221

For citation

Mamai D.S., Babenyshev S.P., Mamai A.V., Ivanets V.A., Khokha D.S. Methodology for solving the problem of wastewater treatment of dairy processing enterprises. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 214–221. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-214-221

Введение

Экологическая опасность сточных вод обусловлена, во-первых, большим количеством органических веществ, представляющие собой остатки молока и молочных продуктов, поступающие в основном от необходимых операций ополаскивания емкостного и технологического оборудования. Во-вторых, в сточные воды идут щелочные, кислотные и другие компоненты моющих растворов, то приводит к изменению показателя рН стоков от 3 до 10. Сброс таких стоков в сооружения биологиче-

ской очистки приводит к полному отмиранию активного ила, который становится загрязнителем, подлежащим полной замене. При их попадании в подпочвенные или открытые водоемы происходит значительное снижение концентрации растворенного кислорода в воде, что делает их как минимум непригодными для водоснабжения.

Расход сточных вод, нормативно сбрасываемых молокоперерабатывающим предприятием, может составлять до 80–85% от объема потребляемой воды питьевого качества [1,10].

Таблица 1. Характеристики стоков, нормативных показателей сточных вод и питьевой воды

Table 1.

Characteristics of wastewater, regulatory indicators of wastewater and drinking water

Показатель сточных вод км ³ Wastewater indicator, km ³	До очистки Aftertreatment [2]	После очистки After cleaning [2]	ПДК для сброса в канализацию MPC for discharge into the sewer [2]	Вода питьевая Drinking water [3]
Взвешенные вещества, мг/дм ³ Suspended solids, mg/dm ³	1500–2000	1000	300	40–50
Сухой остаток, мг/дм ³ Dry residue, mg/dm ³	1200–1800	1200	3000	800–1000
ХПК мгО ₂ /дм ³ COD mgO ₂ / dm ³	2500–3000	1500	500	0
БПК полн, мгО ₂ /дм ³ BOD is full, mgO ₂ / dm ³	1500–2000	1000	500	0
Жиры, мг/дм ³ Fats, mg/dm ³	1500–2000	1000	300	0
Фосфор общий, мг/дм ³ Total phosphorus, mg/dm ³	10–15	12	12	3–5
Азот общий, мг/дм ³ Total nitrogen, mg/dm ³	60–110	50	50	10–12
рН, ед.,	2–12	3–10 5–10	6–9	6–8

Анализ данных, представленных в таблице 1, показывает, что современные методы очистки сточных вод, применяемые на большинстве молочных заводов не соответствуют нормативам ПДК для сброса в канализацию и соответственно требуется применение дополнительных мер их обработки.

Анализ базовой структуры современной технологии очистки стоков молокоперерабатывающих предприятий (МПП) на заводских очистных сооружениях (ЗОС)

Производительность ЗОС определяется максимальными суточными и часовыми объемами сточных вод, периодичностью обработки и временем сброса, как правило, предусматривается их непрерывная работа до 16–20 часов в сутки. Поскольку из производственной технологии нельзя исключить процессы промывок емкостей и оборудования, то для нейтрализации используемых щелочных и кислотных реагентов,

перед ЗОС стоки направляют в усреднительную емкость объемом равным примерно 50% суточного расхода [19, 17].

Дисперсная фаза в стоках МПП состоит из механических примесей, эмульгированных и растворенных компонентов [8, 9, 13], прежде всего, это молочный жир, белковые соединения, углеводы, минеральный комплекс молока, некоторые витамины, а при наличии сыродельного производства и повышенное содержание соли. Следует отметить, что их соотношение может меняться в достаточно широких диапазонах даже для одного предприятия в течении суток, что значительно осложняет разработку технологии очистки таких жидких полидисперсных систем.

До подачи стоков в усреднитель традиционно на первом этапе очистки, используя отстойники, грубые фильтры, жиро- и песколовки, выделяют механические примеси и молочный жир – т. е. все, что может вывести из строя насосное и некоторое другое специальное оборудование, имеющее в составе

рабочих органов прецизионные кинематические пары. Для реализации второго (основного) этапа очистки стоков в мировой практике используют уже специальное оборудование, как правило, в составе технологической линии, предусматривающей многовариантные комбинации

следующих основных процессов: физико-химические, баро- и электромембранные, биологические аэробный или анаэробный [15,16]. Основные технические особенности и сравнительные экономические показатели этих методов приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Технические особенности и сравнительные экономические показатели основных методов очистки стоков на ЗОС МПП [2]

Table 2.

Technical features and comparative economic indicators of the main methods of wastewater treatment for the conclusion of compliance with the MPP [2]

Удаление нерастворимых примесей Removal of insoluble impurities	Удаление эмульгированных примесей Removal of emulsified impurities	Удаление растворенных органических примесей Removal of dissolved organic impurities	Удаление растворенных минеральных примесей Removal of dissolved mineral impurities	Особенности применения Application Features	Капитальные затраты Capital expenditures	Эксплуатационные затраты Operating costs
Физико-химический метод | Physico-chemical method						
98–99%	80–85%	Частично	Нет No	Для локальной очистки For local cleaning	Низкие Low	Высокие High
Ультрафильтрация | Ultrafiltration						
98–99%	80–85%	Частично Partly	Нет No	Для концентрирования сыворотки To concentrate the serum	Средние Medium	Высокие High
Обратный осмос | Reverse osmosis						
Нет No	Нет No	Нет No	99,9%	После глубокой очистки от органических загрязнений After deep cleaning from organic contaminants	Высокие High	Высокие High
Биологический анаэробный | Biological anaerobic						
Нет No	98–99%	98–99%	Нет No	После локальной очистки. Требуется доочистка от органических загрязнений After local cleaning. Additional cleaning from organic contaminants is required	Высокие High	Низкие Low
Биологический аэробный | Biological aerobic						
80–90%	98–99%	98–99%	Нет No	После локальной очистки. Обеспечивает полное удаление органических загрязнений After local cleaning. Provides complete removal of organic contaminants	Высокие High	Низкие Low

Следует отметить, что в большинстве стран, занимающих высокие позиции на рынке переработки молока и производства высококачественной пищевой продукции, внедрение

такой технологической структуры работы ЗОС даёт возможность очищать стоки МПП до уровня, допускающего их сброс в городской канализационный коллектор. Однако в условиях

нашей страны такой подход к решению проблемы не находит практического применения по следующим основным причинам:

– разработка аппаратурно-технологической схемы очистки стоков требует индивидуального подхода применительно к условиям работы ЗОС почти каждого МПП, что сопряжено с высокими экономическими затратам;

– ни одно из отечественных МПП объективно не может иметь в своем составе достаточно оснащенное высококвалифицированными научными кадрами и соответствующим исследовательским оборудованием подразделение, способного выполнить необходимую НИР для разработки технологии очистки стоков;

– либеральная в отношении охраны окружающей среды политика не стимулирует МПП к поиску решения проблемы создания эффективных ЗОС [12].

В результате большинство отечественных МПП вынужденно идёт на сброс недостаточно очищенных стоков и соответственно экономические потери от штрафных санкций, часть из которых тем или иным способом включается в себестоимость готовой продукции. Что ведет к повышению отпускных цен на готовую продукцию, снижая покупательский спрос и обуславливая в конечном итоге снижение прибыли МПП. Образуется порочный круг,

исключающий возможность самостоятельной высокочатратной разработки инновационных технологий силами и ресурсами даже крупного отечественного МПП. Очевидно, что в такой ситуации требуется найти нетривиальный подход к осмыслению стоящей, прежде всего, научной проблемы.

Предлагаемая методология решения проблемы очистки стоков МПП

С технологической точки зрения исходное сырьё, поступающее на МПП, представляет собой идеально сбалансированную систему – натуральное молоко. По определению не имеющее каких-либо пороков в своём составе или физико-химических свойствах. При правильном подходе к его переработке в целевые продукты переходят молочный жир (натуральное сливочное масло), часть белковой фракции (сырные и творожные изделия) [4, 7, 11, 20]. Всё остальное же, ещё на заре развития технологии молока опростетливо названное отходами, часто попадало в канализацию, нанося тем самым непоправимый урон окружающей среде. На сегодняшний день каждый вид (сыворожка, пахта, ополоски) так называемых отходов справедливо относят ко вторичному, т. е. просто не полностью переработанному, но, тем не менее, ценному молочному сырью [5, 6, 18].

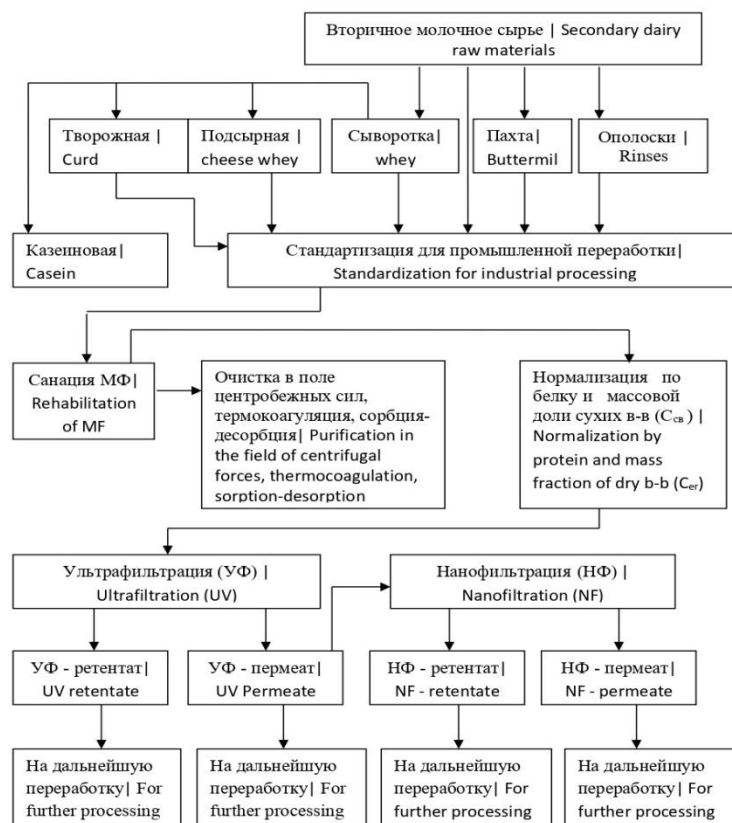


Рисунок 1. Концепция (фрагмент) глубокой переработки вторичного молочного сырья
 Figure 1. The concept (fragment) of deep processing of secondary dairy raw materials

Переработку каждого вида вторичного молочного сырья в промышленном объеме следует рассматривать как направленное и управляемое воздействие на сложную биотехнологическую систему. И соответственно все виды такого воздействия следует разделить на две основные группы: предварительная очистка и окончательная обработка. Основа концепции глубокой переработки, вторичного молочного сырья схематично представлена на рисунке 1. Один из основных принципов построения предлагаемой концепции можно сформулировать следующим образом: вторичное молочное сырьё перед начальным этапом его глубокой переработки, предусматривающей фракционирование, должно быть стандартизовано. Необходимость соблюдения этого принципа обусловлена, прежде всего, базовыми условиями эффективного проведения технологических и особенно баромембранных процессов:

- использование стандартного, серийно выпускаемого оборудования;
- применение унифицированного ряда мембран с заданными показателями проницаемости по стандартному пермеату вторичного молочного сырья и селективности по сыворо-точным белкам;
- исключение из состава пуско-наладочных работ мероприятий, направленных на уточнение или адаптацию основных режимов эксплуатации баромембранного оборудования в зависимости от особенностей физико-химических показателей каждого вида используемого вторичного молочного сырья.

Для реализации этого принципа начальный этап последующей глубокой переработки вторичного молочного сырья, в том числе и молочной сыворотки, на основе применения мембранного оборудования, должен предусматривать проведение следующих технологических операций:

- пастеризация традиционным методом или санация с использованием микрофильтрационного оборудования;
- очистка от механических примесей, частиц казеина, молочного жира в поле центробежных сил, в том числе и при колебательном движении разделяемой системы;
- выделение части белковой фракции тем или иным путем, например, добавлением в предварительно очищенную молочную сыворотку комплекса растительных полисахаридов (экстракт топинамбура) с последующим осаждением образовавшегося высокомолекулярного комплекса «сывороточные белки – полисахарид» [23].

Выбор способа предварительной обработки вторичного молочного сырья определяется его физико-химическими свойствами и требованиями технологии дальнейшей переработки, эффективность которой зависит от состава

и степени использования действующего на предприятии оборудования [21, 22]. При этом возможно применение термокоагуляции, сорбции, хроматографии, мембранной фильтрации и т. д. Граничные условия варьирования способов и взаимовлияющих режимов каждой конкретной технологической операции необходимо устанавливать на основе комплекса показателей определяющих соответствие получаемого сырья требованиям «стандарта». Следует отметить, что реализация предложенной концепции сопряжена с решением (рисунок 2), требующего проведения экспериментальных исследований, следующих взаимосвязанных практических задач:

- обоснование состава и содержания основных показателей стандартизованного вторичного молочного сырья;
- определение параметров проницаемости по пермеату, селективности по белку мембран и тип мембранного оборудования для очистки, например, молочной сыворотки.

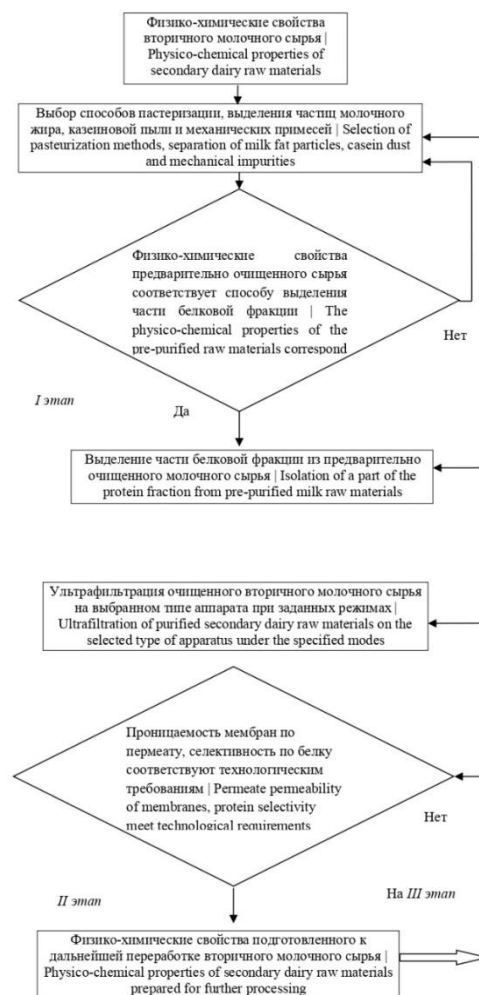


Рисунок 2. Основной фрагмент содержания задач переработки вторичного молочного сырья и общая методика их решения экспериментальным путём
Figure 2. The main fragment of the content of the tasks of processing secondary dairy raw materials and the general method of solving them experimentally

Заключение

Примем ситовую модель баромембранного разделения любого вида вторичного молочного сырья и соответственно ультрафильтрацию в качестве первой стадии его переработки. Тогда содержание комплекса показателей «стандарта» будет определяться в первую очередь уровнем эффективности проведения процесса ультрафильтрационного разделения стандартизованного сырья. На этой основе сформулирован второй принцип, на котором базируется предлагаемая концепция: первый этап баромембранной

очистки вторичного молочного сырья должен обеспечивать очистку пермеата от белков и молочного жира. Следование этому принципу позволит обеспечить благоприятные условия выделения лактозы из вторичного молочного сырья на последующих стадиях его глубокой переработки. То или иное сочетание этих процессов, прежде всего, зависит от стоимости технологий и необходимого для их реализации оборудования, объемов сырья, требуемой глубины его переработки, а также рыночной цены готовой продукции

Литература

- 1 Бабенышев С.П. и др. Комплексный метод осветления вторичного молочного сырья // Молочная промышленность. 2018. №. 9. С. 66–68.
- 2 Бабенышев С.П. и др. Способ получения сывороточного фруктово-овощного напитка. 2016.
- 3 Шифрин С.М., Иванов Г.В., Мишуков Б.Г., Феоранов Ю.А. Очистка сточных вод предприятия мясной и молочной промышленности // Легкая и пищевая промышленность 1981. 272 с.
- 4 СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
- 5 Семенов В.В., Луговкин А.Н. Очистка сточных вод в молочной промышленности // Молочная промышленность. 2020. № 8. С. 26–29.
- 6 Babenyshev S., Mamay D., Bratsikhin A., Borisenko A. et al. Ultrafiltration of cottage cheese whey for cleaning of nitrogenous substances // Journal of Hygienic Engineering and Design. 2021. V. 33. P. 219–224.
- 7 Saguy I.S., Roos Y.H., Cohen E. Food engineering and food science and technology: Forward-looking journey to future new horizons // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2018. V. 47. P. 326-334.
- 8 Maubois J.L. Ultrafiltration of Whey // International Journal of Dairy Technology. 1980. V. 33. № 2. P. 55–58.
- 9 Sedelkin V.M., Surkova A.N., Pachina O.V., Potehina L.N. et al. Simulation of membrane ultrafiltration of secondary raw milk // Petroleum Chemistry. 2016. V. 56. № 4. P. 367–378.
- 10 Aydogdu T., Ho Q.T., Ahrné L., O'Mahony J.A. et al. The influence of milk minerals and lactose on heat stability and age-thickening of milk protein concentrate systems // International Dairy Journal. 2021. V. 118. P. 105037. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105037
- 11 Karim A., Aider M. Production of prebiotic lactulose through isomerisation of lactose as a part of integrated approach through whey and whey permeate complete valorisation: A review // International Dairy Journal. 2022. V. 126. P. 105249. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105249
- 12 Pombo A.F.W. Cream cheese: Historical, manufacturing, and physico-chemical aspects // International Dairy Journal. 2021. V. 117. P. 104948. doi: 10.1016/j.idairyj.2020.104948
- 13 Córdova A., Astudillo-Castro C., Ruby-Figueroa R., Valencia P. et al. Recent advances and perspectives of ultrasound assisted membrane food processing // Food Research International. 2020. V. 133. P. 109163. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109163
- 14 Arranz E., Corrochano A.R., Shanahan C., Villalva M. et al. Antioxidant activity and characterization of whey protein-based beverages: Effect of shelf life and gastrointestinal transit on bioactivity // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2019. V. 57. P. 102209. doi: 10.1016/j.ifset.2019.102209
- 15 Ali F., Tian K., Wang Z. X. Modern techniques efficacy on tofu processing: A review // Trends in Food Science & Technology. 2021. V. 116. P. 766-785. doi: 10.1016/j.tifs.2021.07.023
- 16 Wu G., Hui X., Stipkovits L., Rachman A. et al. Whey protein-blackcurrant concentrate particles obtained by spray-drying and freeze-drying for delivering structural and health benefits of cookies // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2021. V. 68. P. 102606. doi: 10.1016/j.ifset.2021.102606
- 17 Gulec H.A., Cinar K., Bagci U., Bagci P.O. Production of concentrated whey beverage by osmotic membrane distillation: Comparative evaluation of feed effect on process efficiency and product quality // International Dairy Journal. 2021. V. 121. P. 105115. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105115
- 18 Burgain J., Gaiani C., Cailliez-Grimal C., Jeandel C. et al. Encapsulation of Lactobacillus rhamnosus GG in microparticles: Influence of casein to whey protein ratio on bacterial survival during digestion // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2013. V. 19. P. 233-242. doi: 10.1016/j.ifset.2013.04.012
- 19 Melnikova E.I., Losev A.N., Stanislavskaya E.B. Microparticulation of casein whey to use in fermented milk production // Foods and Raw materials. 2017. V. 5. №. 2. P. 83-93.
- 20 Odell O.J., Wallis G.A. The application of lactose in sports nutrition // International Dairy Journal. 2021. V. 116. P. 104970. doi: 10.1016/j.idairyj.2020.104970
- 21 ГОСТ 31534-2012. Творог зерненный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014.

22 Bakalis S., Valdramidis V.P., Argyropoulos D., Ahrne L. et al. Perspectives from CO+ RE: How COVID-19 changed our food systems and food security paradigms // *Current Research in Food Science*. 2020. V. 3. P. 166. doi: 10.1016/j.crfs.2020.05.003

23 Тимкин В.А., Горбунова Ю.А. Последовательная микро-и ультрафильтрация в процессе производства творога // *Мембраны и мембранные технологии*. 2017. Т. 7. №. 4. С. 284-292.

24 Ayseli Y.I., Aytekin N., Buyukkayhan D., Aslan I. et al. Food policy, nutrition and nutraceuticals in the prevention and management of COVID-19: Advice for healthcare professionals // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. V. 105. P. 186-199. doi: 10.1016/j.tifs.2020.09.001

References

1 Babenyshev S.P. et al. Complex method of clarification of secondary dairy raw materials. *Dairy industry*. 2018. no. 9. pp. 66–68. (in Russian).

2 Babenyshev S.P. et al. Method for obtaining a whey fruit and vegetable drink. 2016. (in Russian).

3 Shifrin S.M., Ivanov G.V., Mishukov B.G., Feoranov Yu.A. Wastewater treatment of the meat and dairy industry. *Light and food industry* 1981. 272 p. (in Russian).

4 SanPiN 2.1.4.1074–01. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. (in Russian).

5 Semenov V.V., Lugovkin A.N. Wastewater treatment in the dairy industry. *Dairy industry*. 2020. no. 8. pp. 26–29. (in Russian).

6 Babenyshev S., Mamay D., Bratsikhin A., Borisenko A. et al. Ultrafiltration of cottage cheese whey for cleaning of nitrogenous substances. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 2021. vol. 33. pp. 219–224.

7 Saguy I.S., Roos Y.H., Cohen E. Food engineering and food science and technology: Forward-looking journey to future new horizons. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2018. vol. 47. pp. 326-334.

8 Maubois J.L. Ultrafiltration of Whey. *International Journal of Dairy Technology*. 1980. vol. 33. no. 2. pp. 55–58.

9 Sedelkin V.M., Surkova A.N., Pachina O.V., Potehina L.N. et al. Simulation of membrane ultrafiltration of secondary raw milk. *Petroleum Chemistry*. 2016. vol. 56. no. 4. pp. 367–378.

10 Aydogdu T., Ho Q.T., Ahrné L., O'Mahony J.A. et al. The influence of milk minerals and lactose on heat stability and age-thickening of milk protein concentrate systems. *International Dairy Journal*. 2021. vol. 118. pp. 105037. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105037

11 Karim A., Aider M. Production of prebiotic lactulose through isomerisation of lactose as a part of integrated approach through whey and whey permeate complete valorisation: A review. *International Dairy Journal*. 2022. vol. 126. pp. 105249. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105249

12 Pombo A.F.W. Cream cheese: Historical, manufacturing, and physico-chemical aspects. *International Dairy Journal*. 2021. vol. 117. pp. 104948. doi: 10.1016/j.idairyj.2020.104948

13 Córdova A., Astudillo-Castro C., Ruby-Figueroa R., Valencia P. et al. Recent advances and perspectives of ultrasound assisted membrane food processing. *Food Research International*. 2020. vol. 133. pp. 109163. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109163

14 Arranz E., Corrochano A.R., Shanahan C., Villalva M. et al. Antioxidant activity and characterization of whey protein-based beverages: Effect of shelf life and gastrointestinal transit on bioactivity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2019. vol. 57. pp. 102209. doi: 10.1016/j.ifset.2019.102209

15 Ali F., Tian K., Wang Z. X. Modern techniques efficacy on tofu processing: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. vol. 116. pp. 766-785. doi: 10.1016/j.tifs.2021.07.023

16 Wu G., Hui X., Stipkovits L., Rachman A. et al. Whey protein-blackcurrant concentrate particles obtained by spray-drying and freeze-drying for delivering structural and health benefits of cookies. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2021. vol. 68. pp. 102606. doi: 10.1016/j.ifset.2021.102606

17 Gulec H.A., Cinar K., Bagci U., Bagci P.O. Production of concentrated whey beverage by osmotic membrane distillation: Comparative evaluation of feed effect on process efficiency and product quality. *International Dairy Journal*. 2021. vol. 121. pp. 105115. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105115

18 Burgain J., Gaiani C., Cailliez-Grimal C., Jeandel C. et al. Encapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* GG in microparticles: Influence of casein to whey protein ratio on bacterial survival during digestion. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2013. vol. 19. pp. 233-242. doi: 10.1016/j.ifset.2013.04.012

19 Melnikova E.I., Losev A.N., Stanislavskaya E.B. Microparticulation of casein whey to use in fermented milk production. *Foods and Raw materials*. 2017. vol. 5. no. 2. pp. 83-93.

20 Odell O.J., Wallis G.A. The application of lactose in sports nutrition. *International Dairy Journal*. 2021. vol. 116. pp. 104970. doi: 10.1016/j.idairyj.2020.104970

21 GOST 31534-2012. Cottage cheese grained. Specifications. Moscow, Standartinform, 2014. (in Russian).

22 Bakalis S., Valdramidis V.P., Argyropoulos D., Ahrne L. et al. Perspectives from CO+ RE: How COVID-19 changed our food systems and food security paradigms. *Current Research in Food Science*. 2020. vol. 3. pp. 166. doi: 10.1016/j.crfs.2020.05.003

23 Timkin V.A., Gorbunova Yu.A. Sequential micro- and ultrafiltration in the process of cottage cheese production. *Membrane and membrane technologies*. 2017. vol. 7. no. 4. pp. 284-292. (in Russian).

24 Ayseli Y.I., Aytekin N., Buyukkayhan D., Aslan I. et al. Food policy, nutrition and nutraceuticals in the prevention and management of COVID-19: Advice for healthcare professionals. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. vol. 105. pp. 186-199. doi: 10.1016/j.tifs.2020.09.001

Сведения об авторах

Дмитрий С. Мамай к.т.н., доцент, кафедра пищевых технологий и инжиниринга, Северо-Кавказский федеральный университет, ул. Пушкина, 1, г. Ставрополь, 355017, Россия, dima-mamaj@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6221-8230>

Сергей П. Бабенышев д.т.н., профессор, кафедра пищевых технологий и инжиниринга, Северо-Кавказский федеральный университет, ул. Пушкина, 1, г. Ставрополь, 355017, Россия, stmemb@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1784-0837>

Ангелина В. Мамай аспирант, кафедра пищевых технологий и инжиниринга, Северо-Кавказский федеральный университет, ул. Пушкина, 1, г. Ставрополь, 355017, Россия, angelinamamai@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1043-1325>

Вадим А. Иванец аспирант, кафедра пищевых технологий и инжиниринга, Северо-Кавказский федеральный университет, ул. Пушкина, 1, г. Ставрополь, 355017, Россия, ivanets.vadim@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7715-6271>

Дмитрий С. Хоха к.т.н., инженер, общество с ограниченной ответственностью "ДМП", ул. Дзержинского, 160, г. Ставрополь, 355003, Россия, dimnkhkha@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0568-7027>

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

Dmitry S. Mamai Cand. Sci. (Engin.), associate professor, food technology and engineering department, North Caucasus Federal University, Pushkin str., 1, Stavropol, 355017, Russia, dima-mamaj@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6221-8230>

Sergey P. Babenyshev Dr. Sci. (Engin.), professor, food technology and engineering department, North Caucasus Federal University, Pushkin str., 1, Stavropol, 355017, Russia, stmemb@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1784-0837>

Angelina V. Mamai graduate student, food technology and engineering department, North Caucasus Federal University, Pushkin str., 1, Stavropol, 355017, Russia, angelinamamai@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1043-1325>

Vadim A. Ivanets graduate student, food technology and engineering department, North Caucasus Federal University, Pushkin str., 1, Stavropol, 355017, Russia, ivanets.vadim@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7715-6271>

Dmitry S. Khokha Cand. Sci. (Engin.), engineer, DMP Ltd., Dzerzhinsky Street, 160, Stavropol, 355003, Russia, dimnkhkha@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0568-7027>

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 18/01/2022	После редакции 03/02/2022	Принята в печать 22/02/2022
Received 18/01/2022	Accepted in revised 03/02/2022	Accepted 22/02/2022

Simulation of ethylene oxide production from ethylene chlorhydrin

Elrafie A. A. Allah	¹	rafieah@gmail.com
A. Elhameed M.O. Kasif	¹	elkashify@hotmail.com
Yasir A. Mohamed	¹	yasir13000@yahoo.com
Ayat A. Elkhaliq H. Mahmoud	¹	ayatabdo29019@gmail.com

¹ Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering and Technical Studies, University of El Imam El Mahadi, Kosti, Sudan

Summary. This research has been performed in the Ethylene Oxide production process. It is a flammable and colorless gas at temperatures above 11 °C. It is an important commodity chemical for the production of solvents, antifreeze, textiles, detergents, adhesives, polyurethane foam, and pharmaceuticals. Small amounts of Ethylene Oxide [EO] are used in manufacturing fumigants and sterilants for spices and cosmetics, as well as hospital sterilization for surgical equipment. Modern Ethylene oxide [EO] productions employ either air or oxygen (O₂) to oxidize ethylene (C₂H₄) with a silver catalyst on an alumina oxide carrier [Ag/Al₂O₃] catalyst packed in a fixed-bed reactor (plug-flow reactor) but the oxygen-base reaction process is more desirable here we used oxygen. Mainly two reactions occur, partial oxidation of ethylene to ethylene oxide and total oxidation of ethylene to carbon dioxide and water. The design models of the process in this research based on a three-part system. They are: the reaction system, absorption system and Ethylene Oxide [EO] purification system. The largest cost in production of ethylene oxide is ethylene therefore, it's important to optimize the selectivity towards ethylene oxide and thus reduce the consumption of Ethylene. The aim of this work is to create a simulation model of the Ethylene Oxide production process from Ethylene using Aspen Hysys V9. Also to knowing the optimum operational conditions (temperature –pressure –flow rate) for the oxidation reactions of Ethylene. The simulation was running three times with various operational conditions to make a good result. The conclusion was that during operational time the activation energy increased for both reactions which have to be compensated with increasing reactor temperature. At the same time the selectivity for producing Ethylene Oxide decreases, i.e. more carbon dioxide and water are formed. The simulation models yield Ethylene Oxide with purity of 99.2%.

Keywords: simulation, municipal solid, gasification, fixed bed reactor, pyrolysis, gibbs energy, rgibbs model, gasifier

Introduction

Ethylene: Ethylene is widely used in chemical industry, and its worldwide production (over 109 million ton in 2006) exceeds that of any other organic compound. It mostly used to produce three chemical compounds: Ethylene Oxide, Ethylene dichloride, Ethyl benzene, and a variety kinds of Polyethylene. Moreover, it is an ideal base material for many other petrochemicals, as it is readily available at high purity, low cost, and usually reacts with other low cost components, such as Oxygen and water. Currently, Ethylene is produced in the petrochemical industry by thermal cracking of alkanes such as Ethane, Propane, Butane, Naphtha and gas oil. The choice of feedstock is an important economic issue as it influences other costs as well. In this process, feed stocks are heated to 700 – 900°C. This process converts large hydrocarbons into smaller ones and introduces unsaturation. The reactor effluent is quickly quenched to avoid further reaction, then compressed, and finally sent to a separation unit for the recovery of Ethylene and other products such as Methane, Ethane, propane, Propylene, Butylenes, and Pyrolysis gasoline. Ethylene Oxide (EO) is a flammable and colorless gas at temperatures above 11 °C, which smells like ether at toxic

levels. It is an important commodity chemical for the production of solvents, antifreeze, textiles, detergents, adhesives, polyurethane foam, and pharmaceuticals. Small amounts of EO are used in manufacturing fumigants and sterilants for spices and cosmetics, as well as hospital sterilization for surgical equipments. Modern EO productions employ either air or Oxygen (O₂) to oxidize Ethylene (C₂H₄) with Ag/Al₂O₃ catalyst packed in a fixed-bed reactor (plug-flow reactor). The Oxygen-based reaction process is more desirable because of four major benefits: (i) higher productivity and selectivity; (II) lower initial capital costs; (III) less expensive catalyst required; and (IV) less air pollutants resulting from the purge gas. Industrial production of Ethylene Oxide:

1. Wurtz-process:
2. Direct oxidation process:

Materials and Methods

Simulation: Simulation is a situation in which a particular set of conditions is created artificially in order to study or experience something that could really exist in reality. It is the act of pretending that something is real when it is not. A computer simulation is an attempt to model a real-life or hypothetical situation on a computer so that it can be studied to see how the system works.

Для цитирования

Elrafie A.A. Allah, A. Elhameed. M.O. Kasif, Yasir A. Mohamed, Ayat A. Elkhaliq. H. Mahmoud Simulation of ethylene oxide production from ethylene chlorhydrin // Вестник ВГУИТ. 2022. Т 84. № 1. С. 222–225. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-222-225

For citation

Elrafie A.A. Allah, A. Elhameed. M.O. Kasif, Yasir A. Mohamed, Ayat A. Elkhaliq. H. Mahmoud Simulation of ethylene oxide production from ethylene chlorhydrin. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84 no. 1. pp. 222–225. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-222-225

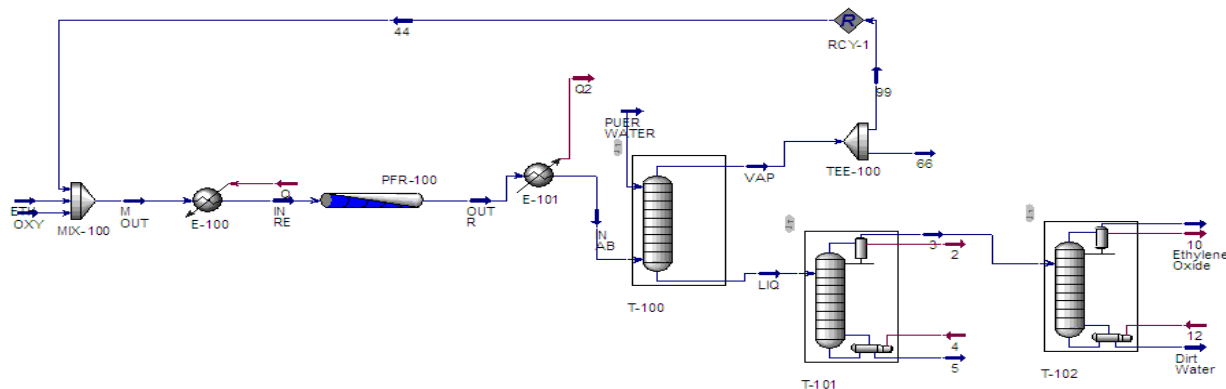


Figure 1. Simulation flow diagram of Ethylene Oxide production

Table 1. Main shortcut from figure (1)

Name	Object Type	Name	Object Type
MIX-100	Mixer	TEE-100	Tee
E-100	Heater	RCY-1	Recycle
PFR-100	Plug Flow Reactor	T-101	Distillation
E-101	Cooler	T-102	Distillation
T-100	Absorber		

Results and Discussions

The Effect of Operating Condition: In this section, we see the influence of operating condition (temperature, pressure and flow rate) in Ethylene Oxide [EO] production

The Effect of flow Rate: The Effect of Ethylene flow Rate on Ethylene Oxide Production:

Figure (1) shows the Ethylene Oxide molar flow increases with Ethylene molar flow increases.

The Effect of Oxygen Flow Rate on Ethylene Oxide Production: Oxygen flow rate has positive effect in the production of Ethylene Oxide as we show figure (2). The reaction for production Ethylene Oxide is exothermic (shown in figure (3)). The temperature has negative effect in the production of Ethylene Oxide.

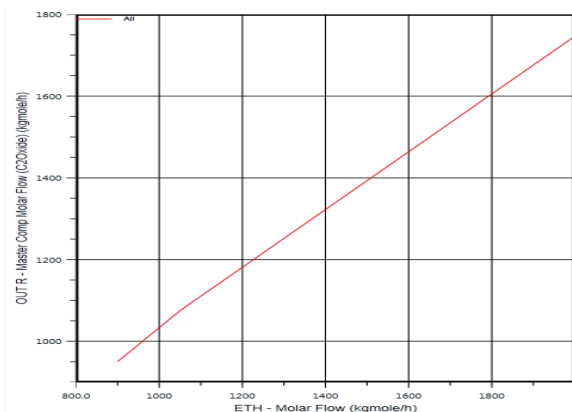


Figure 2. The effect of Ethylene flow rate on Ethylene Oxide production

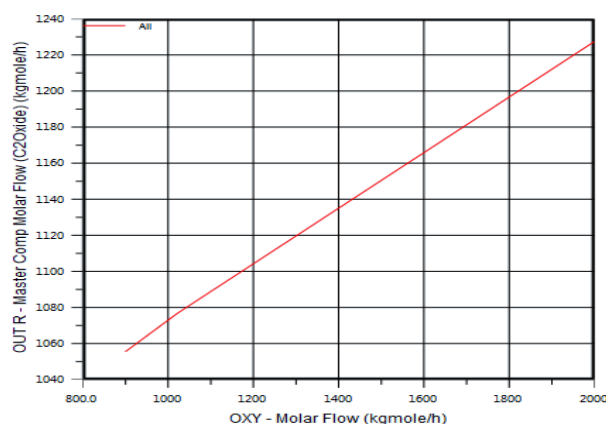


Figure 3. The effect of Oxygen flow rate on Ethylene Oxide production

The Effect of Temperature on Ethylene Oxide production: The reaction between Ethylene and Oxygen has main product (Ethylene oxide) increases when temperature decreases (shown in figure 4) and by product (CO₂&H₂ O) increases with temperature, has high value at 250 °C and decreases above it.

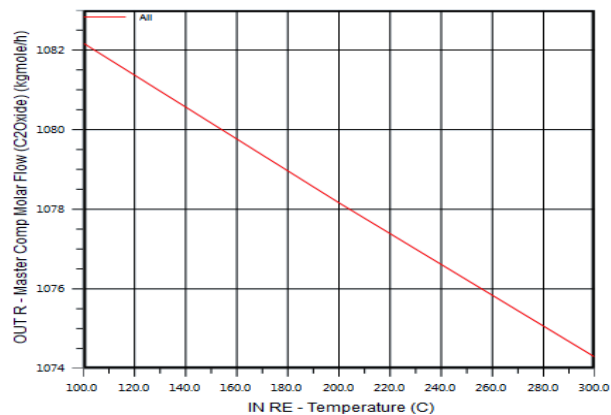


Figure 4. The effect of Temperature on Ethylene Oxide production

The Effect of Pressure on Ethylene Oxide production: Figure (6) shows the pressure has negative effect the flow rate of product decreases with pressure increases. The reaction between Oxygen and Ethylene occurs under a pressure of approximately 2000 kPa and a temperature of approximately 250 °C.

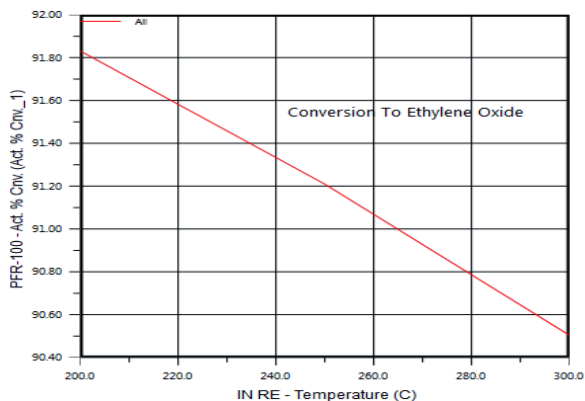


Figure 5. The effect of Temperature on Ethylene partial oxidation

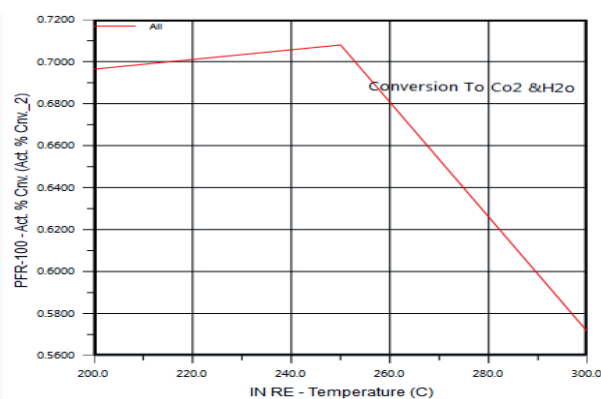


Figure 6. The effect of Temperature on Ethylene total oxidation

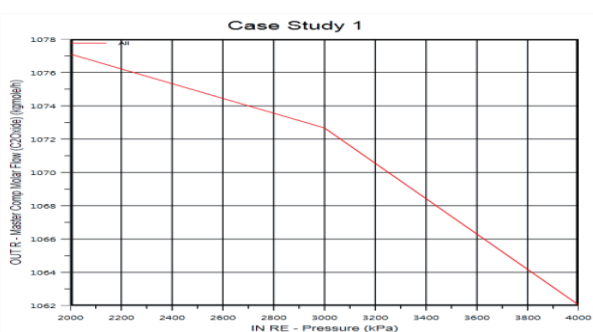


Figure 7. The effect of Pressure on ethylene oxide production

Conclusions

The oxidation process was simulated by the aspen (Hysys) software version.9 and it gave good results for operating condition. One of the most important results obtained from this work is that, it is very important to make analysis for the process operating condition. From this results, it can be seen that the optimum temperature to yield high amount of Ethylene Oxide is 200° C. But It has been proven that, the process was favored at a pressure of approximately 2000 kPa and a temperature of approximately 250 °C over a silver catalyst on an alumina oxide carrier. The results of simulation show that, high amount of Carbon dioxide and water contained at 250 °C. The selectivity towards Ethylene Oxide was decreasing over time and this is a result from deactivation of the catalyst. When this deactivation takes place, more Ethylene is more oxidized form Carbon dioxide and water. The simulation models yield Ethylene Oxide with purity of 99.2 %.

Recommendations

1. Using Aspen HYSYS program to develop any process will be very helpful, because it is very accurate and very helpful in equipment design and selection of the optimum operating conditions.
2. Detail studies must be taken for accurate selection of operation conditions and equipment specifications.
3. The simulation models need further and more study.
4. The simulation models need to add the CO₂ section [CO₂ absorption, CO₂ desorption] in order to: maintain an acceptable CO₂ concentration in the circulated reactor gas, avoid catalyst deactivation and improved selectivity towards Ethylene Oxide production.
5. The stream from the bottom of the second distillation column can be send to the glycol section because it contains Ethylene Oxide and water.

References

1. Bayat M., Hamidi M., Dehghani Z., Rahimpour M.R. Dynamic optimal design of an industrial ethylene oxide (EO) reactor viadifferential evolution algorithm. Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2013. no. 12. pp. 56–64.
2. Perzon H.A Simulation Model of a reactor for Ethylene Oxide production. 2015.
3. Kursawe D.C.A. Partial Oxidation of Ethene to Ethylene Oxide in Microchannel Reactors. 2009.
4. Trupti Ambar, Tyagee Chavan, Manali Kavale, Walke S.M. Simulation of Process Equipment by using Hysys. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). 2012. pp. 41–42.
5. Yusuff A.S., Adeyi A.A., Oseh J.O. Ethylene oxide Selectivity Enhancement from Oxidation of Ethylene on Silver Catalyst By Mathematical Modeling. International Journal of Scientific & Engineering Research. 2015. vol. 6. no. 6. pp. 1626-1642.

6. Leow W.R., Lum Y., Ozden A., Wang Y. et al. Chloride-mediated selective electrosynthesis of ethylene and propylene oxides at high current density. *Science*. 2020. vol. 368. no. 6496. P. 1228-1233. doi: 10.1126/science.aaz8459
7. Bononi M., Quaglia G., Tateo F. Identification of ethylene oxide in herbs, spices and other dried vegetables imported into Italy. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2014. vol. 31. no. 2. pp. 271-275. doi: 10.1080/19440049.2013.872808
8. Marsh G.M., Keeton K.A., Riordan A.S., Best E.A. et al. Ethylene oxide and risk of lympho-hematopoietic cancer and breast cancer: a systematic literature review and meta-analysis. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2019. vol. 92. no. 7. pp. 919-939. doi: 10.1007/s00420-019-01438-z
9. Zhang D., Hang P., Liu G. Recycle optimization of an ethylene oxide production process based on the integration of heat exchanger network and reactor. *Journal of Cleaner Production*. 2020. vol. 275. pp. 122773. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122773
10. Perzon H. A Simulation Model of a reactor for Ethylene Oxide production. 2015.
11. Schönfeldt N. Surface active ethylene oxide adducts. Elsevier, 2013.
12. Shintani H. Ethylene oxide gas sterilization of medical devices. *Biocontrol science*. 2017. vol. 22. no. 1. pp. 1-16. doi: 10.4265/bio.22.1
13. Sreejith L.S., Sasi R. Residual Ethylene Oxide in Medical Devices: Effects and Estimation Methods, an Overview. *Trends in Biomaterials & Artificial Organs*. 2020. vol. 34. no. 1.
14. Nawaz Z. Heterogeneous Reactor modeling of an industrial multitubular packed-Bed ethylene oxide reactor. *Chemical Engineering & Technology*. 2016. vol. 39. no. 10. pp. 1845-1857. doi: 10.1002/ceat.201500603
15. Bandehali S., Moghadassi A., Parvizian F., Hosseini S.M. et al. Advances in high carbon dioxide separation performance of poly (ethylene oxide)-based membranes. *Journal of Energy Chemistry*. 2020. vol. 46. pp. 30-52. doi: 10.1016/j.jechem.2019.10.019
16. Zeng G., Zhang Q., Wang X., Wu K.H. Association between blood ethylene oxide levels and the risk of cardiovascular diseases in the general population. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. vol. 28. no. 45. pp. 64921-64928.
17. Bessaire T., Stroheker T., Eriksen B., Mujahid C. et al. Analysis of ethylene oxide in ice creams manufactured with contaminated carob bean gum (E410). *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2021. vol. 38. no. 12. pp. 2116-2127. doi: 10.1080/19440049.2021.1970242
18. Danner A.K., Leibig D., Vogt L.M., Frey H. Monomer-activated copolymerization of ethylene oxide and epichlorohydrin: In situ kinetics evidences tapered block copolymer formation. *Chinese Journal of Polymer Science*. 2019. vol. 37. no. 9. pp. 912-918. doi: 10.1007/s10118-019-2296-y
19. Wei X., Chen L., Chaves B.D., Ponder M.A. et al. Modeling the effect of temperature and relative humidity on the ethylene oxide fumigation of *Salmonella* and *Enterococcus faecium* in whole black peppercorn. *LWT*. 2021. vol. 140. pp. 110742. doi: 10.1016/j.lwt.2020.110742
20. Pandya B.M., Shah B.H. Efficient use of Ethylene Oxide in Vinyl Sulphone Industry. *International Journal of Engineering Research*. 2013. vol. 2. no. 2. pp. 62-65.

Information about authors

Elrafie A. A. Allah Dr. Associate Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering & Technical Studies, University of El Imam El Mahdi, Kosti, P. O. box 209 Sudan, rafieah@gmail.com

A. Elhameed M.O. Kasif Dr. Associate Professor, Department of Food Processing Engineering, Faculty of Engineering and Technical Studies, University of El Imam El Mahdi, Kosti, P. O. box 209 Sudan, elkashify@hotmail.com

Yasir A. Mohamed Dr., Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of El Imam El Mahdi, Kosti, P. O. box 209 Sudan, yasir13000@yahoo.com

Ayat A. Elkhaliq H. Mahmoud Lecturer, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering & Technical Studies, University of El Imam El Mahdi, Kosti, P. O. box 209 Sudan, ayatabdo29019@gmail.com

Contribution

Elrafie A. A. Allah corrected the manuscript, improved the results discussion and put in the format required by the Journal before filing in editing and is responsible for plagiarism editing.

A. Elhameed M.O. Kasif proposed a scheme of the experiments and organized production trials, corrected the manuscript, improved the results discussion and put in the format required by the Journal before filing in editing and is responsible for plagiarism

Yasir A. Mohamed corrected the manuscript, improved the results discussion and put in the format required by the Journal before filing in.

Ayat A. Elkhaliq H. Mahmoud review of the literature on the investigated problem, conducted the experiments, performed the characterizations and measurements, and wrote the manuscript

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.20.2021

ACCEPTED 2.24.2022

Кинетические аспекты бромирования пластификатора фталатного типа


Раиса Н. Плотникова¹ yy@vsuet.ru  0000-0001-9559-4443

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

Аннотация. Рассмотрены основные характеристики сложной системы непредельный пластификатор-бром с использованием основных «рабочих компонентов» – изомеров 2-этилгексил-2-этилгексенфталата. Принято во внимание, что сложноэфирный пластификатор фталатного типа является полярным соединением с дипольным моментом на уровне диоктилфталата, входящего в его состав. Показано, что в процессе бромирования молекулярный бром вступает в физическое взаимодействие со всеми компонентами пластификатора. Дозированное введение брома в систему при высоких скоростях перемешивания приводит к образованию гомогенной термодинамически устойчивой системы, так как параметры растворимости компонентов практически одинаковы. С использованием модельной смеси бром-диоктилфталат-дибутилфталат показано, что смешение брома с пластификаторами в любых исследованных соотношениях не приводит к появлению границы «бром в пластификаторе» или «пластификатор в бrome». Тем самым установлена неограниченная растворимость брома в пластификаторе при условиях его бромирования. С использованием метода УФ-спектроскопии на модельных смесях уксусная кислота-бром-вода; уксусная кислота-бром-гексан доказано, что в реальной системе непредельный пластификатор-бром бромирование наиболее вероятно осуществляется только молекулярным бромом без образования димеров брома. Показан механизм бромирования непредельных фталатов, входящих в состав пластификатора. Предложена система кинетических уравнений в безразмерных переменных. Выявлено, что характер теоретических кривых существенно зависит от скорости введения брома при неизменном механизме реакции. Отмечено изменение лимитирующих стадий процесса бромирования в зависимости от скорости введения брома в систему.

Ключевые слова: кинетика бромирования, фталатные пластификаторы, УФ-спектроскопия, молекулярный бром, кинетическая модель

Kinetic aspects of bromination of a phthalate-type plasticizer

Raisa N. Plotnikova¹ yy@vsuet.ru  0000-0001-9559-4443

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

Abstract. The main characteristics of a complex system of unsaturated plasticizer-bromine using the main "working components" - isomers of 2-ethylhexyl-2-ethylhexene phthalate are considered. It is taken into account that the phthalate-type ester plasticizer is a polar compound with a dipole moment at the level of dioctyl phthalate included in its composition. It has been shown that in the process of bromination, molecular bromine enters into physical interaction with all components of the plasticizer. Dosed introduction of bromine into the system at high stirring speeds leads to the formation of a homogeneous thermodynamically stable system, since the solubility parameters of the components are practically the same. Using a model mixture of bromine-dioctyl phthalate-dibutyl phthalate, it was shown that mixing bromine with plasticizers in any investigated ratios does not lead to the appearance of the boundary "bromine in a plasticizer" or "plasticizer in bromine". This established the unlimited solubility of bromine in the plasticizer under the conditions of its bromination. Using the method of UV spectroscopy on model mixtures of acetic acid-bromine-water; acetic acid-bromine-hexane, it was proved that in a real system, unsaturated plasticizer-bromine, bromination is most likely carried out only with molecular bromine without the formation of bromine dimers. The mechanism of bromination of unsaturated phthalates included in the plasticizer is shown. A system of kinetic equations in dimensionless variables is proposed. It was found that the nature of the theoretical curves significantly depends on the rate of introduction of bromine with a constant reaction mechanism. A change in the limiting stages of the bromination process was noted depending on the rate of bromine introduction into the system.

Keywords: bromination kinetics, phthalate plasticizers, UV spectroscopy, molecular bromine, kinetic model

Введение

Исследование скорости реакций в зависимости от различных факторов представляет собой не только теоретический, но и практический интерес. От кинетических особенностей зависит как производительность применяемой аппаратуры, обеспечивающий необходимое количество продукции, так и характеристики данного оборудования. Подобное исследование позволяет выявить методы подавления нежелательных процессов и интенсификации целевых реакций [1–5].

Для построения кинетической модели необходимо знать характеристики реакционной

среды, установить механизм протекания процесса, наличие промежуточных продуктов и термодинамику процесса. Для многокомпонентных систем, созданных на основе отходов производства, определение подобных характеристик затруднено.

Исследуемый объект – сложная многокомпонентная система, предоставленная непредельным пластификатором, при кинетическом исследовании, порождает большие трудности для химического и математического описания [6]. Поэтому сложная система в рассматриваемом случае [7] смоделирована «рабочими компонентами» – изомерами 2-этилгексил-2-этилгексен-

Для цитирования

Плотникова Р.Н. Кинетические аспекты бромирования пластификатора фталатного типа // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 226–231. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-226-231

For citation

Plotnikova R.N. Kinetic aspects of bromination of a phthalate-type plasticizer. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 226–231. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-226-231

фталата. Ди-2-этилгексилфталат, дибутилфталат и примеси являются растворителем.

Методы

Сложные эфиры карбоновых кислот являются полярными соединениями. Дипольный момент ди-*n*-бутил-*o*-фталата, входящего в состав пластификатора, равен 2,82 D; диэлектрическая проницаемость самого пластификатора находится на уровне диэлектрической проницаемости уксусной кислоты [8], дипольный момент которой составляет 1,74 D. Молекулярный бром, обладая одной из самых высоких величин поляризуемости $\alpha = 6,43 \times 10^3 \text{ м}^3$ на одну молекулу, вступает в физическое взаимодействие со всеми компонентами пластификатора, что ведет к образованию гомогенной термодинамически устойчивой системы, так как параметры растворимости компонентов практически одинаковы [7].

С целью определения растворимости брома в пластификаторе исследовали модельную смесь бром-диоктилфталат-дибутилфталат (Br_2 -ДОФ-ДБФ), поскольку бром вступает в реакцию с непредельными эфирами изучаемого пластификатора в исследованном интервале температур от 273 до 333 К.

Указанная модельная смесь выбрана в соответствии с литературными данными, свидетельствующими, что ДОФ и ДБФ при соблюдении обоснованных в [8, 9] оптимальных условиях реакции бромирования не вступают во взаимодействие с бромом.

В ходе исследования указанной модельной смеси приливали к смеси эфиров ДОФ и ДБФ, взятых в соотношении 9:1, молекулярный бром в количестве 1÷200 мас. % на 10 мас. % эфиров, и определяли наличие границы пластификатор-бром. Проведенное исследование позволило сделать вывод о неограниченной растворимости брома в пластификаторе при условиях его бромирования, поскольку смешение брома с пластификаторами в любых указанных соотношениях не приводило к появлению границы «бром в пластификаторе» или «пластификатор в бrome».

Результаты и обсуждение

Попытка построить диаграммы, характеризующие зависимости температуры кипения раствора от состава, не дала желаемого результата, поскольку было отмечено повышение реакционной способности *o*-фталатов с образованием бромированных в ядро или бромзамещенных в алифатическом радикале фталатов. Кроме того известно, что температура кипения брома 332,2 К, в то время как ДБФ кипит при 613 К, а ДОФ – при 404 К (при 666,5 кПа). Давление паров ДБФ при 423 К составляет 6,7–21,0 Па.

Следовательно бром, не вступивший в реакцию, удаляется из жидкой фазы раньше, чем она закипает. Удельная молярная теплота испарения для брома $\Delta H_{\text{исп}} = 29,5 \text{ кДж/моль}$, для ДБФ $\Delta H_{\text{исп}} = 100 \text{ кДж/моль}$.

При растворении 28 мл брома в 100 мл ДОФ в течении 6 мин при скорости подачи брома 4,7 моль/мин наблюдали повышение температуры смеси с 296,9 до 303,2 К. То есть температура поднялась на 5,3 градуса, что свидетельствует об отрицательном изменении энтальпии при смешении с образованием термодинамически устойчивой гомогенной системы [10].

Большинство схем бромирования непредельных органических соединений, предлагаемых в литературе, предполагают образование активированного комплекса, представленного в виде циклического катиона бромония.

Переходное состояние в электрофильных реакциях присоединения брома, характеризующее образованием катиона бромония, включает две стадии: стадию образования циклического переходного комплекса бром-олефин, считающуюся лимитирующей, и стадию, завершающую присоединение брома [11, 12].

Ряд авторов предполагает, что при бромировании непредельных органических соединений атака олефина на первой стадии производится димерными молекулами брома [13, 14]. Образование последних требует специального доказательства. С этой целью проведены исследования модельных смесей уксусная кислота-бром-вода; уксусная кислота-бром-гексан методом ультрафиолетовой спектроскопии на спектрометре SPECORD-UVVIS в области $30000\text{--}12800 \text{ см}^{-1}$ с лампой накаливания. Спектрограммы приведены на рисунках 1, 2.

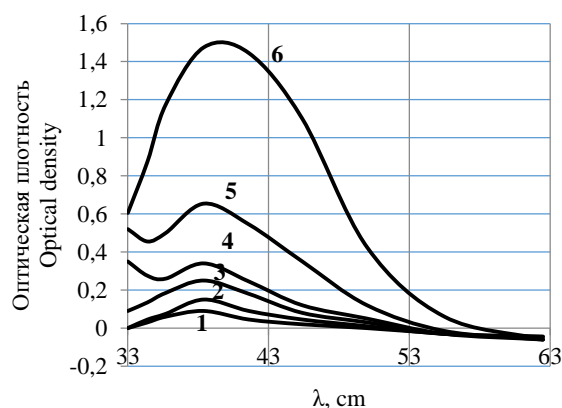


Рисунок 1. УК-спектр модельной смеси бром-уксусная кислота-вода с концентрацией брома в уксусной кислоте, моль/л: 1 – 0,039; 2 – 0,39; 3 – 0,68; 4 – 0,97; 5 – 1,4; 6 – 3,9

Figure 1. UK-spectrum of a model mixture of bromine-acetic acid-water with bromine concentration in acetic acid, mol / l: 1 – 0,039; 2 – 0,39; 3 – 0,68; 4 – 0,97; 5 – 1,4; 6 – 3,9

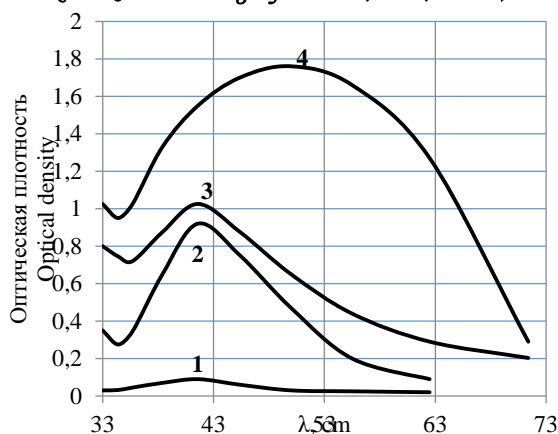


Рисунок 2. УК-спектр модельной смеси бром-уксусная кислота-гексан с концентрацией брома в уксусной кислоте, моль/л: 1 – 0,036; 2 – 1,4; 3 – 1,7; 4 – 4,0

Figure 2. UK-spectrum of a model mixture of bromine-acetic acid-hexane with bromine concentration in acetic acid, mol/l: 1 – 0,036; 2 – 1,4; 3 – 1,7; 4 – 4,0

Указанные модельные смеси выбраны с целью выявления полос поглощения за счет образования димеров брома. Известно, что при образовании ассоциатов наряду с полосой поглощения молекулярного соединения появляются полосы поглощения ассоциатов. Увеличение концентрации ассоциатов приводит к усилению полосы их поглощения за счет ослабления полосы поглощения, характеризующей молекулярное состояние [15–19]. Повышение температуры и введение полярных растворителей приводит также к ослаблению или полному исчезновению полосы поглощения ассоциатов и усилению полосы поглощения, характерной для молекулярного состояния.

Как следует из приведенной структуры модельных систем, уксусная кислота использована взамен непределельного пластификатора. Подобная замена была произведена на основании выводов, сделанных [8] относительно близости характеристик диэлектрической проницаемости непределельного пластификатора и уксусной кислоты.

Полярный растворитель – вода в первом случае использован с целью разрушения возможно присутствующих в системе димеров брома и получения чистой полосы поглощения молекулярного брома, которая могла бы быть использована для сравнения со спектром поглощения в неполярном растворителе. В данном случае высокая полярность воды и низкая концентрация брома исключает образование в этой системе ассоциатов брома.

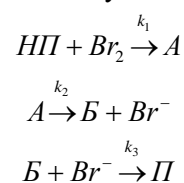
Выбор системы уксусная кислота-бром-гексан обоснован тем, что гексан является неполярным растворителем, и поэтому никакого дополнительного воздействия на модельную систему при соотношении уксусная кислота –

ром 5:1 не оказывает. Указанное соотношение компонентов имеет место в реальной системе непределельный пластификатор-бром.

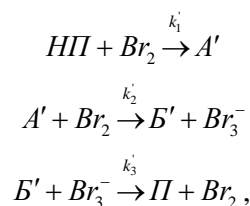
Спектры системы, снятой в неполярном гексане, могли бы отразить полосу поглощения, свидетельствующую об образовании ассоциированных молекул брома. Однако, как видно из рисунков 1–2, спектры модельных систем имеют только одну полосу поглощения, соответствующую молекулярному бром при любых приведенных концентрациях брома в модельной смеси.

Таким образом в реальной системе непределельный пластификатор-бром бромирование наиболее вероятно осуществляется только молекулярным бромом.

В таком случае механизм бромирования возможно представить следующим образом [20, 21]:



или



где НП – непределельный пластификатор; П – продукт реакции; А и А', Б и Б' – промежуточные комплексы.

Классическая модель бромирования одновременно двух непределельных компонентов, входящих в состав пластификатора, с непрерывной подачей брома в безразмерных переменных приобретает вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dX_{\text{НП}_1}}{d\tau} &= -k_1 \frac{X_{\text{НП}_1} X_{\text{Br}_2}}{\alpha \delta} \\ \frac{dX_{\text{НП}_2}}{d\tau} &= -k_2 \frac{X_{\text{НП}_2} X_{\text{Br}_2}}{\alpha \delta} \\ \frac{dX_{\text{Br}_2}}{d\tau} &= \frac{\alpha U_0}{\delta} - k_1 \frac{X_{\text{НП}_1} X_{\text{Br}_2}}{\alpha \delta} - k_2 \frac{X_{\text{НП}_2} X_{\text{Br}_2}}{\alpha \delta} \end{aligned} \right.$$

Если принять $\alpha = (C_{\text{НП}_{01}} + C_{\text{НП}_{02}})^{-1} = C_{\text{НП}_0}^{-1}$, откуда $\delta = k_1/\alpha = k_1 C_{\text{НП}_0}$, тогда

$$\begin{aligned} X_{\text{НП}_1} &= \frac{C_{\text{НП}_1}}{C_{\text{НП}_0}}; & X_{\text{НП}_2} &= \frac{C_{\text{НП}_2}}{C_{\text{НП}_0}}; \\ X_{\text{Br}_2} &= \frac{C_{\text{Br}_2}}{C_{\text{НП}_0}}; & \tau &= k_1 C_{\text{НП}_0} t. \end{aligned}$$

Окончательно для кинетической модели имеем:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dX_{НП_1}}{d\tau} = -X_{НП_1} X_{Br_2} \\ \frac{dX_{НП_2}}{d\tau} = -\gamma X_{НП_2} X_{Br_2} \\ \frac{dX_{Br_2}}{d\tau} = \beta - X_{НП_1} X_{Br_2} - \gamma X_{НП_2} X_{Br_2} \end{array} \right\},$$

где $\beta = U_0 C_{НП_0}^2 / k_1$; $\gamma = k_1 / k_2$.

Решение системы в графическом виде для значения $\gamma = 0,25$ представлены на рисунке 3.

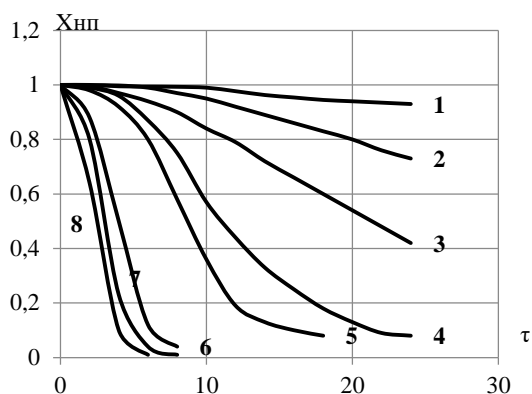


Рисунок 3. Зависимость $X_{НП}$ от τ при $\gamma = 0,25$ для различных значений β

Figure 3. Dependence of X_{NP} on τ at $\gamma = 0.25$ for different values of β

При анализе полученных графических зависимостей выявлено, что характер теоретических кривых существенно зависит от значений коэффициента β при неизменном механизме

реакции. В области больших значений β кинетические кривые относительно оси ординат имеют зеркально S-образный вид (кривые 5–7). С уменьшением значений β S-образность постепенно исчезает (кривые 2–4). И, наконец, зависимость $X_{НП} = X_{НП}(\tau)$ становится практически линейной (прямая 1).

Основные причины отмеченного поведения кинетических зависимостей состоят в том, что изменяются лимитирующие стадии процесса бромирования. При больших β скорость подачи брома превосходит кинетическую константу, и, следовательно, основные сопротивления сосредотачиваются в кинетической области. При малых β процесс лимитируется скоростью подачи брома. Естественно, что при промежуточных значениях β наблюдается смешанная область.

Заключение

Бромирование непереломленного пластификатора из отходов производства, содержащего в своем составе изомеры 2-этилгексил-2-этилгексенфталата, идет с образованием гомогенной термодинамически устойчивой системы молекулярным бромом без образования его димеров.

Построенная кинетическая модель бромирования непереломленного фталатного пластификатора в безразмерных переменных позволила определить, что основным лимитирующим фактором процесса является скорость введения брома в систему. Получены параметры безразмерной переменной, определяющей переход процесса бромирования из кинетической в диффузионную область.

Литература

- 1 Федотов В.Х., Кольцов Н.И., Косьянов П.М. Влияние автокаталитических стадий на динамику сопряженных химических реакций // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2020. Т. 63. №. 2. С. 14-20. doi: 10.6060/ivkkt.20206302.6053
- 2 Fedotov V. Kh., Kol'tsov N.I. Kinetics of reduced models of catalytic reactions // Rus. Journ. Phys. Chem. B. 2015. V. 10. № 6. P. 875–883.
- 3 Федотов В.Х., Кольцов Н.И. Кинетические квазиинварианты химических реакций в закрытых системах // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2019. V. 62. №. 6. P. 47-52.
- 4 Кольцов Н.И. Квазиинварианты химических реакций в распределенных системах с диффузией // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2021. V. 64. №. 1.
- 5 Федотов В. Х., Кольцов Н. И. Кинетические квазиинварианты химических реакций в закрытых системах // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2019. V. 62. №. 6. P. 47-52.
- 6 Lee B., Yoo J., Kang K. Predicting the chemical reactivity of organic materials using a machine-learning approach // Chemical science. 2020. V. 11. №. 30. P. 7813-7822. doi: 10.1039/d0sc01328e
- 7 Плотникова Р.Н. Исследование свойств бромированной фталатсодержащей системы и определение областей ее применения // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 290–296. doi: 10.20914/2310-1202-2021-1-290-296
- 8 Плотникова Р.Н., Корчагин В.И., Попова Л.В. Бромирование фталатсодержащих систем, полученных из отходов производства // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2021. Т. 64. №. 11. С. 112-116. doi: 10.6060/ivkkt.20216411.6429
- 9 Плотникова Р.Н. Исследование процесса нейтрализации бромсодержащих систем фталатного типа // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 236–241. doi: 10.20914/2310-1202-2020-4-236-241
- 10 Бондарчук И.С., Бондарчук С.С. Кинетика гомогенных реакций. 2019.

- 11 Koltsov N.I. Chaotic oscillation in for-step chemical reaction // *Rus. Journ. Phys. Chem. B*. 2017. V. 11. № 6. P. 1047–1048.
- 12 Кольцов Н.И., Федотов В.Х. Хаотические колебания в простой гетерогенной каталитической реакции // *Бутлеровские сообщения*. 2017. Т. 50. №. 6. С. 30–33.
- 13 Быков В.И. Моделирование критических явлений в химической кинетике. URSS, 2006.
- 14 Bykov V.I., Tsybenova S.B., Yablonsky G.S. *Chemical complexity via simple models*. Berlin. New York: Germany. De Gruyter. 2018. 364 p.
- 15 Ouhaddouch H., Cheikh A., Idrissi M.O.B., Draoui M. et al FT-IR spectroscopy applied for identification of a mineral drug substance in drug products: Application to bentonite // *Journal of Spectroscopy*. 2019. doi: 10.1155/2019/2960845
- 16 Segneau A.E., Gozescu I., Dabici A., Sfirloaga P. et al. *Organic compounds FT-IR spectroscopy*. Rijeka, Croatia: InTech, 2012. V. 145. doi: 10.5772/50183
- 17 Казицина Л.А., Куплетская Н.Б. *Применение УФ-, ИК-, ЯМР-спектроскопии в органической химии*. М.: Книга по Требованию, 2012. 262 с.
- 18 Хрипач Н., Барановский А. *Применение спектроскопии в органической химии* // *Наука и инновации*. 2013. № 3 (121). С. 6–9.
- 19 Boughendjioua H., Boughendjioua Z. Fourier transformed infrared spectroscopy analysis of constituents of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil from Algeria // *Inorganic materials*. 2017. V. 14. P. 15. doi: 10.11648/j.ajop.20170503.12
- 20 Плотникова Р.Н. Моделирование процесса бромирования ненасыщенных фталатсодержащих систем // *Моделирование энергоинформационных процессов: сборник статей IX Национальной научно – практической конференции с международным участием*. Воронеж: 2021. С. 165–169.
- 21 Tsai Y. T., Lin H., Lee M. J. Kinetics of heterogeneous esterification of glutaric acid with methanol over Amberlyst 35 // *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 2011. V. 42. №. 2. P. 271–277. doi: 10.1016/j.jtice.2010.07.010


References

- 1 Fedotov V.Kh., Koltsov N.I., Kosyanov P.M. Influence of autocatalytic stages on the dynamics of overestimated risks. *News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology*. 2020. vol. 63. no. 2. pp. 14–20. doi: 10.6060/ivkkt.20206302.6053 (in Russian).
- 2 Fedotov V. Kh., Koltsov N.I. Kinetics of reduced models of catalytic reactions. *Rus. Journ. Phys. Chem. B*. 2015. vol. 10. no. 6. pp. 875–883.
- 3 Fedotov V.Kh., Koltsov N.I. Kinetic quasi-invariants of chemical reactions in closed systems. *Izvestia of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology*. 2019. vol. 62. no. 6. pp. 47–52. (in Russian).
- 4 Koltsov N.I. Quasi-invariants of chemical reactions in distributed systems with diffusion. *News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology*. 2021. vol. 64. no. 1. (in Russian).
- 5 Fedotov V. Kh., Koltsov N. I. Kinetic quasi-invariants of chemical reactions in closed systems. *Chemistry and chemical technology*. 2019. vol. 62. no. 6. pp. 47–52. (in Russian).
- 6 Lee B., Yoo J., Kang K. Predicting the chemical reactivity of organic materials using a machine-learning approach. *Chemical science*. 2020. vol. 11. no. 30. pp. 7813–7822. doi: 10.1039/d0sc01328e
- 7 Plotnikova R.N. Investigation of the properties of a brominated phthalate-containing system and the determination of its applications. *Proceedings of VSUET*. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 290–296. doi: 10.20914/2310-1202-2021-1-290-296 (in Russian).
- 8 Plotnikova R.N., Korchagin V.I., Popova L.V. Bromination of phthalate-containing systems obtained from production wastes. *Izvestia of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology*. 2021. vol. 64. no. 11. pp. 112–116. doi:10.6060/ivkkt.20216411.6429 (in Russian).
- 9 Plotnikova R.N. Investigation of the process of neutralization of bromine-containing systems of the phthalate type. *Proceedings of VSUET*. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 236–241. doi: 10.20914/2310-1202-2020-4-236-241 (in Russian).
- 10 Bondarchuk I.S., Bondarchuk S.S. Kinetics of homogeneous reactions. 2019. (in Russian).
- 11 Koltsov N.I. Chaotic oscillation in for-step chemical reaction. *Rus. Journ. Phys. Chem. B*. 2017. vol. 11. no. 6. pp. 1047–1048.
- 12 Koltsov N.I., Fedotov V.Kh. Chaotic oscillations in a simple heterogeneous catalytic reaction. *Butlerov Communications*. 2017. vol. 50. no. 6. pp. 30–33. (in Russian).
- 13 Bykov V.I. Modeling of critical phenomena in chemical kinetics. URSS, 2006. (in Russian).
- 14 Bykov V.I., Tsybenova S.B., Yablonsky G.S. *Chemical complexity via simple models*. Berlin. New York, Germany. De Gruyter. 2018. 364 p.
- 15 Ouhaddouch H., Cheikh A., Idrissi M.O.B., Draoui M. et al FT-IR spectroscopy applied for identification of a mineral drug substance in drug products: Application to bentonite. *Journal of Spectroscopy*. 2019. doi: 10.1155/2019/2960845
- 16 Segneau A.E., Gozescu I., Dabici A., Sfirloaga P. et al. *Organic compounds FT-IR spectroscopy*. Rijeka, Croatia, InTech, 2012. vol. 145. doi: 10.5772/50183
- 17 Kazitsina L.A., Kupletskaya N.B. *Application of UV, IR, NMR spectroscopy in organic chemistry*. Moscow, Book on Demand, 2012. 262 p. (in Russian).
- 18 Khripach N., Baranovsky A. *Application of spectroscopy in organic chemistry*. Science and innovations. 2013. no. 3 (121). pp. 6–9. (in Russian).
- 19 Boughendjioua H., Boughendjioua Z. Fourier transformed infrared spectroscopy analysis of constituents of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil from Algeria. *Inorganic materials*. 2017. vol. 14. pp. 15. doi: 10.11648/j.ajop.20170503.12


20 Plotnikova R.N. Modeling of the process of bromination of unsaturated phthalate-containing systems. Modeling of energy-information processes: collection of articles of the IX National Scientific and Practical Conference with international participation. Voronezh, 2021. pp. 165–169. (in Russian).

21 Tsai Y. T., Lin H., Lee M. J. Kinetics of heterogeneous esterification of glutaric acid with methanol over Amberlyst 35. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2011. vol. 42. no. 2. pp. 271-277. doi: 10.1016/j.jtice.2010.07.010

Сведения об авторах

Раиса Н. Плотникова к.х.н., доцент, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, yy@vsuet.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9559-4443>

Information about authors

Raisa N. Plotnikova Cand. Sci. (Chem.), associate professor, industrial ecology, equipment for chemical and petrochemical plants department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, yy@vsuet.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9559-4443>

Вклад авторов

Раиса Н. Плотникова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Raisa N. Plotnikova 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 20/12/2021	После редакции 24/01/2022	Принята в печать 15/02/2022
Received 20/12/2021	Accepted in revised 24/01/2022	Accepted 15/02/2022

Придание волокнистым поликапроамидным материалам ионообменных свойств химически инициированной привитой сополимеризацией

Валерий А. Жуковский ¹	rdd.lintex@gmail.com	 0000-0001-7092-9155
Валентина А. Хохлова ¹	thvikm@yandex.ru	 0000-0002-8148-1517
Татьяна С. Филипенко ¹	tanek-f@rambler.ru	 0000-0001-7878-6371
Татьяна Ю. Анущенко ¹	atu0106@yandex.ru	 0000-0002-9266-0756

¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, д. 18, Санкт-Петербург, 191186, Россия

Аннотация. Изучение видов и свойств хирургических нитей, а также опыта производства шовного хирургического материала и его использования показывает, что наиболее перспективными для хирургической практики являются нити с антимикробными свойствами. Из способов закрепления лекарственных соединений химическими связями для шовных материалов наиболее целесообразным является присоединение их по реакции ионообменного взаимодействия. Поскольку поликапроамид (ПКА) практически не содержит функциональных групп, то для придания ПКА волокнистым материалам ионообменных свойств необходима стадия предварительной модификации. Одной из таких стадий модификации является процесс привитой полимеризации метакриловой кислоты (МАК) с целью создания активных групп на волокне, например, пероксидных или гидропероксидных. Модификация химических волокон путем привитой сополимеризации с иногенными мономерами является одним из распространенных способов получения волокнистых ионитов. Разработаны принципы, новые подходы и технологии придания волокнистым поликапроамидным материалам ионообменных свойств химически инициированной привитой сополимеризацией. Выявлены закономерности получения волокнистых ПКА сорбционно активных материалов путем химического инициирования окислительно-восстановительной системой ($Fe^{2+}+H_2O_2$), находящейся в модифицирующей ванне, а также в результате предварительного окисления ПКА волокна с целью создания пероксидных и гидропероксидных групп на волокне.

Ключевые слова: поликапроамидные волокна, ионообменные свойства, привитая сополимеризация, хирургические нити, антимикробные свойства

Imparting ion-exchange properties to fibrous polycapraamide materials by chemically initiated graft copolymerization

Valeriy A. Zhukovskiy ¹	rdd.lintex@gmail.com	 0000-0001-7092-9155
Valentina A. Khokhlova ¹	thvikm@yandex.ru	 0000-0002-8148-1517
Tatyana S. Filipenko ¹	tanek-f@rambler.ru	 0000-0001-7878-6371
Tatyana U. Anuschenko ¹	atu0106@yandex.ru	 0000-0002-9266-0756

¹ Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Bolshaya Morskaya Street, 18, Saint-Petersburg, 191186, Russia

Abstract. The study of the types and properties of surgical threads, as well as the experience in the production of suture surgical material and its use shows that the most promising for surgical practice are threads with antimicrobial properties. Of the methods for fixing medicinal compounds with chemical bonds for suture materials, the most expedient is their attachment by the reaction of ion-exchange interaction. Since polycapraamide (PCA) practically does not contain functional groups, a preliminary modification stage is required to impart ion-exchange properties to PCA fibrous materials. One of these stages of modification is the process of graft polymerization of methacrylic acid (MAA) in order to create active groups on the fiber, for example, peroxide or hydroperoxide. Modification of chemical fibers by graft copolymerization with inogenic monomers is one of the widespread methods of obtaining fibrous ion exchangers. Principles, new approaches and technologies for imparting ion-exchange properties to fibrous polycapraamide materials by chemically initiated graft copolymerization have been developed. Regularities in the production of fibrous PCA of sorption active materials by chemical initiation by a redox system ($Fe^{2+}+H_2O_2$) located in a modifying bath, as well as by pre-oxidation of fiber PCA in order to create peroxide and hydroperoxide groups on the fiber, are revealed.

Keywords: polycapraamide fibers, ion exchange properties, graft copolymerization, surgical sutures, antimicrobial properties

Введение

Создание новых полимерных материалов и изделий медицинского назначения на их основе с использованием технологий придания им специальных свойств в значительной мере определяет дальнейший прогресс практической хирургии. Так, качество, химический состав

и структура шовных материалов, сетчатых эндопротезов и других имплантатов, а также реакция на них окружающих тканей в существенной степени влияют на исход оперативных вмешательств. Следовательно, хирургические полимерные имплантаты должны отвечать медико-техническим требованиям в отношении

Для цитирования

Жуковский В.А., Хохлова В.А., Филипенко Т.С., Анущенко Т.Ю. Придание волокнистым поликапроамидным материалам ионообменных свойств химически инициированной привитой сополимеризацией // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 232–237. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-232-237

For citation

Zhukovskiy V.A., Khokhlova V.A., Filipenko T.S., Anuschenko T.U. Imparting ion-exchange properties to fibrous polycapraamide materials by chemically initiated graft copolymerization. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 232–237. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-232-237

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

прочностных и манипуляционных характеристик, минимальной материалоемкости с учетом условий функционирования в организме, биологической инертности, а в ряде случаев биологической активности для целенаправленного воздействия на окружающую микрофлору. Имплантированные в организм полимерные материалы (хирургические нити, сетчатые эндопротезы для пластики опорных мягких тканей и др.) достаточно быстро колонизируются микрофлорой, образующей на поверхности изделия биопленку, защищающую их от воздействия как факторов иммунной защиты организма, так и антимикробных препаратов. С учетом этой ситуации целесообразно воздействие на микроорганизмы изнутри, т. е. непосредственно с поверхности имплантата, содержащего соответствующие лекарственные препараты, что позволяет снизить их концентрацию в организме и локализовать воздействие [1–8].

Поскольку поликапроамид (ПКА) практически не содержит функциональных групп, то для придания ПКА волокнистым материалам ионообменных свойств необходима стадия предварительной модификации ПКА волокон. Модификация включает процесс привитой полимеризации метакриловой кислоты с целью введения в волокна карбоксильных групп. Привитая полимеризация является наиболее эффективным методом модификации волокон с целью придания им ионообменных свойств [9].

Цель работы – выявление закономерностей процесса привитой полимеризации метакриловой кислоты (МАК) к поликапроамидным (ПКА) волокнам.

Материалы и методы

В качестве исследуемых объектов были использованы ПКА крученые нити с линейной плотностью 15,6 текс. Контроль за процессом привитой сополимеризации производили по статистической обменной емкости (СОЕ) нити, а за конкурирующим процессом гомополимеризации – по количеству полиметакриловой кислоты (ПМАК), осаждаемой ацетоном из модифицирующей ванны.

Результаты и обсуждение

Присоединение мономера к полимерной матрице осуществляют по механизму радикальной или ионной полимеризации, а также поликонденсации. Наибольшее применение для синтеза волокон с привитыми полимерами находит радикальная полимеризация, в основу которой положен принцип создания в макромолекуле «активного центра», начинающего реакцию привитой сополимеризации.

Синтез привитых сополимеров состоит в прививке к реакционноспособным группам основного полимера боковых звеньев сополимера, обладающего иными свойствами. В результате таких модификаций волокна приобретают свойства, характерные как для основного полимера, так и для дополнительного полимера, например, улучшение окрашивания, повышение эластичности, упругости, гигроскопичности, износостойкости, огнестойкости, бактерицидности и т. д. [10, 11].

Как правило, чем больше эффективность прививки, тем выше коэффициент прививки, когда используемый мономер является постоянным. В этом случае более высокая производительность может быть достигнута. По этой причине некоторые исследования оплачивались очень дорого.

Повысить эффективность привитой полимеризации возможно за счет поиска подходящих инициаторов [12].

Привитая сополимеризация МАК к ПКА волокнам возможна с использованием окислительно-восстановительной системы $Fe^{2+} + H_2O_2$, оба компонента которой находятся в модифицирующей ванне, либо в результате предварительного создания пероксидных и гидропероксидных групп на волокне [13–15] (рисунок 1).

В первом случае прививку проводили путем обработки ПКА нити 5–20% растворами МАК в течение 15–120 минут при температуре 40–100 С и модуле ванны (МВ) 100. Учитывая негативное влияние кислой среды, создаваемой МАК, на прочностные показатели ПКА нитей (снижение до 20%), рН ванны регулировали в пределах 2,2–10,0 добавлением едкого натра.

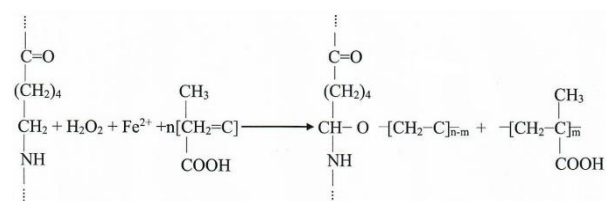


Рисунок 1. Прививка МАК к поликапроамидной нити с использованием окислительно-восстановительной системы $Fe^{2+} + H_2O_2$, оба компонента которой находятся в модифицирующей ванне

Figure 1. Grafting of MAA to polycaprolactam yarn using a redox system $Fe^{2+} + H_2O_2$, both components of which are in a modifying bath.

Концентрация пероксида водорода составляла 0,1%, а содержание в ванне ионов двухвалентного железа (в пересчете на соль Мора) варьировалась от 0,01 до 0,2%. После обработки нить отмывали от гомополимера 5%

раствором едкого натра, а следов железа – 5% раствором щавелевой кислоты и затем дистиллированной водой.

Полученные данные показывают, что с увеличением концентрации МАК модифицирующей ванне и продолжительности процесса, закономерно увеличивается количество привитого полимера.

Однако, при концентрациях МАК выше 15% резко возрастает содержание гомополимера в ванне. Нецелесообразно также увеличивать длительность процесса более 60 минут, т. к. при этом не происходит заметного повышения выхода привитого сополимера, а гомополимеризация продолжается.

Увеличение температуры до 40–60 °С приводит к росту СОЕ модифицированных нитей. При дальнейшем повышении температуры до 80–100 °С выход привитого сополимера несколько снижается и одновременно увеличивается количество образующегося гомополимера.

Присутствие ионов двухвалентного железа оказывает существенное влияние на реакцию привитой сополимеризации, но в значительно большей степени на гомополимеризацию МАК, способствуя снижению количества образующегося гомополимера в 2,0–2,5 раза. При концентрации соли Мора в растворе более 0,05% наблюдается определенное снижение количества привитой МАК, что может быть обусловлено увеличением скорости рекомбинации радикалов и макрорадикалов.

По результатам приведенных исследований можно предложить следующий режим прививки МАК к ПКА [16,17]: концентрация мономера 15%, температура 60 °С; продолжительность обработки 60 мин; рН раствора – 4,5; концентрация Fe^{2+} – 0,05%; концентрация H_2O_2 –0,1%; МВ – 100. В данных условиях СОЕ нити достигает значений 2,1–2,3 ммоль/г.

Основным недостатком рассмотренного процесса является образование значительного количества гомополимера в растворе даже в присутствии ионов двухвалентного железа. Существенным образом уменьшить скорость реакции гомополимеризации можно в случае введения одного из компонентов окислительно-восстановительной системы непосредственно в полимер нити.

С этой целью привитую сополимеризацию МАК к ПКА нитям инициировали пероксидными и гидропероксидными группами, которые предварительно вводили в полимер окислением системой $Fe^{3+}+H_2O_2$ (рисунок 2). Преимуществом данного метода, с одной стороны, является

существенное уменьшение вероятности образования гомополимера, а с другой – сохранение физико-механических свойств нитей [13, 16].

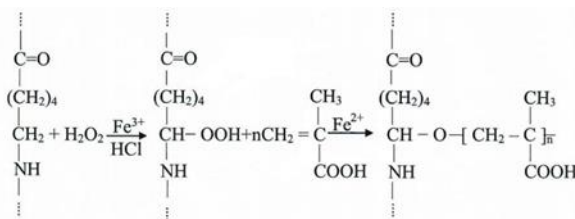


Рисунок 2. Прививка МАК к ПКА нити с использованием окислительно-восстановительной системы $Fe^{3+}+H_2O_2$, один компонент которой окисляет полимер нити

Figure 2. Grafting of MAA to PCA filament using the $Fe^{3+}+H_2O_2$ redox system, one component of which oxidizes the filament polymer

Для введения пероксидных и гидропероксидных групп ПКА нить последовательно обрабатывали раствором хлорного железа в разбавленной соляной кислоте и водным раствором пероксида водорода. Контроль за процессом окисления осуществляли по содержанию активного кислорода в образцах [9, 18].

Как видно, на рисунке 3, кислая среда способствует набуханию ПКА, в результате чего увеличивается число пероксидных и гидропероксидных групп, образующихся в более глубоких слоях элементарных нитей.

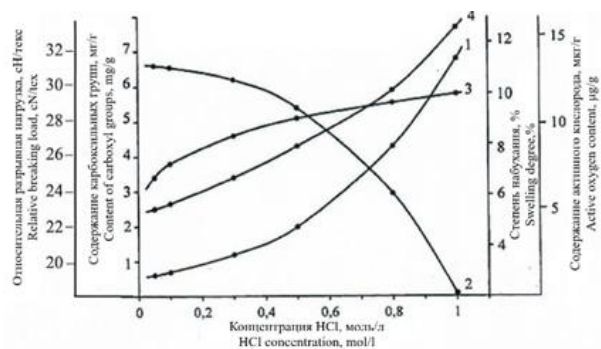


Рисунок 3. Зависимости степени набухания (1), относительной разрывной нагрузки (2), содержания карбоксильных групп (3) и активного кислорода (4) в окисленной поликапроамидной нити от концентрации соляной кислоты в ванне

Figure 3. Dependences of the degree of swelling (1), relative breaking load (2), the content of carboxyl groups (3) and active oxygen (4) in the oxidized polycapraamide thread on the concentration of hydrochloric acid in the bath

Повышение концентрации кислоты более 0,3 моль/л нецелесообразно, т. к. при этом усиливается гидролитическая деструкция поликапроамида, на что указывает увеличение

количества концевых карбоксильных групп в полимере, рассчитанное по СОЕ, и, как следствие, резкое падение прочности ПКА нитей [19, 20].

При изучении условий окисления ПКА нити установлено, что содержание в ней активного кислорода, ответственного за инициирование привитой сополимеризации, непрерывно возрастает с увеличением концентрации хлорного железа (рисунок 4).

Однако, при концентрациях хлорного железа выше 5% наблюдается интенсивное образование гидрата окиси железа. Поэтому последующие обработки осуществляли при концентрации хлорного железа в ванне 5%. За оптимальную температуру и продолжительность обработок по данным полученных зависимостей приняты соответственно 60 °С и 40 мин, поскольку дальнейшее повышение этих параметров не приводит к существенному увеличению количества пероксидных и гидропероксидных групп в ПКА.

ПКА нитей пероксида водорода, то повышение его концентрации более 10% и температуры обработки свыше 40 °С фактически не влияет на количество активного кислорода в полимере. Реакция в этих условиях практически заканчивается за 20–30 минут. Содержание активного кислорода при обработке нитей в данном режиме 6,4–6,7 мкг/г (рисунок 5).

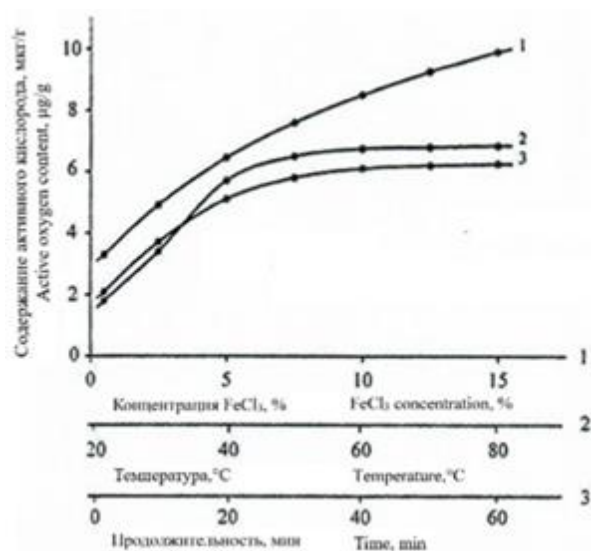


Рисунок 4. Зависимость содержания активного кислорода в ПКА нити от концентрации (1), температуры (2) и продолжительности (3) при обработках растворами хлорного железа

Figure 4. Dependence of the content of active oxygen in the PCA filament on the concentration (1), temperature (2) and duration (3) during treatment with ferric chloride solutions

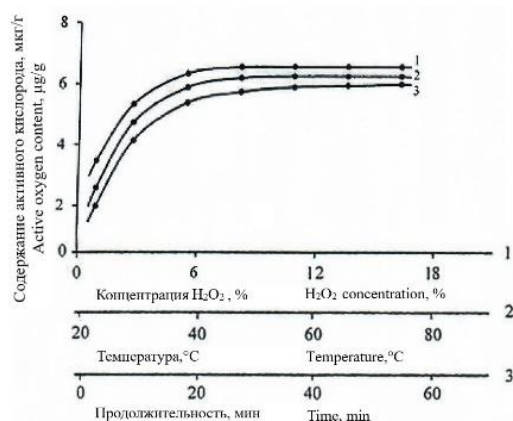


Рисунок 5. Зависимость содержания активного кислорода в ПКА нити от концентрации (1), температуры (2) и продолжительности (3) при обработке раствором пероксида водорода

Figure 5. Dependence of the content of active oxygen in the PCA thread on the concentration (1), temperature (2) and duration (3) when treated with a solution of hydrogen peroxide

К обработанным таким образом нитям после тщательной промывки прививали МАК, осуществляя реакцию в 5–10% водных растворах мономера при pH 4,2–4,5 в присутствии промотора – ионов двухвалентного железа.

Как известно, разложение гидропероксидных групп, иницирующих реакцию полимеризации, начинается уже при 40 °С. Однако скорость их разложения при этой температуре относительно невелика даже в присутствии промотора. В связи с этим представляло интерес выяснить влияние температуры и продолжительности реакции на СОЕ модифицированной нити. С этой целью реакцию осуществляли в интервале температур от 50 до 60 °С и МВ 30.

Результаты исследований, приведенные на рисунке 5 показывают, что наиболее интенсивно реакция протекает в течение первых 30–60 мин. Наблюдаемое снижение СОЕ при повышении температуры до 60 °С связано с ускорением распада гидропероксидных групп в ПКА нити и реакцией передачи цепи на мономер.

Заключение

Разработаны принципы, новые подходы и технологии придания волокнистым поликапроамидным материалам ионообменных свойств химически иницированной привитой сополимеризацией.

Выявлены закономерности получения волокнистых ПКА сорбционно активных материалов путем химического иницирования окислительно-восстановительной системой ($\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$), находящейся в модифицирующей ванне, а также в результате предварительного окисления ПКА волокна с целью создания пероксидных и гидропероксидных групп на волокне.

Литература

- 1 Li H., Wang Z., Robledo-Lara J.A. et al. Antimicrobial Surgical Sutures: Fabrication and Application of Infection Prevention and Wound Healing // *Fibers Polym.* 2021. V. 22. P. 2355–2367.
- 2 Jones R.D., Jampani H.B., Newman J.L., Lee A.S. Triclosan: a review of effectiveness and safety in health care settings // *Am J Infect Control.* 2000. V. 28. № 2. P. 184–96.
- 3 Malone D.L., Genuit T., Tracy J.K., Gannon C. et al. Surgical site infections: reanalysis of risk factors // *J Surg Res.* 2002. V. 103. № 1. P. 89–95.
- 4 Berríos-Torres S.I., Umscheid C.A., Bratzler D.W., Leas B. et al. Centers for disease control and prevention guideline for the prevention of surgical site infection, 2017 // *JAMA surgery.* 2017. V. 152. №. 8. P. 784-791. doi: 10.1001/jamasurg.2017.0904
- 5 Matz D., Teuteberg S., Wiencierz A. et al. Do antibacterial skin sutures reduce surgical site infections after elective open abdominal surgery? Study protocol of a prospective, randomized controlled single center trial // *Trials.* 2019. V. 20. №. 1. P. 1-8. doi: 10.1186/s13063-019-3492-3
- 6 James B., Ramakrishnan R., Aprem A.S. Development of environmentally safe biodegradable, antibacterial surgical sutures using nanosilver particles // *Journal of Polymers and the Environment.* 2021. V. 29. №. 7. P. 2282-2288. doi: 10.1007/s10924-021-02048-y
- 7 Попов Д.А., Анучина Н.М. Оценка Антимикробной Активности Шовного Материала, Импрегнированного Триклозаном // *Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания.* 2010. Т. 11. № S3. С. 152.
- 8 Мохов Е.М., Хомулло Г.В., Сергеев А.Н., Александров И.В. Экспериментальная разработка новых хирургических шовных материалов с комплексной биологической активностью // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.* 2012. Т. 153. № 3. С. 391–396.
- 9 Ершов И.П., Сергеева Е.А., Зенитова Л.А., Абдуллин И.Ш. Модификация синтетических волокон и нитей. Обзор // *Вестник Казанского технологического университета.* 2012. Т. 15. №. 18. С. 136-143.
- 10 Котоменкова О.Г. Биодеструкция материалов специального назначения в процессе хранения // *Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности.* 2013. №. 2. С. 73-81.
- 11 Закирова Ж.Э. Особенности промышленности химических волокон // *Вестник магистратуры.* 2016. №. 12-4 (63). С. 49-50.
- 12 Li M., Zhu Z., Jin E. Graft copolymerization of granular allyl starch with carboxyl-containing vinyl monomers for enhancing grafting efficiency // *Fibers and polymers.* 2010. V. 11. №. 5. P. 683-688. doi: 10.1007/s12221-010-0683-7
- 13 Жуковский В.А. Проблемы и перспективы разработки и производства хирургических шовных материалов // *Химические волокна.* 2008. № 3. С. 31–38.
- 14 Жуковский В.А., Хохлова В.А., Коровичева С.Ю. Хирургические шовные материалы с антимикробными свойствами // *Химические волокна.* 2007. № 2. С. 37–43.
- 15 Пат. № 1231663, RU, А61L 17/00. Хирургический шовный материал (его варианты) и способ его получения (его варианты) / Вольф Л.А., Заикин Ю.Я., Трапезников Н.Н., Юшков С.Ф., Клименков А.А., Гаврилова Т.Н., Искандеров Ф.И., Смолянская А.З. № 82 3438591; Заявл. 14.05.1982.
- 16 Мохов Е.М., Хомулло Г.В., Сергеев А.Н., Александров И.В. Экспериментальная разработка новых хирургических шовных материалов с комплексной биологической активностью // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.* 2012. Т. 153. №. 3. С. 391-396.
- 17 Yu X., Biedrzycki A.H., Khalil A.S., Hess D. et al. Nanostructured mineral coatings stabilize proteins for therapeutic delivery // *Advanced materials.* 2017. V. 29. №. 33. P. 1701255. doi: 10.1002/adma.201701255
- 18 Baygar T., Sarac N., Ugur A., Karaca I.R. Antimicrobial characteristics and biocompatibility of the surgical sutures coated with biosynthesized silver nanoparticles // *Bioorganic Chemistry.* 2019. V. 86. P. 254-258. doi: 10.1016/j.bioorg.2018.12.034
- 19 Fan L., Cai Z., Zhang K., Han F. et al. Green electrospun pantothenic acid/silk fibroin composite nanofibers: Fabrication, characterization and biological activity // *Colloids and surfaces b: biointerfaces.* 2014. V. 117. P. 14-20. doi: 10.1016/j.colsurfb.2013.12.030
- 20 Scaffaro R., Botta L., Sanfilippo M., Gallo G. et al. Combining in the melt physical and biological properties of poly (caprolactone) and chlorhexidine to obtain antimicrobial surgical monofilaments // *Applied microbiology and biotechnology.* 2013. V. 97. №. 1. P. 99-109. doi: 10.1007/s00253-012-4283-x

References

- 1 Li H., Wang Z., Robledo-Lara J.A. et al. Antimicrobial Surgical Sutures: Fabrication and Application of Infection Prevention and Wound Healing. *Fibers Polym.* 2021. vol. 22. pp. 2355–2367.
- 2 Jones R.D., Jampani H.B., Newman J.L., Lee A.S. Triclosan: a review of effectiveness and safety in health care settings. *Am J Infect Control.* 2000. vol. 28. no. 2. pp. 184–96.
- 3 Malone D.L., Genuit T., Tracy J.K., Gannon C. et al. Surgical site infections: reanalysis of risk factors. *J Surg Res.* 2002. vol. 103. no. 1. pp. 89–95.
- 4 Berríos-Torres S.I., Umscheid C.A., Bratzler D.W., Leas B. et al. Centers for disease control and prevention guideline for the prevention of surgical site infection, 2017. *JAMA surgery.* 2017. vol. 152. no. 8. pp. 784-791. doi: 10.1001/jamasurg.2017.0904
- 5 Matz D., Teuteberg S., Wiencierz A. et al. Do antibacterial skin sutures reduce surgical site infections after elective open abdominal surgery? Study protocol of a prospective, randomized controlled single center trial. *Trials.* 2019. vol. 20. no. 1. pp. 1-8. doi: 10.1186/s13063-019-3492-3
- 6 James B., Ramakrishnan R., Aprem A.S. Development of environmentally safe biodegradable, antibacterial surgical sutures using nanosilver particles. *Journal of Polymers and the Environment.* 2021. vol. 29. no. 7. pp. 2282-2288. doi: 10.1007/s10924-021-02048-y

- 7 Popov D.A., Anuchina N.M. Evaluation of the Antimicrobial Activity of Triclosan-Impregnated Suture Material. A.N. Bakuleva RAMS. Cardiovascular diseases. 2010. vol. 11. no. S3. pp. 152. (in Russian).
- 8 Mokhov E.M., Khomullo G.V., Sergeev A.N., Alexandrov I.V. Experimental development of new surgical suture materials with complex biological activity. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2012. vol. 153. no. 3. pp. 391–396. (in Russian).
- 9 Ershov I.P., Sergeeva E.A., Zenitova L.A., Abdullin I.Sh. Modification of synthetic fibers and threads. Overview. Bulletin of the Kazan Technological University. 2012. vol. 15. no. 18. pp. 136-143. (in Russian).
- 10 Kotomenkova O.G. Biodegradation of special-purpose materials during storage. Problems of economics and management in trade and industry. 2013. no. 2. pp. 73-81. (in Russian).
- 11 Zakirova Zh.E. Features of the industry of chemical fibers. Bulletin of the Magistracy. 2016. no. 12-4 (63). pp. 49-50. (in Russian).
- 12 Li M., Zhu Z., Jin E. Graft copolymerization of granular allyl starch with carboxyl-containing vinyl monomers for enhancing grafting efficiency. Fibers and polymers. 2010. vol. 11. no. 5. pp. 683-688. doi: 10.1007/s12221-010-0683-7
- 13 Zhukovsky V.A. Problems and prospects for the development and production of surgical suture materials. Chemical fibers. 2008. no. 3. pp. 31–38. (in Russian).
- 14 Zhukovsky V.A., Khokhlova V.A., Korovicheva S.Yu. Surgical suture materials with antimicrobial properties. Chemical fibers. 2007. no. 2. pp. 37–43. (in Russian).
- 15 Wolf L.A., Zaikin Yu.Ya., Trapeznikov N.N., Yushkov S.F. et al. Surgical suture material (its variants) and method of its production (its variants). Patent RF, no. 1231663, 1982.
- 16 Mokhov E.M., Khomullo G.V., Sergeev A.N., Aleksandrov I.V. Experimental development of new surgical suture materials with complex biological activity. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2012. vol. 153. no. 3. pp. 391-396. (in Russian).
- 17 Yu X., Biedrzycki A.H., Khalil A.S., Hess D. et al. Nanostructured mineral coatings stabilize proteins for therapeutic delivery. Advanced materials. 2017. vol. 29. no. 33. pp. 1701255. doi: 10.1002/adma.201701255
- 18 Baygar T., Sarac N., Ugur A., Karaca I.R. Antimicrobial characteristics and biocompatibility of the surgical sutures coated with biosynthesized silver nanoparticles. Bioorganic Chemistry. 2019. vol. 86. pp. 254-258. doi: 10.1016/j.bioorg.2018.12.034
- 19 Fan L., Cai Z., Zhang K., Han F. et al. Green electrospun pantothenic acid/silk fibroin composite nanofibers: Fabrication, characterization and biological activity. Colloids and surfaces b: biointerfaces. 2014. vol. 117. pp. 14-20. doi: 10.1016/j.colsurfb.2013.12.030
- 20 Scaffaro R., Botta L., Sanfilippo M., Gallo G. et al. Combining in the melt physical and biological properties of poly (caprolactone) and chlorhexidine to obtain antimicrobial surgical monofilaments. Applied microbiology and biotechnology. 2013. vol. 97. no. 1. pp. 99-109. doi: 10.1007/s00253-012-4283-x

21

Сведения об авторах

Валерий А. Жуковский д.т.н., профессор, кафедра наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, д. 18, Санкт-Петербург, 191186, Россия, rdd.lintex@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7092-9155>

Валентина А. Хохлова к.т.н., доцент, кафедра наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, д. 18, Санкт-Петербург, 191186, Россия, thvikm@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8148-1517>

Татьяна С. Филипенко к.т.н., директор Центра сопровождения научных разработок, НИИ Спецматериалов, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, д. 18, Санкт-Петербург, 191186, Россия, tanek-f@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7878-6371>

Татьяна Ю. Анущенко ведущий инженер, НИИ Спецматериалов, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, д. 18, Санкт-Петербург, 191186, Россия, atu0106@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9266-0756>

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

Valeriy A. Zhukovskiy Cand. Sci. (Engin.), professor, nanostructured, fiber and composite materials. A.I. Meosa department, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Bolshaya Morskaya Street, 18, Saint-Petersburg, 191186, Russia, rdd.lintex@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7092-9155>

Valentina A. Khokhlova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, nanostructured, fiber and composite materials. A.I. Meosa department, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Bolshaya Morskaya Street, 18, Saint-Petersburg, 191186, Russia, thvikm@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8148-1517>

Tatyana S. Filipenko Cand. Sci. (Engin.), director of the Center for Support of Scientific Developments, Research Institute of Special Materials, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Bolshaya Morskaya Street, 18, Saint-Petersburg, 191186, Russia, tanek-f@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7878-6371>

Tatyana U. Anuschenko leading engineer, Research Institute of Special Materials, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Bolshaya Morskaya Street, 18, Saint-Petersburg, 191186, Russia, atu0106@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9266-0756>

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 19/01/2022	После редакции 08/02/2022	Принята в печать 02/03/2022
Received 19/01/2022	Accepted in revised 08/02/2022	Accepted 02/03/2022

Сравнение сорбентов для извлечения катионов никеля (II) из водных сред

Лариса П. Бондарева¹

larbon@mail.ru

 0000-0001-9143-9374Кристина В. Гринь¹

kristina.zueva.2000@list.ru

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


Аннотация. Актуальной экологической и технологической задачей является очистка природных и сточных вод от катионов никеля (II) и контроль их содержания, поскольку катионы никеля относятся к третьему классу и являются опасными для здоровья человека. К настоящему времени предложено большое количество методов удаления катионов никеля (II) из воды, основным из которых можно считать сорбционный. В свою очередь в литературе имеются разнообразные сведения о наиболее эффективных сорбентах для очистки от катионов никеля, которые иногда противоречат друг другу. В работе определены равновесные характеристики сорбции катионов никеля (II) на различных полярных сорбентах: катионообменниках пористом карбоксильном Токем 200, хелатном иминодикарбоксильном Amberlite IRC 748, гелевом сульфокатионите КУ-2, опытном фосфорнокислом гелевом КФП; сильноосновном гелевом анионообменнике АВ-17, а также природных адсорбентах кремнезем и шунгит. Получены и описаны уравнением Ленгмюра изотермы сорбции, установлены наиболее перспективные материалы для удаления катионов никеля (II) из водных сред. Определено, что изученные сорбенты по равновесным сорбционным характеристикам можно расположить в ряд: Токем 200 > КФП > Amberlite IRC 748 > АВ-17 > КУ-2 > Кремнезем > Шунгит. Наиболее эффективными сорбентами для удаления катионов никеля (II) из водных растворов можно считать опытный образец фосфорнокислого гелевого катионообменника КФП и карбоксильного пористого катионообменника Токем 200. В работе получены выходные кривые сорбции и десорбции катионов никеля (II) из смеси с катионами меди (II), показана возможность полного выделения катионов никеля из водного раствора.

Ключевые слова: катионы никеля, ионный обмен, сорбция, изотермы сорбции, коэффициенты равновесия, выходные кривые сорбции и десорбции

Comparison of sorbents for extraction of nickel (II) cations from aqueous media

Larisa P. Bondareva¹

larbon@mail.ru

 0000-0001-9143-9374Krustina V. Grin¹

kristina.zueva.2000@list.ru

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

Abstract. Abstract: An urgent ecological and technological problem is the purification of natural and waste water from nickel cations and control of their content, since nickel cations belong to the third class and are hazardous to human health. To date, a large number of methods for removing nickel (II) cations from water have been created, the main of which can be considered sorption. In turn, the literature contains a variety of information about the most effective sorbents for cleaning from nickel cations, which sometimes contradict each other. The work determined the equilibrium characteristics of the sorption of nickel (II) cations on various polar sorbents on cation exchangers porous carboxyl Tokem 200, chelated iminodicarboxylic Amberlite IRC 748, gel sulfonic cation exchanger KU-2, experimental phosphoric acid gel KFP; strongly basic gel anion exchanger AV-17, as well as natural adsorbents flint and shungite. Sorption isotherms were obtained and described by the Langmuir equation, and the most promising materials for removing nickel cations from aqueous media were established. It has been determined that the studied sorbents, according to their equilibrium sorption characteristics, can be arranged in the following order: Tokem 200 > KFP > Amberlite IRC 748 > AV-17 > KU-2 > Flint > Shungite. The most effective sorbents for removing nickel (II) cations from aqueous solutions can be considered a prototype of a phosphate cation exchanger for gel CFP and a carboxyl porous cation exchanger Tokem 200, separating nickel cations from an aqueous solution.

Keywords: nickel cations, ion exchange, sorption, sorption isotherms, equilibrium coefficients, output curves of sorption and desorption

Введение

В перечень главных загрязнителей водных объектов окружающей среды в первую очередь входят катионы тяжелых металлов, среди которых выделяют никель, как наиболее опасный для здоровья человека. Никель и его соединения раздражающе действуют на органы дыхания и кожу, являются аллергенами, изменяют иммунобиологическое состояние организма, обладают канцерогенными свойствами, поэтому содержание катионов никеля нормируется в водных

Для цитирования

Бондарева Л.П., Гринь К.В. Сравнение сорбентов для извлечения катионов никеля (II) из водных сред // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 238-244. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-238-244

объектах. Предельно допустимая концентрация катионов никеля в воде составляет 0.1 мг/л, порог токсичности для организма человека – 20 мг/день, класс опасности третий.

Актуальной экологической и технологической задачей является очистка природных и сточных вод от катионов никеля и контроль их содержания.

В настоящее время существует достаточно методов очистки воды от катионов тяжелых металлов, в том числе реагентная очистка,

For citation

Bondareva L.P., Grin K.V. Comparison of sorbents for extraction of nickel (II) cations from aqueous media. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 238–244. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-238-244

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

методами осаждения и электрокоагуляции, связыванием в комплексные соединения и прочие [1, 2]. Однако наиболее перспективной, позволяющей полностью извлекать токсичные катионы без больших затрат и экологических последствий остается сорбционная очистка.

Сорбционной очистке от катионов никеля посвящено большое количество работ, в которых используются различные природные, модифицированные или синтетические материалы [3–22]. Так в работах [3, 4] исследована сорбция ионов Ni (II) волокнистым ионообменником ФИБАН X-1, содержащим иминокарбоксильные функциональные группы, получены изотермы, рассчитаны равновесные характеристики и отмечены особенности процессов, сопровождающих сорбцию, показана перспективность применения данного сорбента для выделения катионов никеля в малых концентрациях. Полученные значения констант сорбции и величины предельной сорбции катионов Ni (II) показали, что волокнистый ионообменник ФИБАН X-1 может быть использован на стадии доочистки сточных вод гальванического производства.

В работе [5] исследованы закономерности сорбции никеля на слабокислотном катионите Lewatit MonoPlus TP 207. Показано, что процесс может быть достаточно достоверно описан с помощью уравнений Ленгмюра и Фрейндлиха. Определены статические обменные емкости катионита. Установлено, что при повышении температуры с 305 до 328 К равновесная концентрация никеля достигается примерно в 13 раз быстрее. Определены значения констант скоростей внешней и внутренней диффузий. Для известных значений констант гидролиза никеля рассчитаны содержания ионных форм и статические обменные емкости в зависимости от pH раствора. Отмечено, что извлечение никеля возрастает при появлении малогидратированных однозарядных комплексов в диапазоне pH от 8 до 9.

Исследованы сорбционные свойства фосфорнокислого катионита на основе стирольно-фурфурольного полимера по отношению к катионам меди, никеля, кобальта и др. при различных pH среды, ионных формах катионита и концентрации исследуемых ионов. Показано, что полученный катионит может быть использован в процессах сорбции исследуемых катионов из различных вод [6].

В работе [7] показано, что наибольшей сорбционной способностью по отношению к ионам никеля обладает модифицированный образец – термообработанные оболочки плодов пшеницы, который может быть рекомендован для доочистки никельсодержащих вод.

Изучена сорбция катионов никеля комплексобразующим анионитом АМ-7. Показано, что сорбция ионов никеля из водных растворов удовлетворительно описывается уравнением Ленгмюра, линейная аппроксимация которого позволяет определить максимальную сорбционную емкость комплексобразующего анионита. Для определения характеристик ионитного комплекса – констант устойчивости и координационного числа – рассмотрены два независимых метода: определение константы устойчивости по коэффициенту распределения и методом разрушения аммиачных комплексов никеля при контакте с депротонированной формой ионита. Рассчитанные константы устойчивости ионитных комплексов и значение координационного числа в обоих случаях находятся в удовлетворительном согласовании [8].

Авторами работы [9] проведено сравнение сорбционных свойств сильнокислотного сульфокатионита КУ-2 x 8, слабокислотного карбоксильного катионита КБ-4 и комплексобразующего хелатного катионита АНКБ-35 для извлечения ионов цинка и кадмия из промывных вод гальванических производств, содержащих ионы аммония или мездровый клей. Показано, что наиболее эффективным по отношению к этим ионам в процессах сорбции является катионит КУ-2 x 8.

В работе [10] описана совместная сорбция двухвалентных катионов никеля, меди и кадмия из концентрированных водных растворов. Расчетным и экспериментальным методами подобраны условия разделения различающихся и близких по сорбционным свойствам бинарных ионных систем на аминофосфоном полиамфолите Purolite S950 в натриевой форме.

Изучены перспективы сорбционной очистки от ионов Ni (II) модельных растворов с использованием в качестве сорбционных материалов измельченной исходной и термообработанной кожуры арахиса. Получены изотермы адсорбции и описаны в рамках моделей Ленгмюра, Фрейндлиха и БЭТ. Изучена кинетика адсорбции ионов Ni (II) исходной и термообработанной кожурой арахиса. Экспериментально определено, что максимальная сорбционная емкость исходной кожуры арахиса при начальной концентрации ионов Ni(II) 1000 мг/дм³ составляет 0.6 ммоль/г, а для термообработанной при температурах 250 и 350 °С – 0.66 ммоль/г и 0.78 ммоль/г соответственно [11].

В работе [12] описаны результаты лабораторного моделирования адсорбционных свойств дисперсных пород по отношению к тяжелым металлам, связанных с техногенезом на примере Ni (II). Приведены данные по адсорбции элемента образцами различных

литологических разновидностями пород. Определены подвижные формы соединений никеля, оценена интенсивность процесса адсорбции, перечислены факторы, определяющие изменение содержания никеля по разрезу. Полученная информация имеет важное значение при решении экологических [13–15], медико-социальных [16–17, 22] и инженерно-геологических задач [17–21].

Анализ литературы показывает, что в настоящее время предложено и применяется большое количество сорбционных способов очистки сточных вод от катионов Ni (II), разработанных различными авторами. Наиболее перспективным и эффективным методом очистки сточных вод от катионов никеля является ионообменный, главными преимуществами которого можно считать хорошую управляемость процессом, относительную простоту конструкции установки и высокую степень очистки. Таким образом целью настоящего исследования стало определение равновесных характеристик сорбции катионов Ni (II) на различных полярных сорбентах и установление наиболее перспективных материалов для удаления катионов никеля из водных сред.

Материалы и методы

Сорбция никеля проводилась на ионообменных смолах и природных адсорбентах, характеристики которых представлены в таблице 1.

Для перевода катионообменников или анионообменника в рабочую форму через слой ионообменников последовательно пропускали растворы NaOH или HCl с концентрацией 0.5 моль/дм³, дистиллированную воду до полного удаления гидроксида натрия или соляной кислоты из межгранульного пространства. Значение pH фиксировали с помощью pH-метра.

Для получения изотерм сорбции использовали навески воздушно-сухих ионообменных смол и адсорбентов массой 0.1 ± 0.0001 г. каждая, помещали в колбы и заливали раствором сульфата никеля (II) в интервале концентраций 0.001–0.02 моль/дм³. Сорбцию проводили в течение 24 часов при 298 К.

После установления равновесия отбирали аликвотную часть растворов из колб и определяли концентрацию катионов Ni (II) в исходном растворе и после сорбции. Концентрацию катионов Ni (II) определяли «горячим» титрованием с мурексидом.

Таблица 1.

Характеристика сорбентов, использованных в работе

Table 1.

Characteristics of sorbents used in the work

Сорбент Sorbent	Пористость Porosity	Рабочая форма Working form	Функциональные группы или химический состав Functional groups or chemical composition
Катионообменник Токем 200 Cation Exchanger Tokem 200	макропористый macroporous	Na ⁺	карбоксильная | carboxyl
Катионообменник Amberlite IRC 748 Cation Exchanger Amberlite IRC 748			Иминодикарбоксильная | iminodicarboxylic
Катионообменник КФП Cation Exchanger KFP	гелевый gel		фосфорнокислая | phosphate
Катионообменник КУ-2 Cation Exchanger KU-2			сульфо-группа | sulfo-group
Анионообменник АВ-17/ Anion exchanger AV-17	мезопористый mesoporous	Cl ⁻	четвертичная триметиламмониевая quaternary trimethylammonium
Шунгит | Shungite		-	оксид кремния | oxide silicon
Кремень | Flint	-		

Количество сорбированных катионов никеля (II) (A , моль/г), имеющее смысл сорбционной емкости для ионообменников и адсорбции для кристаллических сорбентов рассчитывали по формуле:

$$A = \frac{(c_0 - c_s) \times V_s}{m_r},$$

где c_r – концентрация ионов в смоле, моль/г; c_0 – исходная концентрация ионов в растворе, моль/дм³; c_s – равновесная концентрация ионов в растворе моль/дм³; V_s – объём раствора, дм³; m_r – масса навески сорбента, г.

Расчет сорбционной обменной емкости (СОЕ) и предельной сорбции (A_∞), а также коэффициентов равновесия (k) проводили по линейному уравнению Ленгмюра:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_\infty} + \frac{1}{A_\infty \cdot k \cdot c_s}. \quad (1)$$

Для проведения сорбции в динамических условиях навеску воздушно-сухого ионита помещали в колонку, заливали дистиллированной водой для набухания и оставляли на несколько часов. После этого через колонку пропускали очищаемый раствор со скоростью 0.015 см³/с,

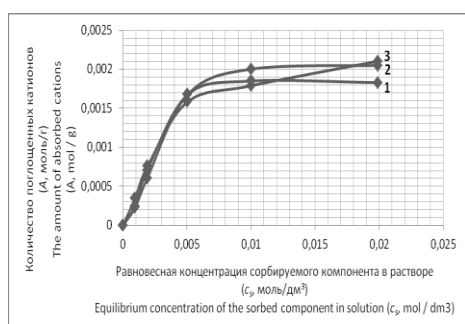
отбирали по 10 см³ фильтрата и определяли электрическую проводимость. Для проведения десорбции через ионообменную смолу, насыщенную катионами, пропускали раствор соляной кислоты с концентрацией равной 0.5 моль/дм³ со скоростью 0.033 см³/с, отбирали по 10 см³ элюата и определяли концентрацию катионов в каждой пробе.

Обсуждение

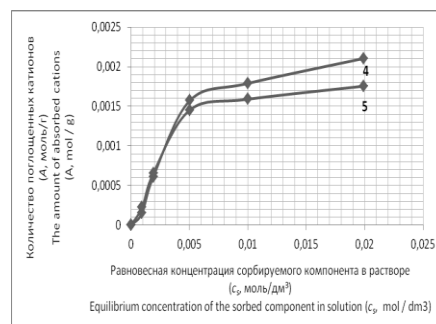
В работе получены изотермы сорбции катионов никеля (II), характеризующие зависимость количества поглощенных катионов (*A*, моль/г) от равновесной концентрации сорбируемого компонента в растворе (*c_s*, моль/дм³)

при постоянной температуре на изученных сорбентах. Примеры полученных изотерм представлены на рисунке 1.

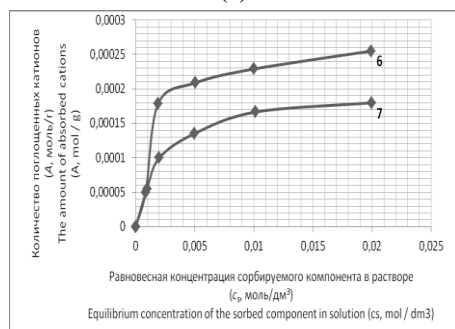
С увеличением концентрации сорбата степень его извлечения на всех сорбентах увеличивается. По полученным изотермам сорбции видно, что на начальных участках сорбции практически прямо пропорциональна концентрации сорбтива в растворе. Степень извлечения ионов Ni (II) на ионообменниках КФП и Токем 200 значительно выше, чем на остальных сорбентах. Полученные изотермы имеют вид изотерм Ленгмюра, то есть происходит мономолекулярная сорбция на активных центрах с предельным насыщением.



(a)



(b)



(c)

Рисунок 1. Изотермы сорбции катионов никеля (II) на ионообменных смолах (a) – КУ 2 (1), АВ 17 (2), КФП (3), (b) – Токем 200 (4), Amberlite IRC 748(5), (c) – шунгит (6), кремнь (7) при 298 К

Figure 1. Isotherms of sorption of nickel (II) cations on ion-exchange resins (a) – KU 2 (1), AV 17 (2), KFP (3), (b) – Tokem 200 (4), Amberlite IRC 748 (5), (c) – shungite (6), flint (7) at 298 K

По данным о распределении следуемого сорбата в гетерофазной системе «водный раствор – сорбент» с использованием линейных изотерм в координатах Ленгмюра определили основные характеристики адсорбции – максимальную сорбцию (СОЕ или *A_∞*) и коэффициенты сорбционного равновесия (*k*). Для нахождения полной обменной емкости или максимальной сорбции, согласно уравнению (1), построили функцию в координатах Ленгмюра $1/A = f(1/c_s)$. Полученные линейные уравнения и равновесные характеристики сорбции катионов никеля (II) из водного раствора при 298 К представлены в таблице 2.

Полученные результаты показывают, что фосфорнокислый катионообменник гелевого типа КФП и слабокислый пористый катионит Токем 200 обладают достаточно высокой обменной емкостью по отношению к катионам никеля (II), что обусловлено наличием у сорбентов фосфорнокислых или карбоксильных групп.

Данное обстоятельство позволяет рассматривать сорбцию сильных электролитов в гетерофазной системе «сорбент – водный раствор» как ионный обмен на функциональных группах. Согласно результатам, приведённым в таблице 2, максимальной сорбционной ёмкостью по отношению к ионам Ni (II) обладает Токем 200, полная обменная емкость которого равна 3.57 ммоль/г. Коэффициент равновесия *k* характеризует степень сродства сорбата к сорбенту и является мерой сорбционной активности сорбента. Чем больше величина *k*, тем сильнее взаимодействие сорбат-сорбент, тем активнее должны извлекаться ионы металлов из растворов. Максимальное значение *k* при ионном обмене Ni (II) характерно для сорбента Токем 200. Проведенные исследования показали, что для извлечения катионов никеля (II) целесообразно использовать слабокислый пористый катионит Токем 200 в натриевой форме.

Таблица 2.

Равновесные характеристики сорбции катионов никеля (II) из водного раствора при 298 К

Table 2.

Equilibrium characteristics of sorption of nickel (II) cations from an aqueous solution at 298 K

Сорбент Sorbent	ПОЕ*, ммоль/г POE*, mmol/g	Уравнения в координатах $1/A = f(1/c_s)$. Equations in coordinates $1/A = f(1/c_s)$.	A_{∞} , ммоль/г A_{∞} , mmol / g	COE, ммоль/г SOE, mmol / g	k
Катионообменник КФП Cation Exchanger KFP	2,9	$y = 3.20 x + 359$	-	2.84 ± 0.14	110
Катионообменник Токем 200 Cation Exchanger Tokem 200	4,3	$y = 3.91 x + 280$	-	3.57 ± 0.18	195
Анионообменник АВ-17 Anion exchanger AV-17	1,5	$y = 8.03 x + 105$	-	1.31 ± 0.07	95
Катионообменник КУ-2 Cation Exchanger KU-2	1,8	$y = 3.48 x + 87$	-	1.15 ± 0.06	25
Катионообменник Amberlite IRC 748 Cation Exchanger Amberlite IRC 748	1,4	$y = 7.38 x + 465$	-	1.13 ± 0.06	63
Кремень | Flint	-	$y = 12.6 x + 4664$	0.21 ± 0.011	-	12
Шунгит | Shungite	-	$y = 13.6 x + 2391$	0.42 ± 0.022	-	13

Примечание: * литературные данные
Note: * literature data

В работе получены выходные кривые сорбции (рисунок 2) и десорбции (рисунок 3) катионов никеля из смеси с катионами Cu (II). Исходное соотношение катионов в очищаемом растворе составляло 1:10.

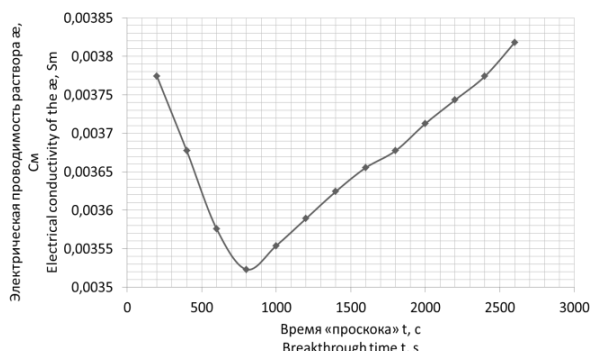


Рисунок 2. Выходная кривая сорбции катионов меди (II) и никеля (II) на катионите Токем 200 в натриевой форме

Figure 2. The output sorption curve on the Tokem 200 cation in sodium form

Определено, что при пропуске очищаемого раствора в течение 800 с происходит насыщение ионообменника извлекаемыми катионами и при дальнейшем увеличении объема подаваемого раствора наблюдается «проскок» катионов.

Установлено, что катионы никеля элюируются раньше катионов меди. Время удерживания катионов никеля (II) составляет 400 с, а время удерживания катионов меди (II) 800 с.

Такое различие позволяет полностью отделить катионы друг от друга, а высокая константа сорбционного равновесия и сорбционная обменная емкость – выделить на 100% катионы никеля (II) из водного раствора.

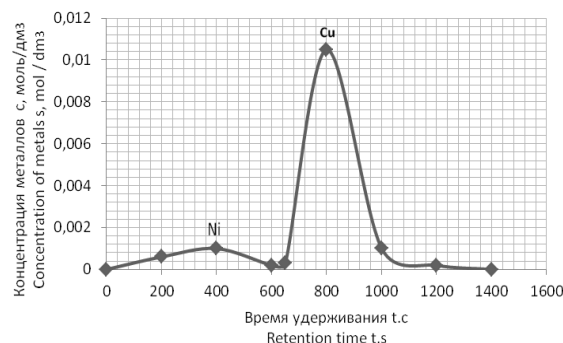


Рисунок 3. Выходная кривая десорбции ионов никеля (II) и меди (II) из катионита Токем 200

Figure 3. Output curve of desorption of nickel (II) and copper (II) ions from Tokem 200 cationite

Заключение

Изученные сорбенты по равновесным сорбционным характеристикам можно расположить в ряд: Токем 200 > КФП > Amberlite IRC 748 > АВ-17 > КУ-2 > Кремень > Шунгит.

Наиболее эффективными сорбентами для удаления, извлечения и концентрирования катионов Ni (II) из водных растворов можно считать опытный образец фосфорнокислого катионообменника гелевого типа КФП и карбоксильный пористый катионит Токем 200.

Литература


- 1 Смирнова В.С., Худорожкова С.А., Ручкинова О.И. Обоснование оптимальных условий реагентной очистки промывных вод от ионов тяжелых цветных металлов // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2019. Т. 10, № 2. С. 106–118.
- 2 Бочарников В.С., Мещеряков М.П., Денисова М.А. Исследование сорбционных свойств сорбентов с использованием ферритовых реагентов при очистке сточных вод // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование 2019. № 1 (59). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sorbtsionnyh-svoystv-sorbentov-s-ispolzovaniem-ferritovyh-reagentov-pri-ochistke-stochnyh-vod/viewer>
- 3 Астапов А.В., Перегудов Ю.С., Нифталиев С.И. Сорбция катионов никеля(II) хелатным волокнистым сорбентом ФИБАН X-1 // Журнал физической химии. 2017. Т. 91. № 8. С. 1397–1402.
- 4 Перегудов Ю.С., Тимкова А.В., Горбунова Е.М., Плотникова С.Е. Применение ионообменного волокна на стадии доочистки сточных вод гальванического производства // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 330–336. doi: 10.20914/2310-1202-2018-4-330-336
- 5 Мальцев Г.И. Сорбция никеля на слабокислотном катионите Lewatit monoplus TP207 // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья. 2019. С. 227–232.
- 6 Пулатов Х.Л., Турабжанов С.М., Игитов Ф.Б., Хамдамова О.Б. Поликонденсационные фосфорнокислые катиониты для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // Universum: химия и биология. 2018. № 11. С. 53.
- 7 Назаренко А.А., Степанова С.В. Сорбционное извлечение ионов никеля из модельных вод модифицированными оболочками плодов пшеницы // Северная пальмира: сборник научных трудов молодых ученых, аспирантов, студентов и преподавателей по результатам проведения VIII молодежного экологического конгресса. 2017. Т. 20. № 6. С. 89–92.
- 8 Колодяжный В.А., Челнакова П.Н., Мурачева Е.С. Определение параметров ионитных комплексов, образующихся при сорбции катионов никеля слабоосновным анионитом АМ-7 // Сорбционные и хроматографические процессы. 2019. Т. 19. № 1. С. 85–91.
- 9 Кеймиров М.А. Очистка промывных вод гальванических производств от ионов тяжелых металлов ионообменным способом // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. № 19. С. 76–79.
- 10 Бондарева Л.П., Чесноков А.И., Загоруйко Е.А. Разделения катионов тяжелых металлов из концентрированных гальванических стоков // Вестник ВГУИТ. 2018. № 1. С. 223–227. doi: 10.20914/2310-1202-2018-1-223-227
- 11 Свергузова С.В., Шайхiev И.Г., Хунади Л., Бомба И.В. Исследование адсорбции ионов Ni(II) модифицированными отходами переработки арахиса // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 3. С. 39–43.
- 12 Хансivarова Н.М., Ложкин А.Д. Исследование адсорбционных свойств дисперсных пород по отношению к тяжелым металлам на примере Ni (III) // Инженерный вестник дона. 2015. Т. 38. № 4. С. 147.
- 13 Бондарева Л.П., Астапов А.В., Селеменев В.Ф., Ильина А. Ю. Селективность ионного обмена на иминокарбоксильной смоле и энергия гидратации ее ионных форм // Журн. физ. химии. 2018. Т. 92. № 8. С. 1323-1328.
- 14 Biela. R., Kučera T. Efficacy of Sorption Materials for Nickel, Iron and Manganese Removal from Water // Procedia Engineering. 2016. V. 162. P. 56-63. doi: 10.1016/j.proeng.2016.11.012
- 15 Veneu D.M., Yokoyama L., Cunha O.G.C., Schneider C.L., Monte M.B.D.M. Nickel sorption using Bioclastic Granules as a sorbent material: equilibrium, kinetic and characterization studies // Journal of Materials Research and Technology. 2019. V. 8. P. 840-852. doi: 10.3390/met10121630
- 16 Piątek J., de Bruin-Dickason C.N., Jaworski A., Chen J. et al. Glycine-functionalized silica as sorbent for cobalt(II) and nickel(II) recovery // Applied Surface Science. 2020. V. 530. doi: 10.1016/j.apsusc.2020.147299
- 17 Ji C., Zhang J., Jia R., Zhang W. et al. Sorption enhancement of nickel(II) from wastewater by ZIF-8 modified with poly (sodium 4-styrenesulfonate): Mechanism and kinetic study // Chemical Engineering Journal. 2021. V. 414. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894721004083?via%3Dihub>
- 18 Abu-Saied M.A., Wycisk R., Abbassy M.M., Abd El-Naim G. et al. Sulfated chitosan/PVA absorbent membrane for removal of copper and nickel ions from aqueous solutions—Fabrication and sorption studies // Carbohydrate polymers. 2017. V. 165. P. 149-158. doi: 10.1016/j.carbpol.2016.12.039
- 19 Masoumi H., Ghaemi A., Gilani H.G. Elimination of lead from multi-component lead-nickel-cadmium solution using hyper-cross-linked polystyrene: Experimental and RSM modeling // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2021. V.9. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343721015566>
- 20 Chaudhari V., Patkar M. Removal of nickel from aqueous solution by using corncob as adsorbent // Materialstoday: Proceedings. 2021. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321063744?via%3Dihub>
- 21 Gafoor A., Kumar S., Begum S., Rahman Z. Elimination of nickel (II) ions using various natural/modified clay minerals: A review // Materials Today: Proceedings. 2021. V. 37. P. 2033-2040. doi: 10.1016/j.matpr.2020.07.500
- 22 Уиен Д.М., Сироткин А.С., Тхуан Л.В., Хань К.Х. и др. Адсорбционное удаление ионов никеля (II) из водных растворов шаровидным углеродным сорбентом на основе Litsea Glutinosa // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2021. Т. 64. № 11. С. 71-78. doi: 10.6060/ivkkt.20216411.6416

References

- 1 Smirnova V.S., Khudorozhkova S.A., Ruchkinova O.I. Substantiation of optimal conditions for reagent purification of wash water from ions of heavy non-ferrous metals. Bulletin of PNRPU. Construction and architecture. 2019. vol. 10. no. 2. pp. 106–118. (in Russian).
- 2 Bocharnikov V.S., Meshcheryakov M.P., Denisova M.A. Study of the sorption properties of sorbents using ferrite reagents in wastewater treatment. Proceedings of the Nizhnevolszhsy AgroUniversity Complex: Science and Higher Professional Education 2019. no. 1 (59). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sorbtsionnyh-svoystv-sorbentov-s-ispolzovaniem-ferritovyh-reagentov-pri-ochistke-stochnyh-vod/viewer> (in Russian).

- 3 Astapov A.V., Peregudov Yu.S., Niftaliev S.I. Sorption of nickel(II) cations by chelate fibrous sorbent FIBAN X 1. Journal of Physical Chemistry. 2017. vol. 91. no. 8. pp. 1397–1402. (in Russian).
- 4 Peregudov Yu.S., Timkova A.V., Gorbunova E.M., Plotnikova S.E. The use of ion-exchange fiber at the stage of post-treatment of wastewater in galvanic production. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 330–336. doi: 10.20914/2310-1202-2018-4-330-336 (in Russian).
- 5 Maltsev G.I. Sorption of nickel on a weakly acidic cation exchanger Lewatit monoplus TP207. Scientific bases and practice of processing ores and technogenic raw materials. 2019. pp. 227–232. (in Russian).
- 6 Pulatov H.L., Turabzhanov S.M., Igitov F.B., Khamdamova O.B. Polycondensation phosphate cation exchangers for wastewater treatment from heavy metal ions. Universum: chemistry and biology. 2018. no. 11. pp. 53. (in Russian).
- 7 Nazarenko A.A., Stepanova S.V. Sorption extraction of nickel ions from model waters by modified shells of wheat fruits. Northern palmyra: a collection of scientific works of young scientists, graduate students, students and teachers based on the results of the VIII Youth Ecological Congress. 2017. vol. 20. no. 6. pp. 89–92. (in Russian).
- 8 Kolodyazhny V.A., Chelnakova P.N., Muracheva E.S. Determination of the parameters of ion-exchange complexes formed during the sorption of nickel cations by a weakly basic anion exchanger AM 7. Sorption and chromatographic processes. 2019. vol. 19. no. 1. pp. 85–91. (in Russian).
- 9 Keimirov M.A. Purification of washing water of galvanic production from ions of heavy metals by ion-exchange method. Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2020. vol. 23. no. 19. pp. 76–79. (in Russian).
- 10 Bondareva L.P., Chesnokov A.I., Zagorulko E.A. Separation of heavy metal cations from concentrated galvanic drains. Proceedings of VSUET. 2018. no. 1. pp. 223–227. doi: 10.20914/2310-1202-2018-1-223-227 (in Russian).
- 11 Sverguzova S.V., Shaikhiev I.G., Khunadi L., Bomba I.V. Study of the adsorption of Ni(II) ions by modified peanut processing waste. Ecology and Industry of Russia. 2020. vol. 24. no. 3. pp. 39–43. (in Russian).
- 12 Khansivarova N.M., Lozhkin A.D. Study of the adsorption properties of dispersed rocks in relation to heavy metals on the example of Ni (III). Engineering Bulletin of the Don. 2015. vol. 38. no. 4. pp. 147. (in Russian).
- 13 Bondareva L.P., Astapov A.V., Selemenev V.F., Ilyina A.Yu., Selectivity of ion exchange on iminocarboxylic resin and hydration energy of its ionic forms. Zh. physical chemistry. 2018. vol. 92. no. 8. pp. 1323-1328. (in Russian).
- 14 Biela R., Kučera T. Efficacy of Sorption Materials for Nickel, Iron and Manganese Removal from Water. Procedia Engineering. 2016. vol. 162. pp. 56-63. doi: 10.1016/j.proeng.2016.11.012
- 15 Veneu D.M., Yokoyama L., Cunha O.G.C., Schneider C.L., Monte M.B.D.M. Nickel sorption using Bioclastic Granules as a sorbent material: equilibrium, kinetic and characterization studies. Journal of Materials Research and Technology. 2019. vol. 8. pp. 840-852. doi: 10.3390/met10121630
- 16 Piątek J., de Bruin-Dickason C.N., Jaworski A., Chen J. et al. Glycine-functionalized silica as sorbent for cobalt(II) and nickel(II) recovery. Applied Surface Science. 2020. vol. 530. doi: 10.1016/j.apsusc.2020.147299
- 17 Ji C., Zhang J., Jia R., Zhang W. et al. Sorption enhancement of nickel(II) from wastewater by ZIF-8 modified with poly (sodium 4-styrenesulfonate): Mechanism and kinetic study. Chemical Engineering Journal. 2021. vol. 414. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894721004083?via%3Dihub>
- 18 Abu-Saied M.A., Wycisk R., Abbasy M.M., Abd El-Naim G. et al. Sulfated chitosan/PVA absorbent membrane for removal of copper and nickel ions from aqueous solutions—Fabrication and sorption studies. Carbohydrate polymers. 2017. vol. 165. pp. 149-158. doi: 10.1016/j.carbpol.2016.12.039
- 19 Masoumi H., Ghaemi A., Gilani H.G. Elimination of lead from multi-component lead-nickel-cadmium solution using hyper-cross-linked polystyrene: Experimental and RSM modeling. Journal of Environmental Chemical Engineering. 2021. vol. 9. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343721015566>
- 20 Chaudhari V., Patkar M. Removal of nickel from aqueous solution by using corncob as adsorbent. Materialstoday: Proceedings. 2021. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321063744?via%3Dihub>
- 21 Gafoor A., Kumar S., Begum S., Rahman Z. Elimination of nickel (II) ions using various natural/modified clay minerals: A review. Materials Today: Proceedings. 2021. vol. 37. pp. 2033-2040. doi: 10.1016/j.matpr.2020.07.500
- 22 Uyen D.M., Sirotkin A.S., Thuan L.V., Han K.H. Adsorption removal of nickel(II) ions from aqueous solutions by a spherical carbon sorbent based on Litsea Glutinosa. Chemistry and chemical technology. 2021. vol. 64. no. 11. pp. 71-78. doi: 10.6060/ivkkt.20216411.6416 (in Russian).

Сведения об авторах

Лариса П. Бондарева к.х.н., доцент, кафедры 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>

Кристина В. Гринь студент, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т, Революции, 19, г. Воронеж, 394066, Россия, kristina.zueva.2000@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.

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>

Krustina V. Grin student, physical and analytical chemistry department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Ave., 19, Voronezh, 394066, Russia, kristina.zueva.2000@list.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 17/01/2022	После редакции 03/02/2022	Принята в печать 24/02/2022
Received 17/01/2022	Accepted in revised 03/02/2022	Accepted 24/02/2022

Исследование свойств синтетических и биоразлагаемых полимеров, с целью возможности их использования в пищевой отрасли



Ольга В. Ершова	¹	yershova_mgtu@mail.ru	
Эльвира Р. Муллина	¹	olegro74@mail.ru	 0000-0003-3412-8902
Юлия А. Бессонова	¹	chem@magtu.ru	 0000-0001-8027-3567
Ксения В. Багреева	¹	ksushabagreeva@gmail.com	

¹ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.Н. Носова, ул. Ленина, 38, Магнитогорск, 455000, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена актуальная проблема экологичности упаковочных материалов, используемых в пищевой отрасли. Цель работы заключалась в исследовании физико-механических характеристик биоразлагаемых и синтетических полимеров, с целью актуализации замены синтетических упаковочных материалов на более экологичные материалы. В статье рассмотрены основные характеристики инновационных биоразлагаемых материалов основе полилактидов (PLA). Представлен сравнительный анализ прочностных и сорбционных свойств как биоразлагаемых, так и синтетических полимерных материалов. Сравнительный анализ исследуемых материалов проводился по следующим параметрам: водопоглощение, стойкость к проколу, деформационно-прочностные и теплофизические характеристики. Так же в работе представлены результаты исследования водопоглощающей способности анализируемых полимерных материалов. Приведены результаты испытаний, позволяющие установить температурно-временные параметры переработки полилактида по расплавному методу. Проанализированы данные, полученные методом ДСК по установлению релаксационных и фазовых переходов, происходящее в полимере при термоллизе. В ходе проведения эксперимента так же были проведены экспериментальные исследования химических свойств биоразлагаемых материалов на основе полилактидов (PLA), китайского производства. Рассмотрены основные преимущества и недостатки синтетических и природных полимерных материалов. Кроме того, в работе проанализированы экологические аспекты практического применения исследуемых полимерных материалов. Сформулированы выводы о возможности и безопасности применения представленных материалов в различных отраслях пищевой промышленности. На основании полученных результатов эксперимента установлено, что синтетические полимерные материалы по исследуемым физико-механическим параметрам значительно превосходят биополимерные материалы, однако, учитывая экологичность и возможность полной утилизации в природных условиях, данный факт не снижает актуальности использования биополимеров в пищевой отрасли. Кроме того, анализ данных по химическому составу исследуемых биополимеров основе полилактидов (PLA) показал, что снижение прочностных параметров представленных образцов, возможно, нивелировать путем введения модифицирующих упрочняющих и гидрофобизирующих добавок.

Ключевые слова: полилактид, биоразлагаемые полимеры, синтетические полимеры, водопоглощение, деформационно-прочностные, теплофизические характеристики

Investigation of the properties of synthetic and biodegradable polymers, with a view to the possibility of their use in the food industry

Olga V. Ershova	¹	yershova_mgtu@mail.ru	
Elvira R. Mullina	¹	olegro74@mail.ru	 0000-0003-3412-8902
Julia A. Bessonova	¹	chem@magtu.ru	 0000-0001-8027-3567
Ksenia V. Bagreeva	¹	ksushabagreeva@gmail.com	

¹ Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

Abstract. The article deals with the actual problem of environmental friendliness of packaging materials used in the food industry. The aim of the work was to study the physical and mechanical characteristics of biodegradable and synthetic polymers, with the aim of updating the replacement of synthetic packaging materials with more environmentally friendly materials. The article discusses the main characteristics of innovative biodegradable materials based on polylactides (PLA). A comparative analysis of the strength and sorption properties of both biodegradable and synthetic polymeric materials is presented. A comparative analysis of the materials under study was carried out according to the following parameters: water absorption, puncture resistance, deformation-strength and thermophysical characteristics. The paper also presents the results of a study of the water-absorbing capacity of the analyzed polymeric materials. The results of tests are presented, which make it possible to establish the temperature-time parameters of the processing of polylactide by the melt method. The data obtained by the DSC method on the establishment of relaxation and phase transitions that occur in the polymer during thermolysis are analyzed. During the experiment, experimental studies of the chemical properties of biodegradable materials based on polylactides (PLA), made in China were carried out. The main advantages and disadvantages of synthetic and natural polymeric materials are considered. In addition, the paper analyzes the environmental aspects of the practical application of the studied polymeric materials. Conclusions are formulated about the possibility and safety of using the presented materials in various branches of the food industry. Based on the results of the experiment, it was found that synthetic polymer materials slightly exceed biopolymer materials in terms of the investigated physical and mechanical parameters, however, given the environmental friendliness and the possibility of complete utilization in natural conditions, this fact does not reduce the relevance of using biopolymers in the food industry. In addition, the analysis of data on the chemical composition of the studied biopolymers based on polylactides (PLA) showed that the decrease in the strength parameters of the presented samples can be neutralized by introducing modifying strengthening and hydrophobizing additives.

Keywords: polylactide, biodegradable polymers, synthetic polymers, water absorption, deformation-strength, thermophysical characteristics

Для цитирования

Ершова О.В., Муллина Э.Р., Бессонова Ю.А., Багреева К.В. Исследование свойств синтетических и биоразлагаемых полимеров, с целью возможности их использования в пищевой отрасли // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 245–251. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-245-251

For citation

Ershova O.V., Mullina E.R., Bessonova Ju.A., Bagreeva K.V. Investigation of the properties of synthetic and biodegradable polymers, with a view to the possibility of their use in the food industry. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 245–251. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-245-251

Введение

На сегодняшний день крупные страны, стараясь решить проблемы безопасности и экологичности упаковочных материалов, всё чаще задумываются о создании и использовании инновационных полимерных материалов, которые отвечали бы всем параметрам безопасности при хранении и транспортировке товара, а также современным критериям экологичности материала. Ускоренному распространению технологий производства таких материалов для упаковки способствует соответствующее общественное мнение и законодательные способы воздействия и регулирования.

Сегодня ведущие университеты мира занимаются активной разработкой и внедрением биоразлагаемых упаковочных материалов. В России об этой упаковке информации практически нет, как нет своих производителей [1–2].

По определению Международной организации по стандартизации биоразлагаемые пластики это полимеры, разложение которых происходит под воздействием бактерий, грибов и водорослей. Понятно, что применение таких пластиков минимизирует вредное воздействие на экологию окружающей среды. Несмотря на то, что стоимость такой упаковки больше обычной, многие крупные розничные сети, супермаркеты переходят на упаковку из биоразлагаемых материалов.

Биоразлагаемые полимеры сохраняют эксплуатационные свойства только в течение периода потребления и использования [2–4]. Срок жизни биоразлагаемых полимеров, как правило, составляет до нескольких месяцев. Считается, что биоразлагаемые материалы по своим свойствам схожи с синтетическими полимерами [3–5]. Поэтому они способны заменить пластмассы, полимерные пленки и другие упаковочные материалы. Упаковка из биоразлагаемых полимерных материалов в отличие от синтетической полимерной упаковки обладает рядом преимуществ, заключающихся в легкости вторичной переработки и решении экологических проблем. Именно поэтому изучение свойств биополимеров является актуальным научным направлением [3, 6, 7].

Цель работы – исследование физико-механических характеристик биоразлагаемых и синтетических полимеров, для актуализации замены синтетических упаковочных материалов, на более экологичные.

Материалы и методы

В ходе проведения экспериментальных исследований были изучены свойства биополимеров на основе полилактоидов (PLA) различных

китайских производителей, обозначенные в работе под номерами: № 1–4 и № 5. В экспериментальной части работы проведен сравнительный анализ физико-механических характеристик биоразлагаемых материалов и наиболее широко используемых синтетических полимерных материалов – полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) и полипропилена (ПП). В ходе исследования использовались следующие методики: методика испытания полимерных пленок на растяжение согласно ГОСТ 14236–81 «Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение». Определение водопоглощения проходило согласно ГОСТ 4650–2014 (ISO 62:2008) «Пластмассы. Методы определения водопоглощения». Определение стойкости к проколу проводилось по ГОСТ 12.4.118–82 «Пленочные полимерные материалы и искусственные кожи для средств защиты рук. Метод определения стойкости к проколу». Исследование теплофизических характеристик и состава биоразлагаемых полимеров методом синхронного термического анализа проводилось согласно ISO 11357 «Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия».

Результаты и обсуждение

Результаты экспериментального исследования по водопоглощению анализируемых образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты испытаний полимерных материалов по показателям водопоглощения

Table 1.

Results of tests of polymer materials on water absorption indicators

Образец Sample	Водопоглощение, C, % Water absorption, C, %
PLA № 1	7,94423
PLA № 2	10,32531
PLA № 3	9,48361
PLA № 4	9,28450
PLA № 5	5,70109
ПЭНП	9,87996
ПП	2,98851

Анализ полученных результатов показал, что максимальная водопоглощающая способность отмечена у образцов PLA № 2. Кроме того, в ходе исследования на водопоглощение полимерных материалов было установлено, что данный показатель в целом выше у биоразлагаемых материалов, чем у синтетических. Это позволяет сделать вывод о том, что биополимеры более сильно подвержены разложению в водных средах, в сравнении с синтетическими полимерными материалами [8, 9].

Результаты испытания исследуемых образцов по показателю стойкости к проколу представлены в таблице 2.

Таблица 2.
Результаты испытаний полимерных материалов по показателям стойкости к проколу

Table 2.
Results of tests of polymer materials in terms of puncture resistance

Образец Sample	Усилие прокола, <i>H</i> Piercing force, Н	Нормальное растягивающее напряжение при проколе σ , МПа Normal tensile stress at the puncture σ , МПа
PLA № 1	1,057	1,057
PLA № 2	0,637	0,637
PLA № 3	1,35	1,35
PLA № 4	0,547	0,547
PLA № 5	0,509	0,509
ПЭНП	0,713	0,713
ПП	0,509	0,509

В результате исследования было установлено, что стойкость к проколу биоразлагаемых и синтетических материалов сопоставима, а в

некоторых случаях и незначительно выше, следовательно, рассматриваемые образцы полилактидных материалов могут найти практическое применение для получения транспортной упаковки, а так же в производстве упаковочных материалов для пищевой продукции [1, 3, 10, 11].

Результаты прочностных характеристик исследуемых образцов полимерных материалов представлены в таблице 3. Испытание образцов на растяжение проводилось в двух направлениях – поперечном и продольном.

Анализ полученных результатов (таблица 3) показал, что максимальные значения растяжения материала (при поперечном направлении) отмечены у синтетического полимера ПЭНП. Максимальные значения растяжения материала (в продольном направлении) характерны для образца PLA № 2. Из этого можно сделать вывод, что полилактидные пленки ориентированы в двух направлениях, но в поперечном направлении прочность полилактидных материалов при разрыве выше. Полилактидные плёнки очень эластичны, хорошо тянутся и практически не уступают по данному параметру синтетическим полимерным материалам [2, 6, 12].

Таблица 3.
Результаты испытаний полимерных материалов по деформационно-прочностным показателям

Table 3.
Results of tests of polymer materials on deformation and strength indicators

Образец Sample	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение, %	Прочность при разрыве, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
	Tensile strength, МПа	Relative elongation, %	Tensile strength, МПа	Relative elongation at break, %
<i>поперечное направление transverse direction</i>				
PLA № 1	2,16	18,964	0,91	35,153
PLA № 2	2,7	5,638	0,77	45,974
PLA № 3	6,21	6,708	4,1	9,336
PLA № 4	2,22	5,45	1,39	11,626
PLA № 5	1,6	4,45	0,45	20,584
ПЭНП	4,84	14,968	1,78	26,087
ПП	4,01	2,24	1,16	41,261
<i>продольное направление longitudinal direction</i>				
PLA № 1	1,4	8,3	0,38	32,283
PLA № 2	3,64	10,01	1,01	20,597
PLA № 3	8,6	8,27	2,11	34,56
PLA № 4	2,73	11,12	1,33	18,049
PLA № 5	2,7	18,73	0,946	25,08
ПЭНП	4,7	39,84	2,43	45,902
ПП	1,99	3,764	0,53	20,533

Изучение теплофизических характеристик биоразлагаемых материалов и их состава проводили методом термогравиметрической и дифференциально-сканирующей колориметрии (ТГ и ДСК) на приборе синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter (NETZSCH, Германия).

Для проведения испытания, образцы исследуемого материала помещали в алюминиевый тигель. Тигель с образцами материала закрывали крышкой и устанавливали на держателе прибора с термопарой типа S чувствительностью 1 мкВт. По заданной температурной

программе (нагрев от 30 до 600 °С со скоростью 10 °С/мин) проводили испытание в атмосфере аргона (20 мл/мин). При помощи электронной системы и пакета программ NETZSCH-Proteus осуществлялся контроль и сбор данных. Анализ данных выполнялся в программе Proteus Analysis [1,13]. Кривые синхронного термического анализа образца «PLA № 1» представлены на рисунке 1, образца «PLA № 3» представлены на рисунке 2.

На ДСК-кривой отмечено несколько эндотермических пиков. Пик при 42,9 °С характеризует удаление из образца легколетучих компонентов, к которым могут относиться вода, растворители и ряд других веществ. Данная кривая имеет два пика плавления (пики при 145,1 и 161,3 °С). Остальные указанные пики соответствуют стадиям разложения органических компонентов, входящих в состав полилактидных материалов.

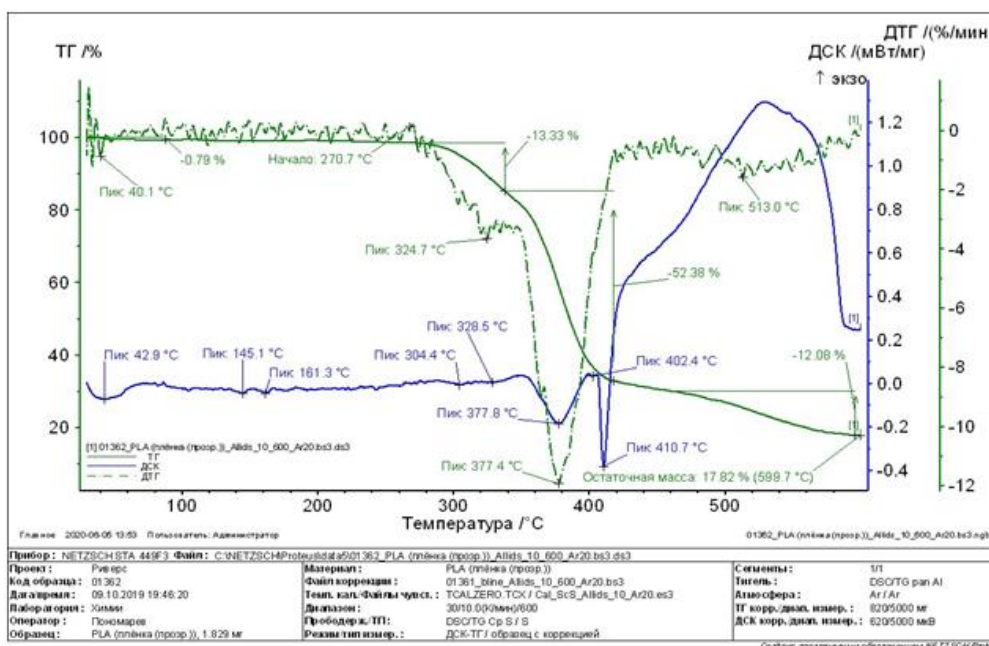


Рисунок 1. Кривые синхронного термического анализа образца «PLA № 1»
 Figure 1. Curves of synchronous thermal analysis of the sample "PLA No. 1"

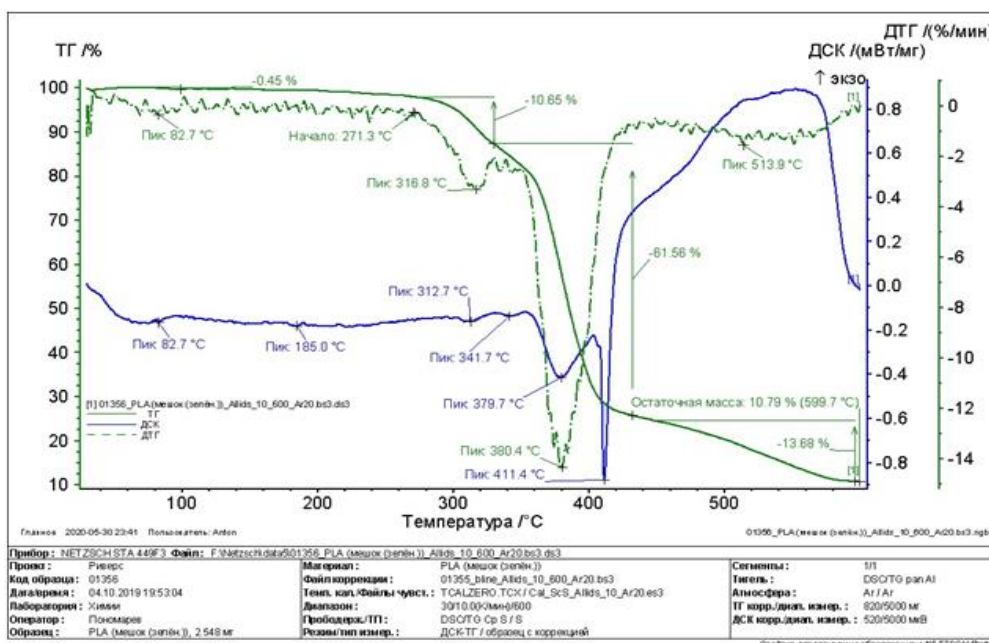


Рисунок 2. Кривые синхронного термического анализа образца «PLA № 3»
 Figure 2. Curves of synchronous thermal analysis of the sample "PLA No. 3"

На кривой производной по термогравиметрической кривой (ДТГ-кривой) выделено четыре пика разложения (пики при 40,1; 324,7; 377,4 и 513,0 °С). Пик с вершиной при температуре 40,1 °С характеризует удаление из образца легколетучих компонентов (соответствующая потеря массы, установленная по термогравиметрической кривой (ТГ-кривой), составляет 0,79%). При 270,7 °С начинается процесс разложения полилактида (ПЛА), который протекает в две стадии (пики при 324,7 и 377,4 °С) с общей потерей массы 65,71%. При 513,0 °С разлагается более термостойкий компонент материала с общей потерей массы 12,08%. Указанные потери массы для каждого из компонентов приблизительно соответствуют их долям (масс.) в составе материала. По ТГ-кривой определено, что остаточная масса при температуре 599,7 °С равна 17,82%. Её образуют углерод и неорганические компоненты, которые, например, могут входить в состав наполнителя.

На ДСК-кривой отмечено несколько эндотермических пиков. Пик при температуре 82,7 °С характеризует удаление из образца легколетучих компонентов, к которым могут относиться вода, растворители и ряд других веществ. Данная кривая имеет один пик плавления при 185,0 °С. Остальные указанные пики соответствуют стадиям разложения органических компонентов, входящих в состав полилактидных материалов.

На ДТГ-кривой выделено четыре пика разложения (пики при 82,7; 316,8; 380,4 и 513,9 °С). Пик с вершиной при температуре 82,7 °С характеризует удаление из образца легколетучих компонентов (соответствующая потеря массы, установленная по термогравиметрической кривой (ТГ-кривой), составляет 0,45%). При 271,3 °С начинается процесс разложения полилактида (ПЛА), который протекает в две стадии (пики при 316,8 и 380,4 °С) с общей потерей массы 72,21%. При 513,9 °С разлагается более термостойкий компонент материала с общей потерей массы 13,68%. Указанные потери массы для каждого из компонентов приблизительно соответствуют их долям (масс.) в составе материала. По ТГ-кривой определено, что остаточная масса при температуре 599,7 °С равна 10,79%. Её образуют углерод и неорганические компоненты, которые, например, могут входить в состав наполнителя.

Заключение

Биоразлагаемые полимерные материалы сохраняют свои свойства практически неизменными в течение всего срока их эксплуатации,

по окончании которого претерпевают ускоренные физико-химические и биологические превращения в природной окружающей среде, включаясь в метаболизм биологических систем.

Практические результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств синтетических и биоразлагаемых полимеров, позволили сделать следующие выводы:

— исследуемые в работе образцы PLA легко подвергаются деструкции в водных системах, обладают достаточной эластичностью и стойкостью к механическому проколу;

— результаты, полученные методом термогравиметрической и дифференциально-сканирующей колориметрии (ТГ и ДСК) позволили установить наличие неорганического компонента в составе исследуемых образцов биополимера, что может указывать на наличие в них связующих и модифицирующих добавок неорганического происхождения;

— синтетические полимерные материалы, по основным физико-механическим параметрам незначительно превосходят биоразлагаемые полимерные материалы, однако в отличие от биополимеров практически не утилизируются в природе естественным путем;

— по показателям водопоглощения исследуемые образцы биоразлагаемых полимеров в сравнение с ПЭНП характеризуются лучшей гидрофобностью (кроме образца PLA № 2);

— для улучшения эксплуатационных свойств биополимера рекомендуется использовать специальные модифицирующие (упрочняющие и гидрофобизирующие) добавки [14–20].

Таким образом, биоразлагаемые полимерные материалы можно широко применять в качестве экологически безопасного гидрофобного упаковочного материала в различных отраслях пищевой промышленности [5, 10, 13]. Утилизация биоразлагаемых полимерных материалов не требует специальных дополнительных площадей и участков под свалки, а продукты их разложения не оказывают пагубного влияния на окружающую среду. Основными проблемами являются: отсутствие руководящих принципов и методологической согласованности анализа различных типов полимеров, композиционных материалов и материалов, содержащих добавки, недостаточный уровень стандартизации методов, ограниченность в оборудовании и в некоторых случаях, сложность проведения испытаний.

Литература

- 1 Ершова О.В., Багреева К.В. Исследование физико-механических свойств биоразлагаемых и синтетических полимеров // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 79-й международной научно-технической конференции. 2021. Т. 2. С. 603
- 2 Вильданов Ф.Ш., Латыпова Ф.Н., Красуцкий П.А., Чанышев Р.Р. Биоразлагаемые полимеры современное состояние и перспективы использования // Башкирский химический журнал. 2012. Т. 19. №. 1. С. 135-139.
- 3 Ивановский С.К., Бахаева А.Н. Экологические аспекты проблемы утилизации отходов полимерной упаковки и техногенных минеральных ресурсов // Успехи современного естествознания. 2015. № 1–5. С. 813–817.
- 4 Adamcová D., Vaverková M., Toman F. Repeated research of biodegradability of plastics materials in real composting conditions // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 2013. V. 61. №. 6. P. 1557-1564.
- 5 Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Ершова О.В. Влияние химической природы проклеивающих компонентов на гидрофильные и гидрофобные свойства целлюлозных ма-териалов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 250.
- 6 Kjeldsen A., Price M., Lilley C., Guzniczak E. et al. A Review of Standards for Biodegradable Plastics // Industrial Biotechnology Innovation Centre. 2017. P. 33.
- 7 Dr. Rolf-Joachim Miller. Biodegradability of Polymers: Regulations and Methods for Test-ing. Gesellschaft für Biotechnologische Forschung, 2016. 388 p.
- 8 Ершова О.В., Муллина Э.Р., Чупрова Л.В., Мишурина О.А. и др. Изучение влияния состава неорганического наполнителя на физико-химические свойства полимерного композиционного материала // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–3. С. 487–491.
- 9 Закирова А.Ш., Канарская З.А., Михайлова О.С., Василенко С.В. Биодegradируемые пленочные материалы. Часть 1. Биодegradируемые пленочные материалы на основе синтетических и микробиологически синтезированных полимеров // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. №. 9. С. 155-162.
- 10 Коляда Л.Г., Медяник Н.Л., Ефимов Ю.Ю. Синтез и исследование наночастиц серебра и возможность их использования в пищевой упаковке // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. № 2 (50). С. 65–69.
- 11 Yershova O.V., Chuprova L.V., Mullina E.R., Mishurina O.A et al. The solution of environmental problems during plastic package recycling // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. V. 10. № 24. P. 44896–44899.
- 12 Мухаметдинова А.А. Определение деструкции биоразлагаемых полимеров // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 78-й международной научно-технической конференции. 2020. С. 30.
- 13 Ершова О.В. Деструкция полимерных пленок, модифицированных оксибиоразлагаемой добавкой d2W // Успехи современного естествознания. 2016. № 11–2. С. 221–225.
- 14 Ершова О.В., Чупрова Л.В. Решение проблемы утилизации отходов полимерных материалов // Фундаментальные исследования. 2016. № 11–2. С. 271–275.
- 15 Vaverková M., Kotovicová J., Adamcová D. Testing the biodegradability and biodegradation rates of degradable/biodegradable plastics within simulated environment // Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 2011. №. 12.
- 16 Носков Д.В., Артеменко С.Е., Овчинникова Г.П. Модификация вторичных полимеров // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2003. Т. 46. №. 1. С. 131-133.
- 17 Мельниченко М.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р., Мишурина О.А. и др. Влияние химического состава на реакционную способность дисперсных наполнителей, используемых в композиционных материалах // Успехи современного естествознания. 2015. № 11. С. 70–73.
- 18 Нестеренкова А.И., Осипчик В.С. Тальконаполненные композиции на основе полипропилена // Пластические массы. 2007. № 6. С. 44–46.
- 19 Gilev V.G., Rusakov S.V., Rakhmanov A.Y., Chudinov V.S. et al. Modeling the curing kinetics of an epoxy binder with disturbed stoichiometry for a composite material of aero-space purpose // Mechanics of Composite Materials. 2021. V. 57. № 3. P. 361–372.
- 20 Mohite A.S., Rajpurkar Y.D., More A.P. Bridging the gap between rubbers and plastics: a review on thermoplastic polyolefin elastomers // Polymer Bulletin. 2021. P. 1-35. doi: 10.1007/s00289-020-03522-8

References

- 1 Ershova O.V., Bagreeva K.V. Study of the physical and mechanical properties of biodegradable and synthetic polymers. Actual problems of modern science, technology and education: abstracts of the 79th international scientific and technical conference. 2021. vol. 2. pp. 603. (in Russian).
- 2 Vildanov F.Sh., Latypova F.N., Krasutsky P.A., Chanyshev R.R. Biodegradable polymers current state and prospects for use. Bashkir Chemical Journal. 2012. vol. 19. no. 1. pp. 135-139. (in Russian).
- 3 Ivanovsky S.K., Bakhaeva A.N. Ecological aspects of the problem of recycling of waste polymer packaging and technogenic mineral resources. Successes of modern natural science. 2015. no. 1–5. pp. 813–817. (in Russian).
- 4 Adamcová D., Vaverková M., Toman F. Repeated research of biodegradability of plastics materials in real composting conditions. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 2013. vol. 61. no. 6. pp. 1557-1564.
- 5 Mullina E.R., Mishurina O.A., Chuprova L.V., Ershova O.V. Influence of the chemical nature of sizing components on the hydrophilic and hydrophobic properties of cellulose materials. Modern problems of science and education. 2014. no. 6. pp. 250. (in Russian).
- 6 Kjeldsen A., Price M., Lilley C., Guzniczak E. et al. A Review of Standards for Biodegradable Plastics. Industrial Biotechnology Innovation Centre. 2017. pp. 33.
- 7 Dr. Rolf-Joachim Miller. Biodegradability of Polymers: Regulations and Methods for Test-ing. Gesellschaft für Biotechnologische Forschung, 2016. 388 p.

- 8 Ershova O.V., Mullina E.R., Chuprova L.V., Mishurina O.A. et al. Study of the influence of the composition of an inorganic filler on the physicochemical properties of a polymer composite material. *Fundamental Research*. 2014. no. 12–3. pp. 487–491. (in Russian).
- 9 Zakirova A.Sh., Kanarskaya Z.A., Mikhailova O.S., Vasilenko S.V. Biodegradable film materials. Part 1. Biodegradable film materials based on synthetic and microbiologically synthesized polymers. *Bulletin of the Kazan Technological University*. 2014. vol. 17. no. 9. pp. 155–162. (in Russian).
- 10 Kolyada L.G., Medyanik N.L., Efimov Yu.Yu. Synthesis and study of silver nanoparticles and the possibility of their use in food packaging. *Bulletin of the Magnitogorsk State Technical University*. G.I. Nosov. 2015. no. 2 (50). pp. 65–69. (in Russian).
- 11 Yershova O.V., Chuprova L.V., Mullina E.R., Mishurina O.A. et al. The solution of environmental problems during plastic package recycling. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. vol. 10. no. 24. pp. 44896–44899.
- 12 Mukhametdinova A.A. Determination of degradation of biodegradable polymers. *Actual problems of modern science, technology and education. Abstracts of the 78th international scientific and technical conference*. 2020. pp. 30. (in Russian).
- 13 Ershova O.V. Destruction of polymer films modified with oxybiodegradable additive d2W. *Successes of modern natural sciences*. 2016. no. 11–2. pp. 221–225. (in Russian).
- 14 Ershova O.V., Chuprova L.V. Solving the problem of waste disposal of polymeric materials. *Fundamental research*. 2016. no. 11–2. pp. 271–275. (in Russian).
- 15 Vavercová M., Kotovicová J., Adamcová D. Testing the biodegradability and biodegradation rates of degradable/biodegradable plastics within simulated environment. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. 2011. no. 12.
- 16 Noskov D.V., Artemenko S.E., Ovchinnikova G.P. Modification of secondary polymers. *News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology*. 2003. vol. 46. no. 1. pp. 131–133. (in Russian).
- 17 Melnichenko M.A., Chuprova L.V., Mullina E.R., Mishurina O.A. et al. Influence of chemical composition on the reactivity of dispersed fillers used in composite materials. *Successes of modern natural science*. 2015. no. 11. pp. 70–73. (in Russian).
- 18 Nesterenkova A.I., Osipchik V.S. Talc-filled compositions based on polypropylene. *Plastic masses*. 2007. no. 6. pp. 44–46. (in Russian).
- 19 Gilev V.G., Rusakov S.V., Rakhmanov A.Y., Chudinov V.S. et al. Modeling the curing kinetics of an epoxy binder with disturbed stoichiometry for a composite material of aero-space purpose. *Mechanics of Composite Materials*. 2021. vol. 57. no. 3. pp. 361–372.
- 20 Mohite A.S., Rajpurkar Y.D., More A.P. Bridging the gap between rubbers and plastics: a review on thermoplastic polyolefin elastomers. *Polymer Bulletin*. 2021. pp. 1–35. doi: 10.1007/s00289-020-03522-8

Сведения об авторах

Ольга В. Ершова к.п.н, доцент, кафедра химии, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, ул. Ленина, 38, Магнитогорск, 455000, Россия, yershova_mgtu@mail.ru

Эльвира Р. Муллина к.т.н, доцент, кафедра химии, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, ул. Ленина, 38, Магнитогорск, 455000, Россия, olegro74@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3412-8902>

Юлия А. Бессонова к.э.н, доцент, кафедра химии, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, ул. Ленина, 38, Магнитогорск, 455000, Россия, chem@magtu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8027-3567>

Ксения В. Багреева студент, кафедра химии, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, ул. Ленина, 38, Магнитогорск, 455000, Россия, ksushabagreeva@gmail.com

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

Olga V. Ershova Cand. Sci. (Ped.), associate professor, chemistry department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Lenina st., 48, Magnitogorsk, 455000, Russia, yershova_mgtu@mail.ru

Elvira R. Mullina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemistry department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Lenina st., 48, Magnitogorsk, 455000, Russia, olegro74@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3412-8902>

Julia A. Bessonova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, chemistry department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Lenina st., 48, Magnitogorsk, 455000, Russia, chem@magtu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8027-3567>

Ksenia V. Bagreeva student, chemistry department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Lenina st., 48, Magnitogorsk, 455000, Russia, ksushabagreeva@gmail.com

Contribution





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

Conflict of interest

The authors declare the absence of conflict of interest

Поступила 27/12/2021	После редакции 11/02/2022	Принята в печать 02/03/2022
Received 27/12/2021	Accepted in revised 11/02/2022	Accepted 02/03/2022

Особенности наполнения композиций ПВХ/АБС





Карина Р. Хузиахметова ¹	karina261996@mail.ru	 0000-0001-5313-3147
Анвар М. Исламов ¹	iam16@yandex.ru	 0000-0002-8552-5855
Ляйля А. Абдрахманова ¹	laa@kgasu.ru	 0000-0003-3905-5730
Рашит К. Низамов ¹	nizamov@kgasu.ru	 0000-0002-8552-5855

¹ Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, 1, г. Казань, 420043, Россия

Аннотация. Работа посвящена наполнению коротковолокнистой базальтовой фиброй ПВХ (поливинилхлорид) композиций, модифицированных АБС (акрилонитрил-бутадиен-стирол) в широком интервале концентраций, предназначенных для производства профильно-погонажных изделий различного функционального назначения. Порошкообразные образцы изготовлены по экструзионной технологии (в виде плоских профилей) и методом термопластикации на вальцах (в виде пленок). Введение 10-40 мас.ч. АБС в ПВХ рецептуры позволяет облегчить перерабатываемость композиции. Аналогичная ситуация наблюдается при наполнении данных композиций базальтовой фиброй, приводящей к незначительному снижению ПТР (показателю текучести расплава) и термостабильности, что в целом не отражается отрицательно на условиях течения расплава, при этом происходит снижение показателя разбухания экструдата на 10-15%, которое свидетельствует о возможности придания изделиям более точных геометрических размеров. Изменение надмолекулярной структуры оценивалось по данным термомеханических испытаний и с помощью энергодисперсионного анализа по данным электронной микроскопии. Термомеханический анализ показал, что присутствие больших доз АБС положительно сказывается на технологических свойствах, приводя к более раннему развитию высокоэластических деформаций и снижению температуры текучести композиций. Базальтовая фибра способствует незначительному снижению величины высокоэластических деформаций и увеличению показателя плотности узлов сетки зацепления. Энергодисперсионный анализ показал, что введение базальтовой фибры приводит к формированию однородной структуры ПВХ при меньших концентрациях АБС в композиции, оказывая влияние на повышение текучести расплава и термостабильность. Повышенные технологические свойства наполненных коротковолокнистой базальтовой фиброй ПВХ композиций, модифицированных разной концентрацией АБС, позволяют их рекомендовать для производства широкого круга профильно-погонажных изделий.

Ключевые слова: поливинилхлорид, акрилонитрил-бутадиен-стирол, смеси, модификатор, экструзия

Features of PVC/ABS compositions filling

Karina R. Khuziakhmetova ¹	karina261996@mail.ru	 0000-0001-5313-3147
Anvar M. Islamov ¹	iam16@yandex.ru	 0000-0002-8552-5855
Lyailya A. Abdrakhmanova ¹	laa@kgasu.ru	 0000-0003-3905-5730
Rashit K. Nizamov ¹	nizamov@kgasu.ru	 0000-0002-8552-5855

¹ Kazan State University of Architecture and Engineering, 1, Zelenaya Str., Kazan 420043, Russia

Abstract. The work is devoted to the filling of PVC (polyvinyl chloride) compositions modified with ABS (acrylonitrile-butadiene styrene) in a wide concentration range, intended for the production of profiles and moldings of various functional purposes, with short-fiber basalt fiber. Powdered samples were made by extrusion (in the form of flat profiles) and by thermoplasticizing on rolls (in the form of films). Introduction of 10-40 phr ABS in PVC formulation makes it easier to recycle the composition. Similar situation is observed when these compositions are filled with basalt fiber, which leads to insignificant decrease of MFR (melt flow index) and thermal stability, which in general does not reflect negatively on melt flow conditions, at the same time extrudate swelling index decreases by 10-15%, which indicates possibility to provide products with more precise geometric dimensions. The change in the supramolecular structure was evaluated by thermomechanical tests and by energy dispersive analysis using electron microscopy data. Thermomechanical analysis showed that the presence of large doses of ABS has a positive effect on the technological properties, leading to an earlier development of highly elastic deformations and a decrease in the yield point of the compositions. Basalt fiber contributes to an insignificant decrease in the value of high elastic deformations and an increase in the density index of meshing knots. Energy dispersion analysis has shown that introduction of basalt fiber leads to formation of homogeneous structure of PVC at lower concentrations of ABS in the composition, influencing on increase of melt flowability and thermal stability. Improved technological properties of PVC compositions filled with short-fiber basalt fiber, modified with different concentrations of ABS, allow to recommend them for production of a wide range of profile and molded products.

Keywords: polyvinyl chloride, acrylonitrile butadiene styrene, blends, modifier, extrusion

Введение

Строительный сектор требует расширения номенклатуры продукции [1]. Этого можно добиться путем использования полимеров [2]. Полимерные материалы широко используются практически во всех отраслях промышленности, что обусловлено повышенным спросом таких изделий. По объемам производства и

потребления лидирующие позиции в строительстве занимает поливинилхлорид (ПВХ) [3]. На стадии переработки ПВХ подвергается термической деструкции, в связи с чем могут ухудшаться механические свойства материалов [4]. Введение в состав ПВХ композиций акриловых технологических добавок позволяет обеспечить рост требований к эксплуатацион-

Для цитирования

Хузиахметова К.Р., Исламов А.М., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Особенности наполнения композиций ПВХ/АБС // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 252–258. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-252-258

For citation

Khuziakhmetova K.R., Islamov A.M., Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K. Features of PVC/ABS compositions filling. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 252–258. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-252-258

ным и технологическим свойствам таких материалов [5–7].

На данный момент набирают обороты акриловые технологические добавки, самыми распространенными из которых являются сополимеры акрилонитрил-бутадиен-стирола (АБС) [8]. АБС характеризуется широким многообразием состава, молекулярной структуры, методов производства и переработки [9–11]. Как правило, он состоит из двух фаз: бутадиенового каучука и стирол-акрилонитрильного пластика (САН). Фаза бутадиена представляется как равномерно распределенное ядро в жесткой САН матрице [12, 13]. Вследствие сочетания прочностных свойств и морозостойкости бутадиена, а также жесткости и термостабильности САН матрицы, АБС широко используется как модификатор физико-механических и теплофизических свойств ПВХ. При этом ПВХ больше взаимодействует с САН, чем с бутадиеном. Из этого следует, что взаимодействие между САН и ПВХ является определяющей при создании смесей ПВХ/АБС [14–17].

Для придания особых свойств и снижения стоимости конечного изделия из-за уменьшения расхода полимера в композиции на основе ПВХ вводят волокнистые наполнители. Большинство исследований направлено на совмещении ПВХ со стекловолокном, хотя есть отличная альтернатива в виде базальтовых волокнистых наполнителей. Область применения базальтовых волокон близка к стеклянным [18, 19]. Базальтовое волокно увеличивает площадь контакта с полимерной матрицей, которая связывает между собой волокна, также позволяет повысить термостойкость и прочность в более широком диапазоне отрицательных и положительных температур [20].

В композициях, состоящих из смесей разных по природе полимеров, наполнитель может влиять на формирование межфазных слоев неоднозначно, что должно отразиться на формировании структуры в процессе переработки. В связи с этим, целью работы явилось исследование особенностей создания полимерных смесей на основе ПВХ и АБС в присутствии коротковолокнистого наполнителя – базальтовой фибры.

Материалы и методы

В исследованиях был использован суспензионный ПВХ марки С-6359-М по ГОСТ 14332–78, комплексный стабилизатор – двухосновный стеарат свинца (ДОСС), стабилизатор-смазка – стеарат кальция (Ст. Са) по ТУ 6–09–4104–87.

В качестве модификатора ударной прочности и перерабатываемости был выбран

АБС-20П (АО «Пластик», Россия), который имеет температуру размягчения порядка 100 °С и показатель текучести расплава при 220 °С и 10 кгс не менее 5–12 г./10 мин.

Состав ненаполненных экспериментальных композиций представлен в таблице 1.

Таблица 1.
Состав ненаполненных экспериментальных композиций
Table 1.
Composition of unfilled experimental compositions

Компонент Component	Концентрация, мас. ч. Concentration, phr			
ПВХ | PVC	100			
ДОСС | DBLS	5			
Ст. Са | St. Ca	3			
АБС | ABS	10	20	30	40

В качестве наполнителя использовалась коротковолокнистая модифицированная базальтовая фибра компании СЕММIX (ТУ 20.59.59-001-90557835-2017), замасленная водорастворимым щелочестойким К-В42. Средний диаметр волокна 8–10 мкм, средняя длина –100–500 мкм. В рецептуры таблицы 1 вводилось 7 мас.ч. базальтовой фибры на 100 мас.ч. ПВХ..

Предварительное перемешивание ненаполненных и наполненных порошкообразных компонентов осуществлялось на лабораторном смесителе ЛДУ-3 МПР с пропеллерной насадкой в течение 4 мин при 700 об/мин.

На лабораторном экструдере LabTech Scientific LTE 16–40 были получены плоские профили размером 2×22 мм или более (в зависимости от коэффициента разбухания расплава) и длиной 20–25 см. Температурный режим регулировался по десяти зонам цилиндра со скоростью вращения шнеков 16, 20 и 25 об/мин, оптимальная загрузка двигателя составляла 30–50 % от максимальной.

Пленочные образцы готовились на лабораторных вальцах ЛБ 200 100/100 Э при температуре валков 160–170 °С для жестких образцов в течение 3–4 мин. Каждая серия образцов готовилась одновременно при одинаковом температурном режиме при одной и той же толщине зазора между валками ~ 0,010–0,020 см.

Показатель текучести расплава (ПТР) определялся на пластометре Франка по ГОСТ 11645–73. Заранее подготовленные пленочные образцы массой 3 г были нагреты до 185 °С и нагружены 21,6 кг. Значение ПТР определялось по массе шести образцов, вышедших из капилляра диаметром 2 мм и достигнувших стабильного течения.

Термостабильность определялась на пленочных образцах, измельченных до размеров 2×2 мм весом 2–4 г., и характеризовалась временем индукционного периода от начала погружения пробирки в термическую печь до изменения цвета индикатора в процессе выделения HCl во время дегидрохлорирования ПВХ при 180°C по ГОСТ 14041–91.

Разбухания определялось на трех экстрактах по результатам замеров геометрических размеров толщиномером и штангенциркулем, значения которых сравнивались с размерами отверстия фильеры.

Термомеханический анализ осуществлялся на приборе, работающего по принципу постоянного нагружения в условиях сжатия при нагрузке 1 Н и постоянной скорости нагревания $3^\circ\text{C}/\text{мин}$ до 220°C на образцах диаметром $8 \pm 0,5$ мм и толщиной $3 \pm 0,1$ мм.

Электронные микрофотографии получены на автоэмиссионном высокоразрешающем сканирующем электронном микроскопе Merlin

компании CarlZeiss при ускоряющем напряжении первичных электронов 5 кВ и зондовом токе 300 пА для минимального воздействия на объект исследования. Образцы помещались в жидкий азот, после чего производился скол. Сколы выполнены по направлению оси экструдирования. Сколы образцов фиксировались на держателе и помещались в камеру вакуумной установки Quorum Q 150TES. Нанесение проводящего слоя проводилось методом катодного распыления сплавом Au/Pd в соотношении 80/20. Толщина нанесенного слоя составила 15 нм. С использованием энергодисперсионного анализа был исследован элементный состав образцов на различных участках композита с фиксацией азота, как реперного элемента в составе АБС, и хлора – в составе ПВХ.

Результаты и обсуждения

На рисунке 1 представлены изменения основных технологических показателей исследуемых образцов от концентрации АБС в системе.

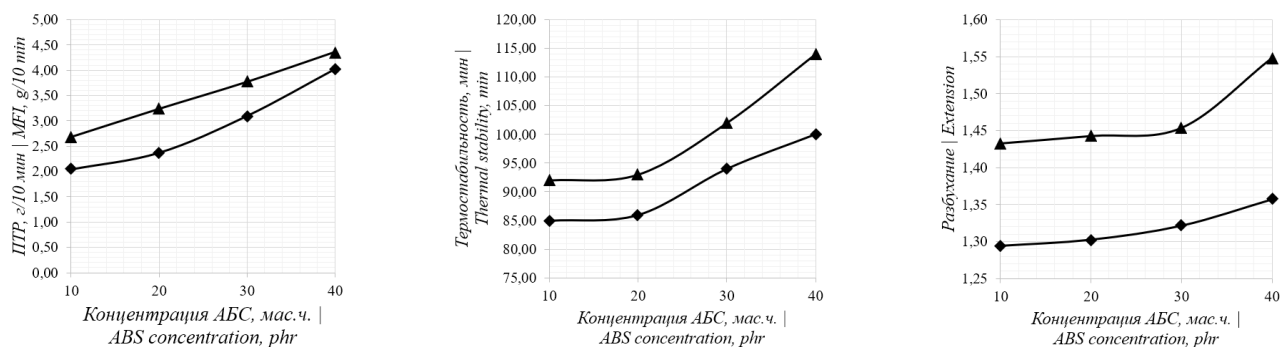


Рисунок 1. Технологические показатели образцов в зависимости от концентрации АБС: ▲ – незаполненные рецептуры; ◆ – наполненные базальтовой фиброй рецептуры

Figure 1. Technological indicators of samples depending on ABS concentration: ▲ – unfilled formulations; ◆ – formulations filled with basalt fiber

Из анализа кривых следует, что:

- как в незаполненных, так и в наполненных композициях, в концентрационном диапазоне АБС от 10 до 40 мас. тех технологические показатели (ПТР, термостабильность) увеличиваются. Это может быть с пластифицирующим действием оболочки САН в составе АБС, которая влияет на повышение текучести расплава и термостабильности;
- введение базальтовой фибры в сравнении с незаполненными ПВХ композициями способствует незначительному снижению ПТР и термостабильности, значения показателей находятся на уровне требования для жестких ПВХ композиций.

- в присутствии волокнистого наполнителя снижается показатель разбухания экструдата на 10–15 %, что дает возможность при производстве придавать изделиям точные геометрические размеры.

На рисунке 2 показаны термомеханические кривые ПВХ образцов в зависимости от концентрации АБС. При увеличении концентрации АБС в незаполненных и наполненных композициях температура стеклования растет, а температура текучести уменьшается. Однако влияние базальтовой фибры способствует снижению обоих показателей, что приводит к большей подвижности сегментов макромолекулы при значительно меньших температурах.

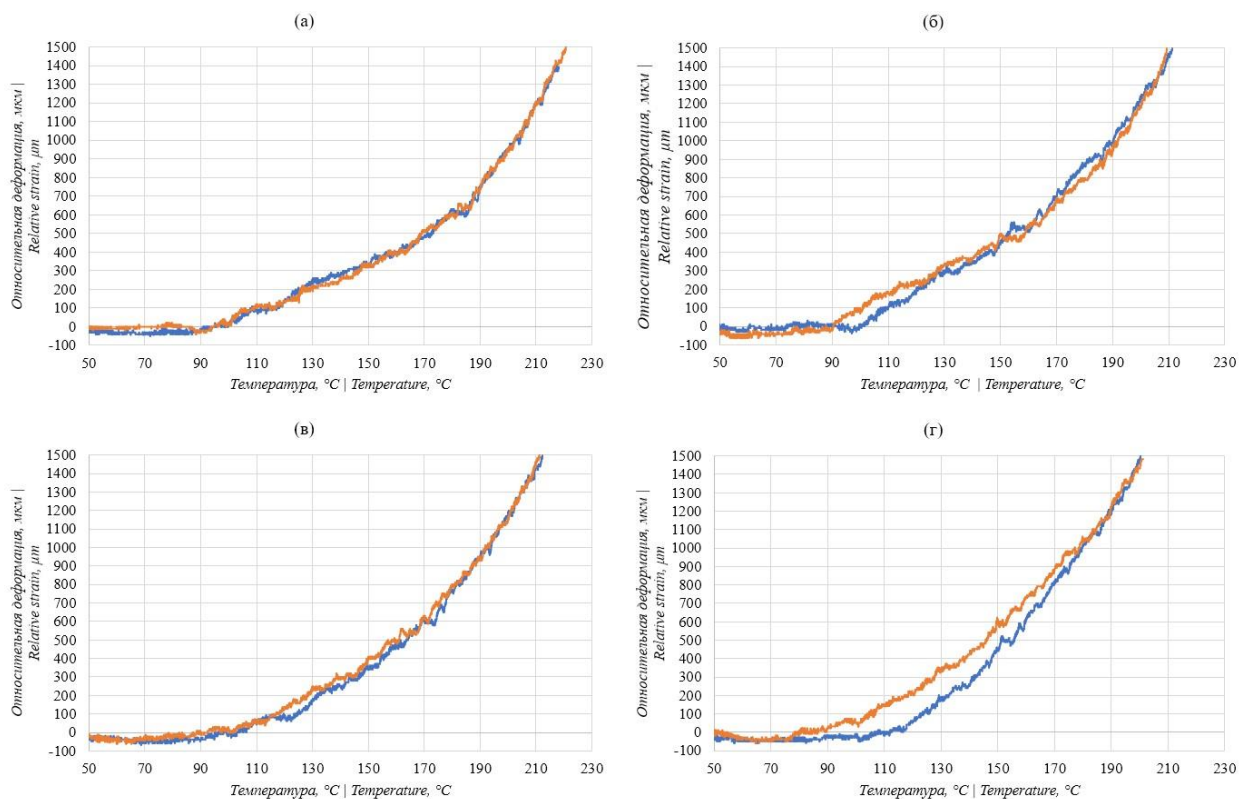


Рисунок 2. Термомеханические кривые ПВХ образцов при концентрациях АБС (а) – 10; (б) – 20; (в) – 30; (г) – 40 мас. ч.: ■ – ненаполненные рецептуры; ■ – наполненные базальтовой фиброй рецептуры

Figure 2. Thermomechanical curves of PVC samples at ABS concentrations (a) – 10; (b) – 20; (c) – 30; (d) – 40 phr: ■ – unfilled formulations; ■ – formulations filled with basalt fiber

Данные обработки термомеханических кривых представлены в таблице 2. В ненаполненных композициях при увеличении концентрации АБС растет величина высокоэластической деформации, сопровождающаяся снижением плотности узлов физической сетки зацеплений. Наполнение базальтовой фиброй позволяет

снизить величину высокоэластической деформации, при этом наблюдается повышение плотности узлов физической сетки зацепления относительно ненаполненных композиций. Более высокая плотность узлов сетки коррелирует с некоторым снижением ПТР (рисунок 1).

Таблица 2.

Данные обработки термомеханических кривых

Table 2.

Processing data of thermomechanical curves

Концентрация АБС, мас. ч. ABS concentration, phr	Высокоэластическая деформация, %, в композициях High elastic strain, %, in compositions		Эффективная плотность узлов физической сетки зацепления, моль/г, в композициях Effective density of physical meshing grid units, mol/g, in compositions	
	ненаполненных unfilled	наполненных базальтовой фиброй filled with basalt fiber	ненаполненных unfilled	наполненных базальтовой фиброй filled with basalt fiber
10	23	21	$6,5 \times 10^{-6}$	$6,8 \times 10^{-6}$
20	32	23	$4,6 \times 10^{-6}$	$6,6 \times 10^{-6}$
30	34	24	$4,5 \times 10^{-6}$	$6,5 \times 10^{-6}$
40	38	30	$3,9 \times 10^{-6}$	$5,3 \times 10^{-6}$

Поскольку увеличение концентрации АБС как в ненаполненных, так и наполненных композициях, приводит к более интенсивным высокоэластическим деформациям, были рассмотрены структурные особенности смеси

в дисперсионной среде ПВХ с помощью путем анализа энергодисперсионных спектров по данным таблицы 3. В качестве химического элемента для ПВХ было рассмотрено атомное содержание хлора, а для АБС – азота.

Таблица 3.

Содержание атомов хлора и азота в элементах структуры

Table 3.

The content of chlorine and nitrogen atoms in the structure elements

Концентрация АБС, мас. ч. ABS concentration, phr	Содержание хлора/азота (%) в дисперсионной среде смеси Chlorine/nitrogen content (%) in the dispersion medium of the mixture	
	ненаполненных unfilled	наполненных базальтовой фиброй filled with basalt fiber
10	19,3 / 0	25,7 / 0
20	20,2 / 0	20,3 / 2,5
30	15,3 / 0	17,0 / 3,8
40	25,5 / 2,3	26,6 / 3,1

Элементный состав структуры показал, что в ненаполненных композициях азот, находящийся в структуре оболочки АБС – акрилонитрила, проявляется только при максимальной концентрации – 40 мас. ч., а наполнение базальтовой фиброй приводит к более раннему формированию однородной структуры уже при концентрациях 20–40 мас. ч. АБС.

Заключение

Таким образом, наполнение смесей ПВХ/АБС коротковолокнистой модифицированной базальтовой фиброй изменяет условия взаимодействия на межфазной границе ПВХ/АБС в зависимости от концентрационного соотношения компонентов.

Наполнение базальтовой фиброй позволяет расширить область эксплуатации изделий при более высоких температурах за счет большей

теплостойкости. Одновременное снижение вязкости расплавов (снижение температуры текучести) позволит проводить экструзионную переработку при более низких температурах. Впервые по анализу содержания реперных элементов компонентов полимерной смеси установлено, что присутствие базальтовой фибры способствует формированию двухкомпонентной матрицы дисперсионной среды, тогда как в ненаполненных смесях ПВХ/АБС полимер выделяется в дисперсную фазу и только при концентрации 40 мас. ч. АБС на 100 мас. ч. ПВХ часть АБС входит в состав дисперсионной среды. В связи с этим, дальнейшие исследования будут направлены на изучение смесей ПВХ/АБС с концентрацией АБС от 40 до 100 мас. ч. на 100 мас. ч. ПВХ с фиксацией инверсии фаз.

Литература

- 1 Бухебуз М.С., Кисель Т.Н. Направления стратегического развития строительной отрасли как основа для формирования стратегии развития строительных предприятий // Молодежный научный форум: общественные и экономические науки. 2017. Т. 45. № 5. С. 128–132.
- 2 Огрель Л. Полимеры и изделия: межотраслевое противоречие // Пластик: индустрия переработки пластмасс. 2021. Т. 208. № 1–2. С. 12–16.
- 3 Григорович М.А. Историко-экономический аспект развития производства поливинилхлорида (ПВХ) и изделий из него // Наука и современность. 2015. Т. 5. № 3. С. 9–17. doi: 10.17117/ns.2015.03.009
- 4 Jie Yu, Lushi S., Chuan M., Yu Q., Hong Y. et al. Thermal degradation of PVC: A review // Waste Management. 2016. V. 48. P. 300–314. doi: 10.1016/j.wasman.2015.11.041
- 5 Лавров Н.А. Полимерные смеси на основе поливинилхлорида (обзор) // Пластические массы. 2020. № 3–4. С. 55–59. doi: 10.35164/0554–2901–2020–3–4–55–59
- 6 Khuziakhmetova K., Abdrakhmanova L., Nizamov R. Polymer Mixtures Based on Polyvinyl Chloride for the Production of Construction Materials // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. V. 169. P. 14–21. doi: 10.1007/978–3–030–80103–8_2
- 7 Абдрахманова Л.А., Хузиахметова К.Р., Низамов Р.К., Хозин В.Г. Модификаторы для жестких поливинилхлоридных композиций строительного назначения // Строительные материалы. 2020. № 12. С. 34–39. doi: 10.31659/0585–430X-2020–787–12–34–39
- 8 Gilbert M. Brydon's Plastics Materials 8th Edition. United Kingdom: Kindle Edition, 2017. 863 p.
- 9 Sabah F., En-Naji A., Wahid A., El Ghorba M. et al. Study of damage of the specimens in acrylonitrile butadiene styrene (ABS), based on a static damage study and damage by unified theory to predict the life of the material // Key Engineering Materials. 2019. V. 820. P. 40–47. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.820.40
- 10 Hu D., Zhou Q., Zhou K. Combined effects of layered nanofillers and intumescent flame retardant on thermal and fire behavior of ABS resin // Journal of Applied Polymer Science. 2019. V. 136. P. 48220. doi: 10.1002/app.48220
- 11 Bano S., Ramzan N., Iqbal T., Mahmood H. et al. Study of thermal degradation behavior and kinetics of ABS/PC blend Polish // Polish Journal of Chemical Technology. 2020. V. 22. № 3. P. 64–69. doi: 10.2478/pjct-2020–0029
- 12 Lu G., Wu Y., Zhang Y., Wang K. et al. Surface Laser-Marking and Mechanical Properties of Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Copolymer Composites with Organically Modified Montmorillonite // ACS Omega 5. 2020. V. 30. № 5. P. 19255–19267. doi: 10.1021/acsomega.0c02803

13 Simionescu T.M., Spiridon I., Varganici C.D., Darie-Nita R.N. et al. An experimental study on mechanical and thermal behavior of acrylonitrile butadiene styrene enhanced with fire retardants // *Environmental Engineering and Management Journal*. 2020. V. 3019. P. 773–783. doi: 10.30638/EEMJ.2020.073

14 Kurek A.P., Dotto M.E.R., de Araújo P.H.H., Sellin N. Evaluation of the etching and chrome plating on the ABS, PVC, and PVC/ABS blends surface // *Journal of Applied Polymer Science*. 2017. V. 134. doi: 10.1002/APP.44571

15 Li Y., Lv L., Wang W., Zhang J. et al. Effects of chlorinated polyethylene and antimony trioxide on recycled polyvinyl chloride/acryl-butadiene-styrene blends: Flame retardancy and mechanical properties // *Polymer*. 2020. V. 190. doi: 10.1016/j.polymer.2020.122198

16 Jaidev K., Suresh S.S., Gohatre O.K., Biswal M. et al. Development of recycled blends based on cables and wires with plastic cabinets: An effective solution for value addition of hazardous waste plastics // *Waste Manag Res*. 2020. V. 38. № 3. P. 312–321. doi: 10.1177/0734242X19890918

17 Kianfar E. (PVC / ABS) and Nanocomposite (CAU-10-H) Composite Membrane for Separation of C₂H₆ from CH₄ // *Fine Chem. Eng.* 2020. V. 1. P. 59–68. doi: 10.37256/fce.122020476

18 Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. СПб: Научные основы и технологии, 2009. 380 с.

19 Pareek K., Saha P. Basalt Fiber and Its Composites: An Overview // *Conference: Proceeding of National Conference on Advances in Structural Technologies (coAST-2019)*, 1–3 February 2019. Silchar, 2019. P. 53–62.

20 Амерханова Г.И., Кияненко Е.А., Зенитова Л.А. Базальтовое волокно – наполнитель полиуретанов // *Вестник технологического университета*. 2020. Т. 23. № 8. С. 24–29.

References

1 Buhebez M.S., Kisel' T.N. Directions of strategic development of the construction industry as a basis for the formation of the development strategy of construction enterprises. *Youth Scientific Forum: Social and Economic Sciences*. 2017. vol. 45. no. 5. pp. 128–132. (in Russian).

2 Ogel' L. Polymers and products: interindustry contradiction. *Plastiks: the plastics processing industry*. 2021. vol. 208. no. 1–2. pp.12–16. (in Russian).

3 Grigorovich M.A. Historical and economic aspect of the development of polyvinyl chloride (PVC) and PVC products. *Science and Modernity*. 2015. vol. 5. no. 3. pp. 9–17. doi: 10.17117/ns.2015.03.009 (in Russian).

4 Jie Yu, Lushi S., Chuan M., Yu Q., Hong Y. and et al. Thermal degradation of PVC: A review. *Waste Management*. 2016. vol. 48. pp. 300–314. doi: 10.1016/j.wasman.2015.11.041

5 Lavrov N.A., Beluhichev E.V. Polymer blends based on polyvinyl chloride (review). *Plastic masses*. 2020. no. 3–4. pp. 55–59. doi: 10.35164/0554–2901–2020–3–4–55–59 (in Russian).

6 Khuziakmetova K., Abdrakhmanova L., Nizamov R. Polymer Mixtures Based on Polyvinyl Chloride for the Production of Construction Materials. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2021. vol. 169. pp. 14–21. doi: 10.1007/978–3–030–80103–8_2

7 Abdrakhmanova L.A., Huziahmetova K.R., Nizamov R.K., Hozin V.G. Modifiers for rigid polyvinyl chloride compositions for building purposes. *Building Materials*. 2020. no. 12. pp. 34–39. doi: 10.31659/0585–430X-2020–787–12–34–39 (in Russian).

8 Gilbert M. Brydon's *Plastics Materials* 8th Edition. United Kingdom, Kindle Edition, 2017. 863 p.

9 Sabah F., En-Naji A., Wahid A., El Ghorba M. et al. Study of damage of the specimens in acrylonitrile butadiene styrene (ABS), based on a static damage study and damage by unified theory to predict the life of the material. *Key Engineering Materials*. 2019. vol. 820. pp. 40–47. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.820.40

10 Hu D., Zhou Q., Zhou K. Combined effects of layered nanofillers and intumescent flame retardant on thermal and fire behavior of ABS resin. *Journal of Applied Polymer Science*. 2019. vol. 136. pp. 48220. doi: 10.1002/app.48220

11 Bano S., Ramzan N., Iqbal T., Mahmood H. and et al. Study of thermal degradation behavior and kinetics of ABS/PC blend Polish. *Polish Journal of Chemical Technology*. 2020. vol. 22. no. 3. pp. 64–69. doi: 10.2478/pjct-2020–0029

12 Lu G., Wu Y., Zhang Y., Wang K. et al. Surface Laser-Marking and Mechanical Properties of Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Copolymer Composites with Organically Modified Montmorillonite. *ACS Omega* 5. 2020. vol. 30. no. 5. pp. 19255–19267. doi: 10.1021/acsomega.0c02803

13 Simionescu T.M., Spiridon I., Varganici C.D., Darie-Nita R.N. et al. An experimental study on mechanical and thermal behavior of acrylonitrile butadiene styrene enhanced with fire retardants. *Environmental Engineering and Management Journal*. 2020. vol. 3019. pp. 773–783. doi: 10.30638/EEMJ.2020.073

14 Kurek A.P., Dotto M.E.R., de Araújo P.H.H., Sellin N. Evaluation of the etching and chrome plating on the ABS, PVC, and PVC/ABS blends surface. *Journal of Applied Polymer Science*. 2017. vol. 134. doi: 10.1002/APP.44571

15 Li Y., Lv L., Wang W., Zhang J. et al. Effects of chlorinated polyethylene and antimony trioxide on recycled polyvinyl chloride/acryl-butadiene-styrene blends: Flame retardancy and mechanical properties. *Polymer*. 2020. vol. 190. doi: 10.1016/j.polymer.2020.122198

16 Jaidev K., Suresh S.S., Gohatre O.K., Biswal M. et al. Development of recycled blends based on cables and wires with plastic cabinets: An effective solution for value addition of hazardous waste plastics. *Waste Manag Res*. 2020. vol. 38. no. 3. pp. 312–321. doi: 10.1177/0734242X19890918

17 Kianfar E. (PVC / ABS) and Nanocomposite (CAU-10-H) Composite Membrane for Separation of C₂H₆ from CH₄. *Fine Chem. Eng.* 2020. vol. 1. pp. 59–68. doi: 10.37256/fce.122020476


18 Перепелкин К.Е. Reinforcing fibers and fiber polymer composites. SPb, Scientific foundations and technologies, 2009. 380 p. (in Russian).

19 Pareek K., Saha P. Basalt Fiber and Its Composites: An Overview. *Conference: Proceeding of National Conference on Advances in Structural Technologies (coAST-2019)*, 1–3 February 2019. Silchar, 2019. pp. 53–62.


20 Amerhanova G.I., Kiyankenko E.A., Zenitova L.A. Basalt fiber – polyurethane filler. *Bulletin of technological university*. 2020. vol. 23. no. 8. pp. 24–29. (in Russian).

Сведения об авторах


Карина Р. Хузиахметова аспирант, кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, 1, г. Казань, 420043, Россия, karina261996@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5313-3147>


Анвар М. Исламов к.т.н., младший научный сотрудник, кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, 1, г. Казань, 420043, Россия, iam16@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8552-5855>

Ляйля А. Абдрахманова д.т.н., профессор, кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, 1, г. Казань, 420043, Россия, laa@kgasu.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3905-5730>

Рашид К. Низамов д.т.н., профессор, кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, 1, г. Казань, 420043, Россия, nizamov@kgasu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8552-5855>

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


Karina R. Khuziakhetova postgraduate student, technology of building materials, products and constructions department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Zelenaya Str., 1, Kazan 420043, Russia, karina261996@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5313-3147>


Anvar M. Islamov Cand. Sci. (Engin.), junior researcher, technology of building materials, products and constructions department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Zelenaya Str., 1, Kazan 420043, Russia, iam16@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8552-5855>

Lyailya A. Abdrakhmanova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of building materials, products and constructions department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Zelenaya Str., 1, Kazan 420043, Russia, laa@kgasu.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3905-5730>

Rashit K. Nizamov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of building materials, products and constructions department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Zelenaya Str., 1, Kazan 420043, Russia, nizamov@kgasu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8552-5855>

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 13/01/2022	После редакции 08/02/2022	Принята в печать 01/03/2022
Received 13/01/2022	Accepted in revised 08/02/2022	Accepted 01/03/2022

Разработка оптимальных условий получения бутадиен-нитрильных каучуков с повышенной морозостойкостью






Валерий Н. Папков	1	vfniisk@mail.ru	 0000-0001-9804-9846
Александр Н. Юрьев	1	vfniisk@mail.ru	 0000-0002-7884-1331
Александр М. Скачков	1	tankkv-2@mail.ru	 0000-0001-6827-6933
Денис А. Роднянский	1	denislqgb@yandex.ru	 0000-0002-5418-1682
Нина И. Щелушкина	1	vfniisk@mail.ru	 0000-0002-0679-9760

1 Воронежский филиал научно-исследовательского института синтетического каучука им. акад. С.В. Лебедева, ул. Менделеева, 3б, г. Воронеж, 394014, Россия

Аннотация. В настоящее время предъявляются высокие требования к готовым резинотехническим изделиям, в частности, к изделиям, которые эксплуатируются в условиях Крайнего Севера. Целью данной работы является определение оптимальных условий получения бутадиен-нитрильных каучуков, обеспечивающих повышение морозостойкости материалов на их основе при сохранении высокого уровня физико-механических и эксплуатационных свойств. В работе приведены рецепты полимеризации и условия синтеза. Было установлено, что дробное введение нитрила акриловой кислоты и регулятора молекулярной массы обеспечивают оптимальные условия получения синтетического каучука с требуемыми характеристиками. Результаты испытаний опытных образцов на химический состав и физико-механические свойства соответствуют нормам ТУ на каучуки марки SKN-SNT. Наиболее перспективными для создания морозомаслобензостойких изделий являются каучуки и вулканизаты SKN 20SNT. Физико-механические испытания показали, что вулканизат образца SKN 15SNT, полученного при оптимальных условиях синтеза, имеет прочность при растяжении 22,7 МПа, относительное удлинение при разрыве 485% и коэффициент морозостойкости 0,84. Было также установлено, что вулканизат образца SKN 20SNT, полученного при оптимальных условиях синтеза, имеет прочность при растяжении 24,0 МПа, относительное удлинение при разрыве 478%, коэффициент морозостойкости 0,61. Повышение маслобензостойкости морозостойких каучуков и вулканизатов SKN 15SNT может быть реализовано за счёт регулируемого сшивания полимерных цепей каучука на стадии полимеризации. Продолжением данной работы станут расширенные испытания опытных образцов SKN 15SNT и SKN 20SNT с целью определения таких показателей, как температура стеклования, средняя молекулярная масса, молекулярно-массовое распределение, степень полидисперсности, содержание геля, композиционная однородность и др.

Ключевые слова: бутадиен-нитрильный каучук, синтез, вулканизат, физико-механические свойства, каучук

The development of optimal conditions for the synthesis of the nitrile-butadiene rubbers with enhanced frost resistance

Valery N. Papkov	1	vfniisk@mail.ru	 0000-0001-9804-9846
Alexandr N. Yuriev	1	vfniisk@mail.ru	 0000-0002-7884-1331
Alexandr M. Skachkov	1	tankkv-2@mail.ru	 0000-0001-6827-6933
Denis A. Rodnyansky	1	denislqgb@yandex.ru	 0000-0002-5418-1682
Nina I. Schelushkina	1	vfniisk@mail.ru	 0000-0002-0679-9760

1 Voronezh Department of S.V. Lebedev Research Institute of Synthetic Rubber, Mendeleeva St., 3b, Voronezh, 394014, Russia

Abstract. Currently, there are high requirements for finished rubber products, in particular, for products that are operated in the Far North. The purpose of this work is to determine the optimal conditions for the production of nitrile butadiene rubbers, which provide an increase in the frost resistance of materials based on them while maintaining a high level of physical, mechanical and operational properties. The paper presents polymerization recipes and synthesis conditions. It was found that the fractional addition of acrylic acid nitrile and molecular weight regulator provide optimal conditions for obtaining synthetic rubber with the desired characteristics. The results of testing prototypes for chemical composition and physical and mechanical properties comply with the technical specifications for rubbers of the SKN-SNT brand. Rubbers and vulcanizates SKN 20SNT are the most promising for the creation of frost-oil-resistant products. Physical and mechanical tests have shown that the vulcanizate of the SKN 15SNT sample obtained under optimal synthesis conditions has a tensile strength of 22.7 MPa, an elongation at break of 485%, and a frost resistance coefficient of 0.84. It was also found that the vulcanizate of the SKN 20SNT sample, obtained under optimal synthesis conditions, has a tensile strength of 24.0 MPa, an elongation at break of 478%, and a frost resistance coefficient of 0.61. An increase in the oil and petrol resistance of frost-resistant rubbers and SKN 15SNT vulcanizates can be realized by controlled crosslinking of rubber polymer chains at the polymerization stage. The continuation of this work will be extended tests of prototypes SKN 15SNT and SKN 20SNT in order to determine such indicators as glass transition temperature, average molecular weight, molecular weight distribution, degree of polydispersity, gel content, compositional uniformity, etc.

Keywords: butadiene-nitrile rubber, synthesis, vulcanizate, physical and mechanical properties, rubber

Для цитирования

Папков В.Н., Юрьев А.Н., Скачков А.М., Роднянский Д.А., Щелушкина Н.И. Разработка оптимальных условий получения бутадиен-нитрильных каучуков с повышенной морозостойкостью // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 259–264. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-259-264

For citation

Papkov V.N., Yuriev A.N., Skachkov A.M., Rodnyansky D.A., Schelushkina N.I. The development of optimal conditions for the synthesis of the nitrile-butadiene rubbers with enhanced frost resistance. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 259–264. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-259-264

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

Введение

Эксплуатация резиновых изделий на основе бутадиен-нитрильных каучуков (БНК), работающих в условиях Крайнего Севера, а также некоторых изделий авиапрома требует повышения их морозостойкости. Наибольшей морозостойкостью обладают резины на основе каучука СКН-18СНТ, выпускаемого Воронежским филиалом ФГУП «НИИСК», но этот каучук удовлетворяет запросы потребителей не в полной мере [1, 2].

Ранее в Воронежском филиале ФГУП «НИИСК» проводились исследовательские работы по возможности повышения морозостойкости БНК за счёт снижения содержания нитрила акриловой кислоты (НАК) до 12% масс. [3, 4], модифицирования полимера карбоксильными группами (до их содержания 0,3–0,5% мас.) [5, 6], введения пластификаторов [7, 8], наполнения каучука углеродными нанотрубками в количестве 0,05–0,1% мас. [9–20], введения в каучук 5–6% мас. комплекса сульфанола и лейканола с коагулянтом ВПК-402, но ни одно из этих направлений не дало положительного результата по всему комплексу физико-механических свойств.

Цель работы – определение оптимальных условий получения БНК, обеспечивающих повышение морозостойкости материалов на их основе при сохранении высокого уровня физико-механических и эксплуатационных свойств.

Материалы и методы

В данной работе для повышения морозостойкости стандартных резин на основе БНК было применено два варианта модификации каучука СКН-18СНТ. По первому варианту, проводили сополимеризацию бутадиена и НАК при температуре 5–8°С и получали образцы каучука СКН-15СНТ с содержанием связанного НАК 14–16% мас. По второму варианту, сополимеризацию бутадиена и НАК проводили при температуре 18–20°С и получали образцы каучука СКН-20СНТ с содержанием связанного НАК 20–22% мас. Рецепт полимеризации и условия синтеза приведены в (таблица 1), кинетика процессов – на (рисунок 1).

Введение НАК при синтезе СКН-15СНТ и СКН-20СНТ осуществляли как в один приём, так и дробно (в четыре точки) по ходу полимеризации; кроме того, использовали дробное (в четыре точки) введение регулятора молекулярной массы – третичного додецилмеркаптана (ТДМ).

Опыты проводились на пилотной установке в реакторах объёмом 60 л с последующей отгонкой незаполимеризовавшихся мономеров и выделением каучука хлоридом натрия, полиэлектролитом и серной кислотой.

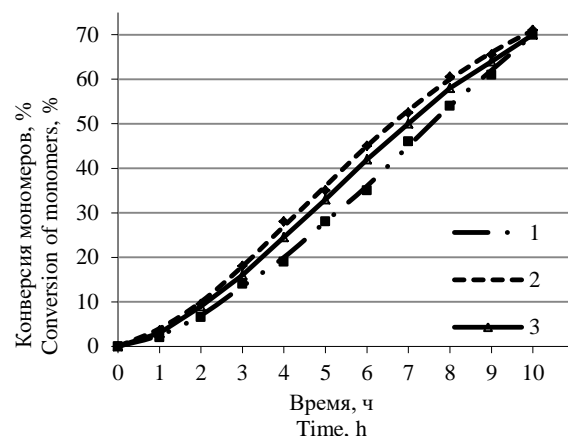


Рисунок 1. Кинетика полимеризации при получении образцов БНК с повышенной морозостойкостью: 1 – СКН-18СНТ; 2 – СКН-15СНТ; 3 – СКН-20СНТ

Figure 1. The kinetics of polymerization for the synthesis of the BNR samples with increased frost resistance: 1 – SKN-18SNT; 2 – SKN-15SNT; 3 – SKN-20SNT

Полученные образцы исследовали по ТУ 38.40375 2001 с изменением № 1. Их химические характеристики представлены в (таблица 2), физико-механические свойства – в (таблица 3).

Результаты и обсуждение

Физико-механические испытания показали, что вулканизат образца СКН-15СНТ, полученного при оптимальных условиях синтеза, имеет прочность при растяжении 22,7 МПа (при норме не менее 19,0 МПа), относительное удлинение при разрыве 485% (при норме не менее 450%) и коэффициент морозостойкости 0,84 (при норме не менее 0,33), однако набухание вулканизата в изооктан-толуоле (7:3) составляет 70% мас. (при норме не более 65% мас.). Низкая маслостойкость полученного образца вулканизата СКН-15СНТ требует использования дополнительных способов её повышения (например, за счёт регулируемого сшивания полимерных цепей дивинилбензолом на стадии полимеризации) и дальнейших исследований в этом направлении.

В ходе физико-механических испытаний было также установлено, что вулканизат образца СКН-20СНТ, полученного при оптимальных условиях синтеза, имеет прочность при растяжении 24,0 МПа (при норме не менее 19,0 МПа), относительное удлинение при разрыве 478% (при норме не менее 450%), коэффициент морозостойкости 0,61 (при норме не менее 0,33) и набухание в изооктан-толуоле 51% мас. (при норме не более 65% мас.). Высокие значения показателей качества полученного образца вулканизата СКН-20СНТ делают его перспективным для использования в изделиях, требующих сочетания повышенной морозостойкости и маслостойкости.

Таблица 1.

Рецепты полимеризации и условия получения образцов БНК

Table 1.

Polymerization recipe and BNR synthesis conditions

Наименование Name	СКН-18СНТ	СКН-15СНТ	СКН-20СНТ
	Контроль | Control	Опыт | Experiment	
Рецепт полимеризации | Polymerization recipe			
Бутадиен | Butadiene	87	89	81
Нитрил акриловой кислоты | Acrylic acid nitrile	13	11	19
Вода умягченная | Softened water	200	200	200
Сульфолол | Sulfonol	3,0	3,0	3,0
Лейканол | Lecanol	0,3	0,3	0,3
Сода кальцинированная | Natrium carbonate	0,2	0,2	0,2
Железо сернокислое семиводное | Ferrum(II) sulphate heptahydrate	0,005	0,004	0,005
Трилон «Б» | Trilon B	0,010	0,008	0,010
Ронгалит | Rongalite	0,10	0,10	0,10
Условия полимеризации | Polymerization conditions			
Гидропероксид пинана (ГПП) | Pinane hydroperoxide	0,001	0,02	0,001
Трет-додecilмеркаптан (ТДМ) | (Tertiary-dodecylmercaptan)	0,12	0,20	0,20
Диэтилгидроксиламин (ДЭГА) | Diethylhydroxilamine	0,3	0,3	0,3
Температура полимеризации, °С | Polymerization temperature, °С	7–9	8–10	16–18
Конечная конверсия мономеров, % | Final monomers conversion, %	70	70	71
Время полимеризации, ч | Time of polymerization, h	9	10	10

Таблица 1.

Химические характеристики образцов БНК

Table 1.

Chemical characteristics of the BNR samples

Показатель Indicator	Нормы ТУ Norms of technical regulation	СКН-18СНТ	СКН-15СНТ	СКН-20СНТ
		Контроль Control	Опыт | Experiment	
Содержание связанного НАК, % мас. | Bonded AAN content, % mas.	17,0–19,5	18,2	15,2	20,1
Содержание нафтама-2, % мас. | Naphtam-2 content, % mas.	2,0–3,0	2,5	2,4	2,6
Содержание легколетучих веществ, % мас. Volatile substances content, % mas.	≤0,6	0,05	0,18	0,16
Содержание золы, % мас. | Ash Content, % mas.	≤0,4	0,16	0,4	0,35
Растворимость в метилэтилкетоне, % мас. Solubility in methylethylketone, % mas.	≥95	96,4	95,5	98,5

Таблица 2.

Физико-механические характеристики образцов БНК

Table 2.

Physico-mechanical characteristics of the BNR samples

Показатель Indicator	Нормы ТУ Norms of technical regulation	СКН-18СНТ	СКН-15СНТ	СКН-20СНТ
		Контроль Control	Опыт | experiment	
Пласто-эластические свойства каучуков | Plastoelastic properties of rubbers				
Вязкость каучука по Муни МВ ₁₊₄ (100 °С) Mooney MV ₁₊₄ viscosity	–	102	114	123
Жесткость каучука по Дефо, Н | Rigidity by defometer, N	17,6–21,1	21,0	20,0	20,3
Эластическое восстановление, мм | Elastic regeneration, mm	–	4,4	4,3	4,3
Оптимум вулканизации, мин | Vulcanization optimum, min	–	40	30	30
Физико-механические показатели вулканизатов | Physico-mechanical properties of vulcanizates				
Напряжение при 300% удлинении, МПа 300% elongation tension, МПа	–	9,9	9,7	10,8
Условная прочность при растяжении, МПа Conventional stretching strength, МПа	≥19,0	26,3	22,7	24,0
Относительное удлинение при разрыве, % Relative elongation before ripping, %	≥450	500	485	478
Относительная остаточная деформация, % Relative remaining deformation	–	10	11	10
Изменение массы вулканизата в изооктан-толуоле (7:3), % мас. Change of vulcanizate mass in isoctane-toluene (7:3), % mass	≤65	63,8	70,0	47,2
Коэффициент морозостойкости при – 25 °С Coefficient of frost-resistance in 25 °С	≥0,33	0,43	0,64	0,61
Температура хрупкости, °С | Fragility temperature, °С	–	-76	-68	-61

Заключение

Наиболее перспективными для создания морозомаслобензостойких изделий являются каучуки и вулканизаты СКН-20СНТ. Повышение маслобензостойкости морозостойких каучуков и вулканизатов СКН-15СНТ может быть реализовано за счёт регулируемого сшивания полимерных цепей каучука на стадии полимеризации.

Продолжением данной работы станут расширенные испытания опытных образцов СКН-15СНТ и СКН-20СНТ с целью определения таких показателей, как температура стеклования, средняя молекулярная масса, молекулярно-массовое распределение, степень полидисперсности, содержание геля, композиционная однородность и др.

Литература

- 1 Соколова М.Д. Проблемы эксплуатации РТИ в арктических условиях // Каучук и резина – 2018: традиции и новации: материалы докладов VIII Всероссийской конференции, Москва, 25–26 апреля, 2018. С. 56–57.
- 2 Комаров Е.В., Папков В.Н., Глуховской В.С. и др. Анализ состояния производства каучуков эмульсионной полимеризации и научно-исследовательские работы по синтезу новых каучуков и латексов // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии: XXVI Научно-практическая конференция, Москва, 24–28 мая, 2021. С. 13–16.
- 3 Папков В.Н., Юрьев А.Н. Большой справочник резинщика. Часть 1. М.: Техинформ, 2012. С. 192–209.
- 4 Папков В.Н., Гусев Ю.К., Ривин Э.М. и др. Бутадиен-нитрильные каучуки, синтез и свойства. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 2014. 218 с.
- 5 Чайкун А.М., Елисеев О.А., Наумов И.С., Венедиктова М.А. Особенности морозостойких резин на основе различных каучуков // Труды ВИАМ. 2013. №. 12.
- 6 Папков В.Н., Блинов Е.В., Глуховской В.С. и др. Научно-исследовательские работы по синтезу полимеров эмульсионной и растворной полимеризации // Каучук и резина – 2018: традиции и новации: материалы докладов VIII Всероссийской конференции, Москва, 25–26 апреля, 2018. 65 с.
- 7 Юрченко А.Ю., Морозов Ю.Л., Рахматулин Т.Т., Емельянов С.В. Пути улучшения свойств резиновых смесей на основе бутадиен-нитрильных каучуков для производства рукавов // Каучук и резина. 2018. Т. 77. №. 1. С. 58–61.
- 8 Кольцов Н.И., Ушмарин Н.Ф., Исакова С.А. и др. Комбинации пластификаторов с наполнителями для повышения морозостойкости резин // Бутлеровские сообщения. 2012. Т. 29. № 3. С. 86–91.
- 9 Папков В.Н., Борейко Н.П., Возняковский А.П. и др. Изучение свойств каучуков, наполненных углеродными нанотрубками // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии: XXI Научно-практическая конференция, Москва, 31 мая – 3 июня, 2016. 28 с.
- 10 Шадринов Н.В., Халдеева А.Р., Павлова Л.В. Влияние одностенных углеродных нанотрубок на механические и деформационные свойства бутадиен-нитрильной резины // Перспективные материалы. 2017. № 6. С. 50–59.
- 11 Вишневский К.В., Шашок Ж.С. Использование высокодисперсной углеродной добавки в эластомерных композициях на основе каучуков различного назначения // Труды БГТУ. 2012. № 4. С. 56–60.
- 12 Shadrinov N.V., Sokolova M.D., Okhlopko A.A., Lee J. et al. Enhancement of compatibility between ultrahigh-molecular-weight polyethylene particles and butadiene-Nitrile rubber matrix with nanoscale ceramic particles and characterization of evolving layer // Bulletin of the Korean Chemical Society. 2013. V. 34. №. 12. P. 3762-3766. doi: 10.5012/BKCS.2013.34.12.3762
- 13 Petrova N.N., Portnyagina V.V., Mukhin V.V., Shim E.L. et al. Preparation and improved physical characteristics of propylene oxide rubber composites // Molecules. 2018. V. 23. №. 9. P. 2150. doi: 10.3390/molecules23092150
- 14 Viacheslav T., Mykola K., Yurii S., Serhii Z. et al. Modification of Specialty Rubbers by Carbon Nanomaterials // International Journal of Materials Science and Applications. 2019. V. 8. №. 6. P. 135. doi: 10.11648/j.ijmsa.20190806.17
- 15 Shadrinov N.V., Nartakhova S.I. Structure and properties of nitrile-butadiene rubber filled with carbon and basalt fibers // Inorganic Materials: Applied Research. 2017. V. 8. №. 1. P. 140-144. doi: 10.1134/S207511331701035X
- 16 Sokolova M.D., Fedorova A.F., Pavlova V.V. Research of influence of plasticizers on the low-temperature and mechanical properties of rubbers // Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, 2019. V. 945. P. 459-464. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.459
- 17 Haldeeva A.R., Davydova M.L., Sokolova M.D. Development of frost-resistant rubber based on epichlorohydrin rubber of Hydrin T6000 brand // Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, 2019. V. 945. P. 356-361. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.356
- 18 Sevost'yanova K.A., Omasheva A.V., Baikenov M.I., Tazhbaev E.M. Effect of coal tar on the properties of butadiene-nitrile rubbers // Solid Fuel Chemistry. 2016. V. 50. №. 6. P. 376-380. doi: 10.3103/S0361521916060094
- 19 Pavlova V.V., Sokolova M.D., Fedorova A.F. Influence of the Content and Nature of the Plasticizer on the Properties of Butadiene-Nitrile Rubber // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2021. V. 14. №. 2. P. 222-232. doi:10.17516/1999-494X-0303
- 20 Petrova N.N., Lee J., Portnyagina V.V., Jeong D.Y. et al. Antiswelling and Frost-resistant Properties of a Zeolite-modified Rubber Mechanical Seal at Low Temperature // Bulletin of the Korean Chemical Society. 2015. V. 36. №. 2. P. 464-467. doi: 10.1002/bkcs.10075

References

- 1 Sokolova M.D. Problems of RTI operation in arctic conditions. Rubber and rubber - 2018: traditions and innovations: materials of reports of the VIII All-Russian conference, Moscow, April 25–26, 2018. pp. 56–57. (in Russian).
- 2 Komarov E.V., Papkov V.N., Glukhovskoy V.S. et al. Analysis of the state of production of emulsion polymerization rubbers and research work on the synthesis of new rubbers and latexes. Rubber industry: raw materials, materials, technologies: XXVI Scientific and Practical Conference, Moscow, May 24–28, 2021. pp. 13–16. (in Russian).
- 3 Papkov V.N., Yuriev A.N. The Great Rubberman's Handbook. Part 1. Moscow, Tekhinform, 2012. pp. 192–209. (in Russian).
- 4 Papkov V.N., Gusev Yu.K., Rivin E.M. and other Butadiene-nitrile rubbers, synthesis and properties. Voronezh, FGBOU VPO "Voronezh State University of Engineering Technologies", 2014. 218 p. (in Russian).
- 5 Chaikun A.M., Eliseev O.A., Naumov I.S., Venediktova M.A. Features of frost-resistant rubbers based on various rubbers. Proceedings of VIAM. 2013. no. 12. (in Russian).
- 6 Papkov V.N., Blinov E.V., Glukhovskoy V.S. et al. Research work on the synthesis of polymers of emulsion and solution polymerization. Rubber and rubber - 2018: traditions and innovations: materials of reports of the VIII All-Russian conference, Moscow, April 25–26, 2018. 65 p. (in Russian).
- 7 Yurchenko A.Yu., Morozov Yu.L., Rakhmatulin T.T., Emelyanov S.V. Ways to improve the properties of rubber mixtures based on butadiene-nitrile rubbers for the production of sleeves. Kauchuk i rezina. 2018. vol. 77. no. 1. pp. 58-61. (in Russian).
- 8 Koltsov N.I., Ushmarin N.F., Isakova S.A. et al. Combinations of plasticizers with fillers to improve the frost resistance of rubber. Butlerovskie communications. 2012. vol. 29. no. 3. pp. 86–91. (in Russian).
- 9 Papkov V.N., Boreiko N.P., Voznyakovskiy A.P. Study of the properties of rubbers filled with carbon nanotubes. Rubber industry: raw materials, materials, technologies: XXI Scientific and Practical Conference, Moscow, May 31 - June 3, 2016. 28 p. (in Russian).
- 10 Shadrinov N.V., Khaldeeva A.R., Pavlova L.V. Influence of single-walled carbon nanotubes on the mechanical and deformation properties of butadiene-nitrile rubber. Perspektivnye materialy. 2017. no. 6. pp. 50–59. (in Russian).
- 11 Vishnevsky K.V., Shashok Zh.S. The use of a highly dispersed carbon additive in elastomeric compositions based on rubbers for various purposes. Proceedings of BSTU. 2012. no. 4. pp. 56–60. (in Russian).
- 12 Shadrinov N.V., Sokolova M.D., Okhlopokova A.A., Lee J. et al. Enhancement of compatibility between ultrahigh-Molecular-Weight polyethylene particles and butadiene-Nitrile rubber matrix with nanoscale ceramic particles and characterization of evolving layer. Bulletin of the Korean Chemical Society. 2013. vol. 34. no. 12. pp. 3762-3766. doi: 10.5012/BKCS.2013.34.12.3762
- 13 Petrova N.N., Portnyagina V.V., Mukhin V.V., Shim E.L. et al. Preparation and improved physical characteristics of propylene oxide rubber composites. Molecules. 2018. vol. 23. no. 9. pp. 2150. doi: 10.3390/molecules23092150
- 14 Viacheslav T., Mykola K., Yurii S., Serhii Z. et al. Modification of Specialty Rubbers by Carbon Nanomaterials. International Journal of Materials Science and Applications. 2019. vol. 8. no. 6. pp. 135. doi: 10.11648/j.ijmsa.20190806.17
- 15 Shadrinov N.V., Nartakhova S.I. Structure and properties of nitrile-butadiene rubber filled with carbon and basalt fibers. Inorganic Materials: Applied Research. 2017. vol. 8. no. 1. pp. 140-144. doi: 10.1134/S207511331701035X
- 16 Sokolova M.D., Fedorova A.F., Pavlova V.V. Research of influence of plasticizers on the low-temperature and mechanical properties of rubbers. Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, 2019. vol. 945. pp. 459-464. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.459
- 17 Haldeeva A.R., Davydova M.L., Sokolova M.D. Development of frost-resistant rubber based on epichlorohydrin rubber of Hydrin T6000 brand. Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, 2019. vol. 945. pp. 356-361. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.356
- 18 Sevost'yanova K.A., Omasheva A.V., Baikenov M.I., Tazhbaev E.M. Effect of coal tar on the properties of butadiene-nitrile rubbers. Solid Fuel Chemistry. 2016. vol. 50. no. 6. pp. 376-380. doi: 10.3103/S0361521916060094
- 19 Pavlova V.V., Sokolova M.D., Fedorova A.F. Influence of the Content and Nature of the Plasticizer on the Properties of Butadiene-Nitrile Rubber. Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2021. vol. 14. no. 2. pp. 222-232. doi:10.17516/1999-494X-0303
- 20 Petrova N.N., Lee J., Portnyagina V.V., Jeong D.Y. et al. Antiswelling and Frost-resistant Properties of a Zeolite-modified Rubber Mechanical Seal at Low Temperature. Bulletin of the Korean Chemical Society. 2015. vol. 36. no. 2. pp. 464-467. doi: 10.1002/bkcs.10075

Сведения об авторах

Валерий Н. Панков к.т.н., Воронежский филиал научно-исследовательского института синтетического каучука им. акад. С.В. Лебедева, Mendeleeva St., 3b, Voronezh, 394014, Russia, vfniisk@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9804-9846>

Александр Н. Юрьев к.х.н., Воронежский филиал научно-исследовательского института синтетического каучука им. акад. С.В. Лебедева, Mendeleeva St., 3b, Voronezh, 394014, Russia, vfniisk@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7884-1331>

Information about authors


Valery N. Papkov Cand. Sci. (Engin.), Voronezh Department of S.V. Lebedev Research Institute of Synthetic Rubber, Mendeleeva St., 3b, Voronezh, 394014, Russia, vfniisk@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9804-9846>


Alexandr N. Yuriev Cand. Sci. (Chem.), Voronezh Department of S.V. Lebedev Research Institute of Synthetic Rubber, Mendeleeva St., 3b, Voronezh, 394014, Russia, vfniisk@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7884-1331>


Александр М. Скачков научный сотрудник, Воронежский филиал научно-исследовательского института синтетического каучука им. акад. С.В. Лебедева, Mendeleeva St., 3b, Voronezh, 394014, Russia, tankkv-2@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6827-6933>


Денис А. Роднянский научный сотрудник, Воронежский филиал научно-исследовательского института синтетического каучука им. акад. С.В. Лебедева, Mendeleeva St., 3b, Voronezh, 394014, Russia, denislqbb@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5418-1682>

Нина И. Щелушкина научный сотрудник, Воронежский филиал научно-исследовательского института синтетического каучука им. акад. С.В. Лебедева, Mendeleeva St., 3b, Voronezh, 394014, Russia, vfniisk@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0679-9760>


Alexandr M. Skachkov researcher, Voronezh Department of S.V. Lebedev Research Institute of Synthetic Rubber, Mendeleeva St., 3b, Voronezh, 394014, Russia, tankkv-2@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6827-6933>

Denis A. Rodnyansky researcher, Voronezh Department of S.V. Lebedev Research Institute of Synthetic Rubber, Mendeleeva St., 3b, Voronezh, 394014, Russia, denislqbb@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5418-1682>

Nina I. Schelushkina researcher, Voronezh Department of S.V. Lebedev Research Institute of Synthetic Rubber, Mendeleeva St., 3b, Voronezh, 394014, Russia, vfniisk@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0679-9760>

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 22/12/2021	После редакции 31/01/2022	Принята в печать 24/02/2022
Received 22/12/2021	Accepted in revised 31/01/2022	Accepted 24/02/2022

Оптимизация управления финансовыми потоками группы компаний



Марина П. Болодурина¹ bolodurina@inbox.ru  0000-0002-6414-245X
Елена И. Комарова¹ elkomaroval@mail.ru  0000-0001-7223-5341

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

Аннотация. Основной задачей финансового менеджмента в группах компаний является координация финансовых потоков и повышение эффективности их управления. Поиск и обоснование экономически целесообразных решений данных задач затрудняется наличием множества разнообразных типов консолидированных объединений, не позволяющих применить единый подход к управлению финансами. Поэтому актуальность приобретают опирающиеся на современные принципы финансового менеджмента процессы моделирования финансовых потоков групп компаний. Целью настоящего исследования является разработка модели управления финансовыми потоками группы компаний с учётом специфики ее деятельности в рамках формирования эффективной системы финансового менеджмента. Используются системный подход, теоретические и практические изыскания специалистов по финансовому управлению, методы экономико-математического моделирования. В работе обоснована необходимость формирования в группах компаний единого финансового центра, выполняющего казначейскую, клиринговую и кредитную функции, выявлены особенности реализации единым финансовым центром финансовых функций в рамках типа группы компаний. Предложены модели управления финансовыми потоками группы компаний, представляющие собой алгоритм максимизации отдельных положительных синергетических эффектов деятельности группы компаний, прогнозируемых к получению в результате выполнения, закреплённых за единым финансовым центром функций. Практическая ценность работы заключается в возможности применения представленных моделей управления финансовыми потоками в деятельности российских групп компаний и интеграционных объединений, что способствует формированию эффективной системы финансового менеджмента. Сделан вывод о том, что построение модели управления финансовыми потоками группы компаний предполагает определение целевой функции деятельности компаний, входящих в состав группы, и задания системы ограничений, в которых участникам приходится работать; разработку алгоритма оптимального распределения финансовых ресурсов между участниками, проведения взаиморасчетов и осуществления внутригруппового кредитования.

Ключевые слова: финансовые потоки, группа компаний, синергетический эффект, финансовый менеджмент, трансфертное ценообразование

Optimization of management of financial flows of a group of companies

Marina P. Bolodurina¹ bolodurina@inbox.ru  0000-0002-6414-245X
Elena I. Komarova¹ elkomaroval@mail.ru  0000-0001-7223-5341

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

Abstract. The main task of financial management in groups of companies is to coordinate financial flows and improve the efficiency of their management. The search and substantiation of economically feasible solutions to these problems is hampered by the presence of many different types of consolidated associations that do not allow a single approach to financial management to be applied. Therefore, the processes of modeling financial flows of groups of companies based on modern principles of financial management are gaining relevance. The purpose of this study is to develop a model for managing the financial flows of a group of companies, taking into account the specifics of its activities within the framework of the formation of an effective financial management system. A systematic approach, theoretical and practical research of specialists in financial management, methods of economic and mathematical modeling are used. The paper substantiates the need to form a single financial center in groups of companies that performs treasury, clearing and credit functions, identifies the features of the implementation of financial functions by a single financial center within the type of a group of companies. Models for managing financial flows of a group of companies are proposed, which are an algorithm for maximizing individual positive synergistic effects of a group of companies that are predicted to be obtained as a result of performing functions assigned to a single financial center. The practical value of the work lies in the possibility of using the presented models for managing financial flows in the activities of Russian groups of companies and integration associations, which contributes to the formation of an effective financial management system. It is concluded that building a model for managing the financial flows of a group of companies involves defining the target function of the activities of the companies that are part of the group, and setting a system of restrictions in which the participants have to work; development of an algorithm for the optimal distribution of financial resources between participants, carrying out mutual settlements and implementing intragroup lending.

Keywords: financial flows, group of companies, synergetic effect, financial management, transfer pricing

Для цитирования

Болодурина М.П., Комарова Е.И. Оптимизация управления финансовыми потоками группы компаний // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 265–274. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-265-274

For citation

Bolodurina M.P., Komarova E.I. Optimization of management of financial flows of a group of companies. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 265–274. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-265-277

Введение

Среди явлений, характеризующих современную российскую экономику, особо выделяется создание интегрированных корпоративных бизнес-структур, эффективная деятельность которых во многом определяет экономическую, финансовую, научно-техническую, инновационную деятельность региона и государства. Привлекательность объединения хозяйствующих субъектов в группы во многом определяется возможностями, которые оно предоставляет компаниям. Основными среди них являются возможности снижения финансовых и деловых рисков, централизованного аккумулирования и перераспределения финансовых ресурсов внутри объединения, минимизации налоговых обязательств участников.

Обсуждение

В российском законодательстве нет понятия «группа компаний», однако в федеральном законе «О консолидированной финансовой отчетности» делается отсылка для детализации этой категории к международным стандартам финансовой отчетности (МСФО). МСФО (IFRS) 10 «Консолидированная финансовая отчетность» называет группой компаний совокупность фирм, одна из которых носит название материнской, а остальные именуется дочерними.

В зависимости от типа структуры, гармонизирующей интересы собственников выделяют следующие типы структуры групп компаний: вертикальная (последовательная), горизонтальная (параллельная), смешанная и разнородная [1]. Вертикальный тип структуры предполагает, что одна компания дополняет другую, как составляющие общего бизнес-процесса. При горизонтальном типе компании группы являются компаниями аналогами и копируют удачную модель исходного бизнеса. Разнородный тип структуры предполагает диверсификацию бизнеса собственника.

С точки зрения организационно-правовой формы участниками группы могут быть организации разных форм: ИП, ООО, АО, ПАО, кооперативы и товарищества [2]. Компании группы могут принадлежать как одному, так и нескольким собственникам, при этом каждая из компаний группы может действовать как независимая организация со своим уставом, структурой и руководителем.

Получение синергетического эффекта между бизнес-единицами, входящими в группу компаний является мейнстримом в исследованиях отечественных и зарубежных авторов. Родоначальниками синергетической теории в управлении признаны Бредли М., Десаи А. и

Ким Х. [12]. Место синергетической теории в стратегическом менеджменте как его целевой установки для повышения благосостояния собственников определил И. Ансофф [13]. Изучению ключевых характеристик синергетического эффекта для групп компаний посвящены работы Финогеновой Е.А. [3], Данилова А.А. [4], Скобелевой Е.В. и Павловой Ю.В. [5], Лутченко В.Г. и его соавторов [6] и других. Нетрадиционный взгляд на синергию представлен в статье Ижевского В.Л. и Кононова В.Н., авторы провели декомпозицию синергетического эффекта до отдельных его составляющих для разработки системы показателей, комплексно отражающих стратегическое положение консолидированной группы компаний [7].

Анализ преимуществ и недостатков системного подхода к организации деятельности групп компаний представлен в работах Парамонова П.Ф. и его соавторов [8]. Изучению возможностей региональной интернационализации как одному из вариантов объединения деятельности участников рынка посвятили ряд своих статей Болодурина М.П. и Горбатенко Е.В [9, 14]. Методологические аспекты анализа интегрированной отчетности российских компаний лежат в основе исследования Малиновской Н.В. [10] и Шмитц П [18].

Экономико-математическое моделирование используется для оценки эффективности деятельности групп компаний в зарубежных исследованиях [15–17, 19–20].

Таким образом, самые разнообразные аспекты финансово-хозяйственной деятельности групп компаний, интегрированных структур и объединений субъектов хозяйствования занимают умы ученых по сей день. Настоящее исследование посвящено разработке моделей управления финансовыми потоками группы компаний с учётом условий ее деятельности в рамках формирования эффективной системы управления финансами.

Группы создают, когда нужно объединить действия компаний для достижения общих целей, либо, наоборот, разделить риски, налоги и операционные задачи. Особое внимание уделяется добросовестности создания группы. Компании группы работают по согласованным правилам для выполнения общих стратегических задач. Это может ограничивать управление денежными потоками, принятие кадровых решений и другие аспекты работы каждой отдельной компании. Несмотря на значительный прогресс в создании механизмов централизованного управления финансами группы компаний (ГК) единого подхода к формированию системы финансового менеджмента ГК на текущий момент не существует.

В этой связи особую актуальность приобретает исследование особенностей организации управления финансовыми потоками в группах компаний. Организация управления финансовыми потоками в ГК во многом определяется типом ГК, который, в свою очередь, зависит от реализуемой финансовой стратегии конкретной группы.

В зависимости от структуры распределения функций между головной компанией и участниками консолидированные группы компаний делятся на три основных типа – финансовые, отраслевые и смешанные [5].

Группа компаний финансового типа (*ГКфм*) – система организаций из разных отраслей, реализующих единую стратегию развития и действующих на основании выполнения головной компанией контроля над доходностью участников группы без вмешательства в их операционную деятельность. Предоставляя максимум самостоятельности бизнес-единицам, головная компания в *ГКфм* не осуществляет контроль над деятельностью участников и перекладывает на них ответственность за неэффективное использование капитала. При этом участники ГК игнорируют возможности получения дополнительных преимуществ от объединения разнородных по видам деятельности компаний: реализация высокорентабельных проектов, формирование единой системы финансового управления, обмен опытом между участниками группы и др. В итоге такое управление приводит к неэффективности деятельности группы в целом. Решение проблемы управления финансовыми потоками бизнес-единиц в *ГКфм* может быть достигнуто путем создания корпоративного финансового центра (КФЦ).

Корпоративный финансовый центр в *ГКфм* должен осуществлять координацию входящих и исходящих внутригрупповых финансовых потоков в части распределения прибыли группы и размещения ее свободных денежных средств. При этом КФЦ может выполнять казначейскую, кредитную и клиринговую функции казначейства путем мобилизации и распределения стратегических финансовых ресурсов головной компании и участников группы между ними на различных условиях.

Отраслевая группа компаний представляет собой систему организаций одного вида экономической деятельности, реализующих единую стратегию развития и действующих на основании управления головной компанией всеми сферами деятельности участников группы. В группе компаний отраслевого типа (*ГКом*) стратегическая цель направлена на максимизацию стоимости участников группы, что может быть обеспечено созданием эффективной системы управления. Для повышения производственных и

финансовых показателей эффективности деятельности *ГКом* финансовой службе головной компании требуется обеспечить прозрачность, прогнозирование и оптимизацию финансовых потоков группы. Менеджеры компаний-участников не осуществляют ни стратегическое, ни операционное планирование финансовых потоков, а, следовательно, не имеют возможности реализовывать принцип хозяйственной самостоятельности в процессе мобилизации финансовых ресурсов и их распределения между направлениями деятельности. Отсутствие самостоятельности у бизнес-единиц при проведении внутригрупповых расчетов становится определяющим фактором снижения текущей ликвидности и возникновения цепочки неплатежей в рамках *ГКом*. Решение этой проблемы в *ГКом* возможно также путем создания КФЦ, координирующего внутренние и внешние входящие и исходящие финансовые потоки.

Корпоративный финансовый центр *ГКом* типа аккумулирует все финансовые ресурсы участников группы и часть ресурсов головной компании и централизованно распределяет их между бизнес-единицами ГК в соответствии с разрабатываемыми головной компанией стратегическими и текущими планами. Использование клиринговых схем расчетов позволит оптимизировать финансовые потоки ГК за счет ускорения оборачиваемости внутренней и внешней дебиторской и кредиторской задолженности участников группы. Кроме того, взаимозачет обязательств участников группы будет способствовать высвобождению оборотных средств и сокращению потребности в капитале.

В *ГКом* собственники осуществляют контроль результатов деятельности компаний-участников, головной компании и КФЦ. Для построения эффективной системы управления финансами в *ГКом* следует обеспечить согласование управленческих действий, реализацию инвестиционных стратегических решений, учесть опыт финансового менеджмента всех входящих в группу компаний. Эти действия позволят повысить вероятность достижения синергизма стратегических целей и деятельности участников группы.

В группу компаний смешанного типа объединяются как организации одного вида деятельности, так и не связанные с этим видом деятельности организации. В такой ГК, как правило, участниками являются не отдельные организации, а их группы. Головная компания, так же как и в *ГКфм*, осуществляет управленческие функции только в рамках реализации стратегических целей. В смешанной ГК представляется целесообразным использование механизма управления финансовыми потоками,

аналогичного применяемому в ГКфм. Таким образом, корпоративный финансовый центр (КФЦ) группы компаний – структурное подразделение головной компании, осуществляющее управление финансами компаний-участников и выполняющее функции казначейства, кредитного и клирингового центров.

Разработка механизма функционирования КФЦ в рамках ГК финансового и отраслевого типов является необходимым условием построения модели управления финансовыми потоками. Отправной точкой разработки такой модели является решение вопросов, касающихся централизации финансовых ресурсов и их распределения между участниками группы в соответствии с их потребностями в текущем финансировании и инвестициях [5, 9, 14].

Для решения задачи управления финансовыми потоками в ГК выделяют следующие типы оптимизационных моделей:

— динамические модели направлены на достижение максимизации чистого приведенного дохода или минимизации общих затрат на функционирование и развитие группы как критериев оптимальности;

— модели согласования интересов участников группы компаний основаны на выявлении наиболее приоритетных направлениях стратегического развития группы компаний и распределении финансовых ресурсов в соответствии с этими направлениями;

— модели, направленные на максимизацию экономической рентабельности – базируются на оптимизации распределения ресурсов между участниками группы, построении системы стимулирования персонала и использовании механизма эффективного внутригруппового кредитования компаний-участников группы.

Обоснование и выбор оптимизационных моделей управления финансовыми потоками ГК зависят от сроков их реализации. Динамические модели и модели согласования интересов компаний-участников решают задачи аккумуляции и распределения финансовых ресурсов ГК в долгосрочном и среднесрочном периодах, а модели, направленные на максимизацию экономической рентабельности, являются инструментом оперативного управления ГК.

При построении модели оптимизации управления финансовыми потоками ГК необходимо задать целевую функцию и определить систему ограничений, задаваемых условиями деятельности. Обоснование критерия оптимальности финансового управления в ГК позволит избежать экономически неэффективных финансовых решений. К возможным критериям оптимизации финансового управления в ГК

можно отнести выручку от реализации, финансовый результат, рентабельность, денежный поток и другие.

В настоящем исследовании в качестве критерия оптимальности финансового управления в ГК выбран максимальный синергетический эффект. Задачу построения модели управления финансовыми потоками ГК на основе механизма функционирования КФЦ следует рассматривать как оптимизационную задачу, в которой сочетаются две ее постановки:

1. максимизировать входящий финансовый поток группы, необходимый для достижения желаемого значения целевой функции.

2. найти минимум целевой функции при заданных ограничениях (минимальный исходящий финансовый поток ГК в условиях функционирования КФЦ).

В ходе решения оптимизационной задачи необходимо оценить внутренние и внешние входящие и исходящие финансовые потоки ГК.

Поскольку на финансовые потоки ГК оказывают влияние механизм распределения финансовых ресурсов ГК между ее участниками, порядок осуществления внутригрупповых расчетов и расчетов с внешними по отношению к группе контрагентами, модель управления финансовыми потоками ГК представляет собой алгоритм оптимального распределения финансовых ресурсов между участниками, осуществления внутригруппового кредитования и проведения взаиморасчетов.

Целевая функция модели оптимального управления финансовыми потоками ГК, направленной на максимизацию положительного синергетического эффекта деятельности группы в условиях функционирования КФЦ, задается в виде трех неравенств. В левой части каждого из трех неравенств отражается текущая стоимость прогнозного консолидированного финансового потока ГК ($PV[\Phi\Pi_{ГК}^{КФЦ}]$) при условии выполнения КФЦ одной из трех предусмотренных функций, в правой – сумма текущих стоимостей прогнозных финансовых потоков i -ых участников группы при предположении об их самостоятельной

деятельности вне $ГК\left(\sum_{i=1}^n \sum PV[\Phi\Pi_i^{CФ}]\right)$:

$$PV[\Phi\Pi_{ГК}^{КФЦ}] > \sum_{i=1}^n \sum PV[\Phi\Pi_i^{CФ}] \quad (1)$$

Так как оптимизационная задача управления финансовыми потоками ГК предполагает максимизацию входящих и минимизацию исходящих финансовых потоков ГК, то модель оптимального управления финансовыми потоками направлена на определение максимальной

положительной разницы между дисконтированным прогнозируемым консолидированным финансовым потоком группы при условии выполнения КФЦ одной из функций (казначейской, кредитной или клиринговой) и текущей стоимостью прогнозируемых финансовых потоков участников при условии их самостоятельного функционирования вне группы. Тогда целевую функцию по каждому неравенству модели управления финансовыми потоками ГК можно представить следующим образом (2):

$$PV[\Phi\Pi_{ГК}^{КФЦ}] > \sum_{i=1}^n PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi}] \rightarrow \max \quad (2)$$

Необходимо отметить, что финансовый поток участников группы это управляемая переменная модели и, она зависит от реализации принципа трансфертного ценообразования в ГК.

В практике экономической деятельности трансфертная цена (U_{mp}) определяется как цена, установленная «участниками группы компаний или иными взаимозависимыми субъектами в сделках между этими компаниями, применяемая для снижения налоговой нагрузки» [11, 18].

В случае использования принципа «рука об руку» в ГК финансовый поток определенной компании-участницы корректируется на коэффициент трансфертного ценообразования ($K_{mц}$). $K_{mц}$ должен определяться в соответствии с действующим налоговым законодательством. В целях налогообложения для определения рыночных цен или прибыли (убытка) приоритетным методом является метод сопоставимых рыночных цен. Этот метод и заложен в основу при определении границ интервала коэффициента трансфертного ценообразования. Суть метода состоит в том, что цена товаров (работ, услуг), примененная в анализируемой сделке, сопоставляется с интервалом рыночных цен. Таким образом, трансфертная цена должна находиться в интервале рыночных цен, определяемом в соответствии с порядком, закрепленным в п. 3 ст. 105.9 Налогового кодекса РФ. При этом коэффициент трансфертного ценообразования будет находиться в интервале (3):

$$1 - \frac{U_{mp} - U_{min}}{U_{max}} \leq K_{mц} \leq 1 + \frac{U_{max} - U_{mp}}{U_{min}}, \quad (3)$$

где U_{mp} – трансфертная цена; U_{min} и U_{max} – соответственно минимальное и максимальное значения интервала рыночных цен, определяемых в соответствии с п. 3 ст. 105.9 НК РФ.

В результате реализации внутригруппового трансфертного ценообразования целевая функция модели управления финансовыми потоками приобретает вид (4):

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} \times K_{mц_i}] > \\ & > \sum_{i=1}^n \sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi}] \rightarrow \max \end{aligned} \quad (4)$$

В рамках неравенства, описывающего оптимальное распределение финансовых ресурсов в ГК, скорректирован текущий прогнозируемый консолидированный финансовый поток группы на текущую стоимость изъятий у участников группы и текущую стоимость их распределений среди участников, осуществляемых корпоративным финансовым центром. Для этого обозначим коэффициент изъятия финансового потока головной компании у i -ой компании-участницы как $K_{из_i}$, коэффициент распределения, согласно которому аккумулированные головной компанией (или КФЦ) финансовые потоки направляются i -му участнику как $K_{рс_i}$. В таком случае неравенство оптимизации распределения финансовых ресурсов в ГК будет выглядеть следующим образом (5):

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} \times K_{mц_i}] + \\ & + \sum PV[\Delta\Pi_i^{C\Phi} \times K_{mц_i} \times K_{из_i}] - \\ & - \sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} \times K_{mц_i} \times K_{рс_i}]) > \\ & > \sum_{i=1}^n \sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi}] \end{aligned} \quad (5)$$

Коэффициенты изъятия и распределения задаются КФЦ в рамках определенных ограничений:

1. по коэффициенту изъятия, ограничиваемого «снизу» в ГКфт долей текущего участия компании-участницы в стратегической инвестиционной деятельности группы ($Dу_{инв}$) (6), в ГКот долей преобладающего участия головной компании в деятельности дочерней ($Dу_{np}$) (7); «сверху» – величиной денежного потока соответствующей компании-участницы:

$$Dу_{инв} \leq K_{из} < 1 \quad (6)$$

$$Dу_{np} \leq K_{из} \leq 1 \quad (7)$$

2. по коэффициенту распределения, определяемого в ГК прогнозируемой величиной доли участия компании в финансировании стратегических инвестиций ($Dу_{фин}$) (8):

$$K_{рс} = Dу_{фин} \quad (8)$$

При оптимизации внутригруппового кредитования и взаиморасчетов необходимо учитывать, что механизмы реализации указанных функций КФЦ в ГК отраслевого и финансового типов различны. Поэтому каждое неравенство целевой функции модели оптимизации внутригруппового кредитования и взаиморасчетов задается отдельно для каждого типа ГК.

Для построения модели оптимизации внутригруппового кредитования введены следующие обозначения: KR_i – поступления i -му получателю средств в результате привлечения заемных ресурсов; r_i – внутригрупповая (трансфертная) процентная ставка кредитования i -тым кредитором КФЦ; C_i – коэффициент корректировки трансфертной процентной ставки кредитования r_i , применяющийся при выплате процентов i -тым заемщиком КФЦ за заемные ресурсы; C_{bi} – коэффициент корректировки трансфертной процентной ставки кредитования r_i , применяющийся при кредитовании i -го заемщика внешними кредиторами (задается внешними кредиторами); K_{KP_i} – коэффициент выплаты кредитных ресурсов i -ым участником.

Следует отметить, что в соответствии с п. 1.2 ст. 269 НК РФ выплаты ГК в бюджет должны уменьшаться на сумму текущих стоимостей процентных выплат головной компании (КФЦ) i -му кредитору за предоставленные кредитные ресурсы, относимые к расходам центра, скорректированные на ставку налога на прибыль ($HП$) и рассчитываемые исходя из суммы кредитных ресурсов, умноженных (KR_i) на процентную ставку. В ГКфт при оптимизации внутригруппового кредитования происходит двойное налогообложение процентных доходов, так как КФЦ, прежде чем кредитовать одного участника привлекает на условиях платности кредитные ресурсы от другого.

При условии выполнения КФЦ функции внутригруппового кредитования в ГКфт представим второе неравенство модели управления финансовыми потоками ГК следующим образом (9):

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} \times Kmu_i] + \\ & + \sum PV[KR_i \times C_i \times r_i] - \sum PV[KR_i \times r_i] + \\ & + \sum PV[KR_i \times r_i \frac{HП}{100}] - \\ & - \sum PV[KR_i \times C_i \times r_i \times \frac{HП}{100}] - \\ & - \sum PV[KR_i \times r_i \times \frac{HП}{100}]) > \\ & > \sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi}] - \sum PV[KR_i \times r_i \times C_{oi}]) + \\ & + \sum PV[KR_i] - \sum PV[KR_i \times K_{KP_i}] \end{aligned} \quad (9)$$

где $PV[KR_i]$ – текущая стоимость поступления средств КФЦ (i -му заемщику) от i -го кредитора (от головной компании) в результате привлечения внутригруппового кредита или текущая стоимость поступления i -му заемщику от внешнего кредитора в результате привлечения кредитных ресурсов при условии отсутствия

выполнения КФЦ функции кредитного центра; $PV[KR_i \times K_{KP_i}]$ – текущая стоимость поступления возвращаемых кредитных ресурсов i -м заемщиком (КФЦ) КФЦ (i -му кредитору) при условии выполнения КФЦ функции кредитного центра или текущая стоимость поступления возвращаемых кредитных ресурсов i -м заемщиком внешнему кредитору при условии отсутствия выполнения КФЦ функции внутригруппового кредитования; $PV[KR_i \times C_i \times r_i]$ – текущая стоимость поступления процентов от i -го заемщика КФЦ за привлеченный кредит при условии выполнения им функции внутригруппового кредитования; $PV[KR_i \times r_i]$ – текущая стоимость выплаты КФЦ процентов i -му кредитору за предоставленные кредитные ресурсы; $PV[KR_i \times r_i \times C_i \times HП/100]$ – текущая стоимость уплачиваемого КФЦ налога на прибыль с доходов, полученных в виде процентов от i -го заемщика; $PV[KR_i \times r_i \times HП/100]$ – текущая стоимость уплачиваемого i -ым кредитором в бюджет налога на прибыль с доходов, полученных в виде процентов от КФЦ; $PV[KR_i \times r_i \times C_{oi}]$ – текущая стоимость выплаты процентов i -го заемщика внешнему контрагенту за полученные кредитные ресурсы.

Неравенство оптимизации внутригруппового кредитования в $ГКот$ можно представить в следующем виде (10):

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} \times Kmu_i] + \\ & + \sum PV[KR_i \times r_i] - \sum PV[KR_i \times r_i \times \frac{HП}{100}]) > \quad (10) \\ & > \sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi}] - \sum PV[KR_i \times r_i \times C_{oi}]), \end{aligned}$$

где $PV[KR_i \times r_i]$ – текущая стоимость процентных выплат КФЦ i -ым должником за предоставленные кредитные ресурсы при условии выполнения им функции внутригруппового кредитования; $PV[KR_i \times r_i \times HП/100]$ – текущая стоимость уплачиваемого КФЦ налога на прибыль с доходов, полученных в виде процентов от i -го заемщика.

В рамках второго неравенства целевой функции модели управления финансовыми потоками ГК управленческое воздействие производится на такие переменные, как внутригрупповая процентная ставка (r), коэффициент корректировки внутригрупповой процентной ставки кредитования C_i , применяющийся в ГКфт при выплате процентов компанией-участницей КФЦ за кредитные ресурсы, объем

внутригруппового кредитования ($\sum_{i=1}^n KR_i$). Значения указанных переменных могут задаваться ограничениями, к которым относятся:

1. ограничение по объему привлекаемых в ГК кредитных ресурсов, представляющее собой коэффициент финансовой зависимости:

$$\sum_{i=1}^n KR_i \leq K_{ГКзав} \times K_{ан} \quad (11)$$

где $K_{ГКзав}$ – приемлемое значение коэффициента финансовой зависимости ГК; $K_{ан}$ – общий объем финансовых ресурсов ГК.

2. ограничение по внутригрупповой процентной ставке, представляющей собой процентную ставку кредитования i -го заемщика внешними кредиторами:

$$r_i < r_i \times C\bar{b}_i \quad (12)$$

3. ограничения «сверху» и «снизу» по процентной ставке, применяемой при взимании КФЦ платы с i -го заемщика за предоставленные кредитные ресурсы, выражается соответственно внешнегрупповой и внутригрупповой кредитными ставками:

$$r_i \times C\bar{b}_i \geq r_i \times C_i > r_i \quad (13)$$

4. балансовое ограничение, определяющее равенство периода внутригруппового кредитования КФЦ i -го заемщика (i -м кредитором КФЦ) ($t_m^{ГК}$) и периода внешнегруппового кредитования i -го заемщика (t_m).

$$t_m^{ГК} = t_m \quad (14)$$

Для определения неравенства целевой функции модели оптимизации внутригрупповых расчетов введены дополнительными обозначения: DZ_i – поступления i -му получателю средств в результате инкассации дебиторской задолженности; C_i – коэффициент корректировки внутригрупповой процентной ставки кредитования r_i , применяющийся при взимании КФЦ платы с i -го должника за расчеты с i -тым получателем. Все остальные переменные целевой функции имеют прежнее обозначение.

Следует отметить, что в $ГК\phi m$ при выполнении КФЦ функции клирингового центра происходит двойное налогообложение процентных доходов, так как КФЦ, прежде чем инкассировать дебиторскую задолженность i -го участника, привлекает на условиях платности кредитные ресурсы от другого.

При условии выполнения КФЦ функции клирингового центра включим в неравенство целевой функции модели показатели DZ_i , r_i , C_i . В результате неравенство оптимизации взаиморасчетов в $ГК\phi m$, выглядит (15):

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} \times Kmu_i] + \\ & + \sum PV[DZ_i \times r_i \times C_i] - \sum PV[DZ_i \times r_i] - \\ & - \sum PV[DZ_i \times C_i \times r_i \times \frac{НП}{100}] - \\ & - \sum PV[DZ_i \times r_i \times \frac{НП}{100}]) > \\ & > \sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi}] - \sum PV[DZ_i \times r_i \times C_{\bar{a}i}]); \end{aligned} \quad (15)$$

где $PV[DZ_i]$ – текущая стоимость поступления i -му получателю средств в результате инкассации дебиторской задолженности DZ_i при условии выполнения КФЦ функции взаимных расчетов или текущая стоимость поступления в КФЦ от i -го кредитора ГК в результате привлечения внутригруппового кредита при условии выполнения КФЦ компанией клиринговой функции; $PV[DZ_i \times r_i \times C_i]$ – текущая стоимость выплаты процентов i -го должника КФЦ за расчеты с i -тым получателем; $PV[DZ_i \times r_i]$ – текущая стоимость выплаты КФЦ процентов i -му кредитору за предоставленные кредитные ресурсы; $PV[DZ_i \times r_i \times C_i \times НП/100]$ – текущая стоимость уплачиваемого головной компанией (КФЦ) налога на прибыль с доходов, полученных в виде процентов от i -го должника; $PV[DZ_i \times r_i \times НП/100]$ – текущая стоимость уплачиваемого i -ым кредитором в бюджет налога на прибыль с доходов, полученных в виде процентов от КФЦ; $PV[DZ_i \times r_i \times C_{\bar{a}i}]$ – текущая стоимость выплаты процентов i -го должника внешнему контрагенту за полученные займы.

Третье неравенство модели управления финансовыми потоками $ГК\phi m$, нахождение целевой функции которой, позволит оптимизировать взаиморасчеты в ГК, определяется по формуле (16):

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} \times Kmu_i] + \\ & + \sum PV[DZ_i \times r_i] - \sum PV[DZ_i \times r_i \times \frac{НП}{100}]) > \\ & > \sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi}] + \sum PV[DZ_i] - \\ & - \sum PV[DZ_i \times K_{кр}] - \sum PV[DZ_i \times r_i \times C_{\bar{a}i}]) + \\ & + \sum PV[DZ_i \times r_i \times \frac{НП}{100}], \end{aligned} \quad (16)$$

где $PV[DZ_i \times r_i]$ – текущая стоимость выплаты i -ым должником процентов КФЦ за инкассацию дебиторской задолженности i -го получателя; $PV[DZ_i \times r_i \times НП/100]$ – текущая стоимость

уплачиваемого КФЦ в бюджет налога на прибыль с доходов, полученных в виде процентов от *i*-го должника; $PV[*DZ*_{*i*}]$ – текущая стоимость поступления *i*-му должнику от внешнего контрагента в результате привлечения кредитных ресурсов DZ_i при условии его самостоятельного функционирования вне КГК; $PV[*DZ*_{*i*} * K_{kp_i}]$ – текущая стоимость возвращаемых заемных ресурсов внешнему контрагенту *i*-ым должником при условии его самостоятельного функционирования вне КГК; K_{kp_i} - коэффициент выплаты кредитных ресурсов *i*-ым участником ГК;

$PV[*DZ*_{*i*} * r_i * C_{oi}]$ – текущая стоимость выплаты процентов *i*-го должника внешнему контрагенту за полученные кредитные ресурсы.

Значения управляемых переменных целевой функции модели оптимизации взаиморасчетов между участниками ГК задаются теми же ограничениями, что, переменные целевой функции модели внутригруппового кредитования.

Модель управления финансовыми потоками *ГКфм*, целевая функция которых задается в виде трех неравенств, выглядит следующим образом (17, 18, 19) → max :

$$\sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} * Kmu_i] + \sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} * Kmu_i * Kuz - \sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} * Kmu_i * Kpc_i]) > \sum_{i=1}^n \sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi}] \tag{17}$$

$$\sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} * Kmu_i] + \sum PV[KR_i * C_i * r_i] - \sum PV[KR_i]) > \sum PV[KR_i * K_{kp_i}] \tag{18}$$

$$\sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} * Kmu_i] + \sum PV[DZ_i * r_i * C_i] - \sum PV[DZ_i * r_i] - \sum PV[DZ_i * C_i * r_i * \frac{H\Pi}{100}]) - \sum PV[DZ_i * r_i * \frac{H\Pi}{100}] > \sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi}] - \sum PV[DZ_i * r_i * C_{oi}]); \tag{19}$$

Таким же образом строится модель управления финансовыми потоками *ГКот* (20)–(22) → max:

$$\sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} * Kmu_i] + \sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} * Kmu_i * Kuz_i] - \sum PV[\Phi\Pi_i^{H\Phi} * Kmu_i * Kpc_i]) > \sum_{i=1}^n \sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi}] \tag{20}$$

$$\sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} * Kmu_i] + \sum PV[KR_i * r_i] - \sum PV[KR_i * r_i * \frac{H\Pi}{100}]) > \sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi}] - \sum PV[KR_i * r_i * C_{oi}]) \tag{21}$$

$$\sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi} * Kmu_i] + \sum PV[DZ_i * r_i] - \sum PV[DZ_i * r_i * \frac{H\Pi}{100}]) > \sum_{i=1}^n (\sum PV[\Phi\Pi_i^{C\Phi}] + \sum PV[DZ_i] - \sum PV[DZ_i * K_{kp_i}] - \sum PV[DZ_i * r_i * C_{oi}]) + \sum PV[DZ_i * r_i * \frac{H\Pi}{100}] \tag{22}$$

Таким образом, оказывая влияние на отдельные переменные неравенств целевой функции модели управления финансовыми потоками ГК, можно достичь максимального положительного значения синергетического эффекта деятельности группы компаний.

Результаты

Исходя из проведенного исследования организации управления финансовыми потоками ГК, сформулированы рекомендации для построения моделей управления финансовыми потоками:

– в рамках оптимизации финансовых потоков ГК следует рассмотреть возможность создания корпоративного финансового центра – отдельного структурного подразделения головной компании, осуществляющего финансовое

управление участниками и выполняющего функции казначейского, кредитного и клирингового центров;

– построение модели оптимизации финансовых потоков следует осуществлять путем определения целевой функции деятельности компаний, входящих в состав ГК, и системы ограничений, задаваемых внутренними и внешними условиями, в которых участникам приходится функционировать;

– исходя из основных функциональных обязанностей КФЦ модель управления финансовыми потоками ГК должна представлять собой алгоритм оптимального распределения финансовых ресурсов между участниками, входящими в состав ГК, осуществления внутригруппового кредитования и проведения взаиморасчетов.

Литература

- 1 Боровиков А.Д., Смоляков О.А. Принципы организации и структура системы управления компанией холдингового типа // Управление. 2019. № 3. С. 54–62. doi: 10.26425/2309–3633–2019–3–54–62
- 2 Габдуллина Г.К., Гафиятов И.З. Генезис научных подходов к диверсификации организационных структур в промышленности // Наука Красноярья. 2020. Т. 9. № 2–4. С. 31–37. doi: 10.12731/2070–7568–2020–2–4–31–37
- 3 Финогенова Е.А. Синергетический эффект: подходы к определению и классификация // Вестник науки и образования. 2017. Т. 1. № 5(29). С. 69–72.
- 4 Данилов А.А. Об управлении финансами в холдинговых структурах // Фундаментальные исследования. 2020. № 6. С. 43–47. doi: 10.17513/fr.42775
- 5 Скобелева Е.В., Павлова Ю.В. Анализ финансовых потоков консолидированной группы компаний // Международный бухгалтерский учет. 2016. № 9(399). С. 11–29.
- 6 Лутченко В.Г., Хорев А.И., Адраховская Л.Л. Оценка эффективности интегрированных структур в России // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 296–300. doi: 10.20914/2310–1202–2021–3–296–300
- 7 Ижевский В.Л., Кононов В.Н. Стратегические аспекты управления консолидационными процессами групп компаний // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. № 6(465). С. 1061–1081. doi: 10.24891/ea.16.6.1061.
- 8 Парамонов П.Ф., Родин Д.Я., Глухих Л.В. Системный подход к оценке финансового равновесия коммерческих организаций // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2020. Т. 13. № 1(351). С. 4–20. doi: 10.24891/fa.13.1.4.
- 9 Болодурина М.П., Горбатенко Е.В. Реализация стратегии интернационализации в деятельности российских компаний // Научное обозрение. 2016. № 11. С. 152–163.
- 10 Малиновская Н.В. Проблемы разработки методики анализа интегрированной отчетности // Экономический анализ: теория и практика. 2021. Т. 20. № 4(511). С. 645–662. doi: 10.24891/ea.20.4.645
- 11 Клавдеева В. Трансфертное ценообразование: методы и особенности в 2021 году // Управление предприятием. 2021. URL: <https://upr.ru/article/transfertnoe-tsenoobrazovanie-metody-i-osobennosti-v-2021-godu/>
- 12 Endovitskiy D., Davnis V., Dobrina M. A new approach to modeling and analysis portfolio investment solutions // Опцион. 2019. V. 35. P. 420–440.
- 13 Velikorossov V.V., Maksimov M.I., Orekhov S.A., Huseynov J.E.O. et al. Integration as a corporate strategy // DEStech Transactions on Social Science, Education and Human Science. 2020. doi: 10.12783/dtssehs/icpcs2020/33895
- 14 Baltina A., Bolodurina M., Gorbatenko E. The application of information technologies in the development of corporate growth strategy // EMIT 2018 Internationalization of Education in Applied Mathematics and Informatics for HighTech Applications. Electronic data. 2018. V. 2093. P. 58–66.
- 15 Feldman E.R. Corporate strategy: Past, present, and future // Strategic Management Review. 2020. V. 1. № 1. P. 179–206.
- 16 Hiriyappa B. Corporate Strategy. Author House, 2013.
- 17 Tinga T., Janssen R. The Interplay Between Deployment and Optimal Maintenance Intervals for Complex Multi-Component Systems // Journal of Risk and Reliability. 2013. V. 227. № 3. P. 227–240. doi: 10.1177/1748006X13480743
- 18 Schmitz P.W. Information Gathering, Transaction Costs, and the Property Rights Approach // The American Economic Review. 2006. V. 96. № 1. P. 422–434. doi: 10.1257/000282806776157722
- 19 Song P. X. K., Li M., Yuan Y. Joint regression analysis of correlated data using Gaussian copulas // Biometrics. 2009. V. 65. № 1. P. 60–68. URL: <https://www.jstor.org/stable/25502244>
- 20 Mi J., Fan L., Duan X., Qiu Y. Short-term power load forecasting method based on improved exponential smoothing grey model // Mathematical Problems in Engineering. 2018. V. 2018. doi: 10.1155/2018/3894723

References

- 1 Borovikov A.D., Smolyakov O.A. Principles of organization and structure of the management system of a holding-type company. Management. 2019. no. 3. pp. 54–62. doi: 10.26425 / 2309–3633–2019–3–54–62 (in Russian).
- 2 Gabdullina G.K., Gafiyatov I.Z. Genesis of scientific approaches to diversification of organizational structures in industry. Science of Krasnoyarsk. 2020. vol. 9. no. 2–4. pp. 31–37. doi:10.12731/2070–7568–2020–2–4–31–37 (in Russian).
- 3 Finogenova E.A. Synergetic effect: approaches to definition and classification. Bulletin of Science and Education. 2017. vol. 1. no. 5 (29). pp. 69–72. (in Russian).
- 4 Danilov A.A. On financial management in holding structures. Fundamental research. 2020. no. 6. pp. 43–47. doi: 10.17513 / fr.42775 (in Russian).
- 5 Skobeleva E.V., Pavlova Yu. V. Analysis of financial flows of a consolidated group of companies. International accounting. 2016. no. 9 (399). pp. 11–29. (in Russian).
- 6 Lutchenko V.G., Khorev A.I., Adrakhovskaya L.L. Assessment of the effectiveness of integrated structures in Russia. Proceedings of VSUET. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 296–300. doi: 10.20914 / 2310–1202–2021–3–296–300 (in Russian).
- 7 Izhevsky V.L., Kononov V.N. Strategic aspects of management of consolidation processes of groups of companies. Economic analysis: theory and practice. 2017. Vol. 16. no. 6 (465). pp. 1061–1081. doi: 10.24891 / ea.16.6.1061 (in Russian).
- 8 Paramonov P.F., Rodin D. Ya., Glukhikh L.V. A systematic approach to assessing the financial equilibrium of commercial organizations. Financial analytics: problems and solutions. 2020. vol. 13. no. 1 (351). pp. 4–20. doi: 10.24891/fa.13.1.4. (in Russian).
- 9 Bolodurina M.P., Gorbatenko E.V. Implementation of the internationalization strategy in the activities of Russian companies. Scientific Review. 2016. no. 11. pp. 152–163. (in Russian).
- 10 Malinovskaya N.V. Problems of developing a methodology for the analysis of integrated reporting. Economic analysis: theory and practice. 2021. vol. 20. no. 4 (511). pp. 645–662. doi: 10.24891 / ea.20.4.645 (in Russian).

11 Klavdeeva V. Transfer pricing: methods and features in 2021. *Enterprise Management*. 2021. Available at: <https://upr.ru/article/transfertnoe-tsenoobrazovanie-metody-i-osobnosti-v-2021-godu/> (in Russian).

12 Endovitskiy D., Davnis V., Dobrina M. A new approach to modeling and analysis portfolio investment solutions. *Opcion*. 2019. vol. 35. pp. 420–440.

13 Velikorossov V.V., Maksimov M.I., Orekhov S.A., Huseynov J.E.O. et al. Integration as a corporate strategy. *DEStech Transactions on Social Science, Education and Human Science*. 2020. doi: 10.12783/dtssehs/icpcs2020/33895

14 Baltina A., Bolodurina M., Gorbatenko E. The application of information technologies in the development of corporate growth strategy. *EMIT 2018 Internationalization of Education in Applied Mathematics and Informatics for HighTech Applications*. Electronic data. 2018. vol. 2093. pp. 58–66.

15 Feldman E.R. Corporate strategy: Past, present, and future. *Strategic Management Review*. 2020. vol. 1. no. 1. pp. 179-206.

16 Hiriyappa B. *Corporate Strategy*. Author House, 2013.

17 Tinga T., Janssen R. The Interplay Between Deployment and Optimal Maintenance Intervals for Complex Multi-Component Systems. *Journal of Risk and Reliability*. 2013. vol. 227. no. 3. pp. 227–240. doi: 10.1177/1748006X13480743

18 Schmitz P.W. Information Gathering, Transaction Costs, and the Property Rights Approach. *The American Economic Review*. 2006. vol. 96. no. 1. pp. 422–434. doi: 10.1257/000282806776157722


19 Song P. X. K., Li M., Yuan Y. Joint regression analysis of correlated data using Gaussian copulas. *Biometrics*. 2009. vol. 65. no. 1. pp. 60–68. Available at: <https://www.jstor.org/stable/25502244>

20 Mi J., Fan L., Duan X., Qiu Y. Short-term power load forecasting method based on improved exponential smoothing grey model. *Mathematical Problems in Engineering*. 2018. vol. 2018. doi: 10.1155/2018/3894723


Сведения об авторах

Information about authors


Марина П. Болодурина к.э.н., доцент, кафедра управления персоналом, сервиса и туризма, Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, г. Оренбург, 460018, Россия, bolodurina@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6414-245X>


Елена И. Комарова к.э.н., доцент, кафедра управления персоналом, сервиса и туризма, Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, г. Оренбург, 460018, Россия, elkomaroval@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7223-5341>

Marina P. Bolodurina Cand. Sci. (Econ.), associate professor, personnel management, service and tourism department, Orenburg State University, 13 Pobedy Av., Orenburg, 460018, Russia, bolodurina@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6414-245X>

Elena I. Komarova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, personnel management, service and tourism department, Orenburg State University, 13 Pobedy Av., Orenburg, 460018, Russia, elkomaroval@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7223-5341>

Вклад авторов

Contribution

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

Выберите элемент. Можно ввести свои данные

Конфликт интересов




Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 22/12/2021	После редакции 08/02/2022	Принята в печать 02/03/2022
Received 22/12/2021	Accepted in revised 08/02/2022	Accepted 02/03/2022

Институциональное развитие экономики замкнутого цикла в России и Санкт-Петербурге




Ольга А. Кальченко ¹	o.kaltchenko@mail.ru	 0000-0003-0378-6726
Юрий Р. Нурулин ¹	yury.nurulin@gmail.com	 0000-0003-4606-1477
Инга В. Скворцова ¹	ingaskvor@list.ru	 0000-0003-2350-6621

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия

Аннотация. В России этот термин «экономика замкнутого цикла» или «циклическая экономика» появился сравнительно недавно. Интерес к экономике замкнутого цикла и количество публикаций растет. Понятие экономики замкнутого цикла очень тесно связано с зеленой экономикой, биоэкономикой, низкоуглеродной экономикой, в основе которых лежит уход от ископаемого топлива и развитие новых технологий. Однако в России чаще всего под экономикой замкнутого цикла подразумевают систему переработки. Принципы экономики замкнутого цикла направлены на экономическое, социальное, экологическое благополучие людей. Эксперты выделяют факторы, способствующие и препятствующие развитию экономики замкнутого цикла в России. Вопросы устойчивого развития, экономики замкнутого цикла и энергетического перехода активно обсуждаются представителями органов власти, бизнеса и науки на международных и всероссийских форумах. Принципы экономики замкнутого цикла позволяют достигнуть нескольких Целей устойчивого развития. Экономика замкнутого цикла - один из ключевых факторов достижения целей по безуглеродной энергетике. В Санкт-Петербурге деятельностью в этом направлении активно профильные комитеты, центры и ассоциации. Консорциумы международных проектов большинства программ формируются из партнеров по принципу тройной спирали - представители государственной власти, бизнеса и университетов. Рассмотрены международные проекты программ приграничного сотрудничества «Россия – Юго-Восточная Финляндия», «Россия - Эстония» и ИНТЕРРЕГ регион Балтийского моря. В рамках многих международных проектов реализуются пилотные площадки, с возможностью дальнейшего тиражирования успешного опыта. Подробно рассмотрена законодательная база России и Санкт-Петербурга в области экономики замкнутого цикла.

Ключевые слова: экономика, стратегия, концепция, устойчивое развитие, Россия, Санкт-Петербург

Institutional development of circular economy in Russia and St. Petersburg

Olga A. Kalchenko ¹	o.kaltchenko@mail.ru	 0000-0003-0378-6726
Yury R. Nurulin ¹	yury.nurulin@gmail.com	 0000-0003-4606-1477
Inga V. Skvortsova ¹	ingaskvor@list.ru	 0000-0003-2350-6621

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Polytechnicheskaya, 29, St.Petersburg, 195251, Russia

Abstract. The term "circular economy" appeared relatively recently in Russia. Interest to the circular economy and the number of publications is growing. The concept of circular economy is very closely related to the green economy, bioeconomics, and low-carbon economy, which are based on moving away from fossil fuels and the development of new technologies. However, in Russia, most often circular economy means recycling system. The principles of circular economy are aimed at the economic, social, and environmental well-being of people. Experts identify factors that promote and hinder the development of circular economy in Russia. Issues of sustainable development, circular economy and energy transition are actively discussed by representatives of government, business and science at international and all-Russian forums. The principles of circular economy will allow achieving several Sustainable Development Goals. The circular economy is one of the key factors in achieving carbon-free energy goals. In St. Petersburg, profile committees, centers and associations are actively working in this direction. Consortia of international projects of most programs are formed from partners based on a triple helix approach- representatives of government, business and universities. The international projects of cross-border cooperation programmes "South-East Finland - Russia", "Estonia - Russia" and the INTERREG Baltic Sea region are considered. Pilot sites are being implemented within the framework of many international projects, with the possibility of further replication of successful experience. The legislative base of Russia and St. Petersburg in the field of circular economy is considered in detail.

Keywords: economy, strategy, concept, sustainable development, Russia, Saint-Petersburg

Введение

Экономика замкнутого цикла или циклическая экономика (англ. circular economy) является новым вектором мирового устойчивого развития. В России этот термин появился сравнительно

недавно и на сегодняшний день существует несколько вариантов перевода на русский язык: циркуляционная экономика, циркулярная экономика, круговая экономика и т. д.

Для цитирования

Кальченко О.А., Нурулин Ю.Р., Скворцова И.В. Институциональное развитие экономики замкнутого цикла в России и Санкт-Петербурге // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 275–281. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-275-281

For citation

Kalchenko O.A., Nurulin Yu.R., Skvortsova I.V. Institutional development of circular economy in Russia and St. Petersburg. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 275–281. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-275-281

Интерес к экономике замкнутого цикла растет, увеличилось не только количество упоминаний в публикациях, но и отдельные статьи, посвященные зарубежному опыту и возможностям его применения в России [1].

Однако в России чаще всего под экономикой замкнутого цикла подразумевают систему переработки отходов, необходим системный подход.

Понятие экономики замкнутого цикла очень тесно связано с зеленой экономикой, биоэкономикой, низкоуглеродной экономикой, в основе которых лежит уход от ископаемого топлива и развитие новых технологий.

Материалы и методы

Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию была принята еще в 1996 году. В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации от 2008 года прослеживаются тенденции к экономике замкнутого цикла. В документе изложены стратегические цели в области экологической политики на период до 2030 г [2].

Основные задачи данного направления: развитие вторичного производства; создание экологических технопарков для сортировки, переработки или повторного использования отходов; уменьшение количества свалок и полигонов. Планируется сократить объемы захоронения бытовых отходов и увеличить уровень утилизации [3].

Эксперты выделяют несколько факторов, способствующих развитию экономики замкнутого цикла в России:

- наличие возобновляемых источников энергии;
- большая площадь лесов на территории России;
- рост использования промышленных природоохранных технологий;
- развитие технологий утилизации и экономики совместного потребления (англ. – sharing economy).

Однако, существуют и факторы, препятствующие развитию: медленное внедрение инноваций, поддержка государством добывающих отраслей, институциональные факторы и т. д [4, 5].

Результаты

Вопросы устойчивого развития, экономики замкнутого цикла активно обсуждаются представителями органов власти, бизнеса и науки на следующих мероприятиях:

- Общероссийский форум «Стратегическое планирование в регионах и городах России»;

- Международный форум «Экология большого города»;

- Недели Северных стран, тема 2021 года – «Экология»;

- Балтийский форум циркулярной экономики (ВСЕФ);

- Петербургский международный экономический форум;

- Международный экологический Форум «День Балтийского моря».

В основе экономики замкнутого цикла лежит изменение системы производства и потребления, создание решений, экономящих ресурсы, переосмысление понятия «ресурсы» и его места в экономической и производственной системе.

Принципы экономики замкнутого цикла направлены на экономическое, социальное, экологическое благополучие людей.

Принципы экономики замкнутого цикла: изменения дизайна и использования продуктов, способствующих увеличению их жизненного цикла; снижения выбросов в цепочках поставок; возвращения энергетических потерь, заложенных в продукте; сохранения углерода в почвах [6].

Фонд Ellen MacArthur Foundation выделил несколько направлений обращения с материалами и продуктами для достижения экономики замкнутого цикла:

- Совместное пользование и ремонт,
- Повторное использование и перераспределение,
- Восстановление и реконструкция,
- Переработка и безопасная утилизация.

Согласно исследованиям Организации экономического сотрудничества и развития и Ellen MacArthur Foundation – экономика замкнутого цикла – один из ключевых факторов достижения целей по безуглеродной энергетике [7].

Восстановление природных систем также тесно связано с переходом к экономике замкнутого цикла [8].

Повестка в области устойчивого развития до 2030 года в России (Повестка-2030; в которую входят ЦУР). Принципы экономики замкнутого цикла позволят достигнуть нескольких Целей устойчивого развития (ЦУР) [9, 10].

Экономика замкнутого цикла связана со следующими ЦУР:

- ЦУР 2: Ликвидация голода,
- ЦУР 6: Чистая вода и санитария,
- ЦУР 7: Доступная и чистая энергия
- ЦУР 8: Достойная работа и экономический рост,
- ЦУР 11: Устойчивые города и населенные пункты,

ЦУР 12: Ответственное потребление и производство,

ЦУР 13: Борьба с изменением климата,

ЦУР 14: Сохранение морских экосистем,

ЦУР 15: Сохранение экосистем суши,

ЦУР 17: Партнерство.

Также, существует национальный проект «Экология», цель которого – снижение поступающих на полигоны отходов [11].

Обсуждение

Использование лучших практик (англ. – best practices) реализации экономики замкнутого цикла активно развивается благодаря реализации ряда международных проектов.

Консорциумы международных проектов большинства программ формируются из партнеров по принципу тройной спирали (англ. triple helix approach) – представители государственной власти, бизнеса и университетов (рисунок 1).

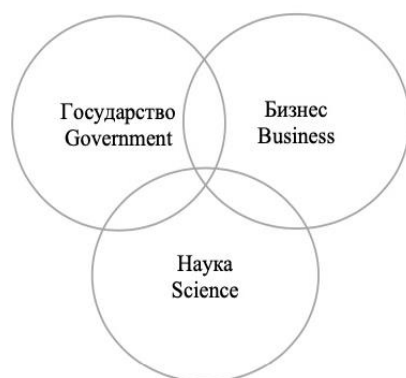


Рисунок 1. Модель тройной спирали [12].

Figure 1. Triple helix approach [12].

Драйверами изменений все чаще становятся университеты. Обновляются программы обучения в российских вузах.

В рамках многих международных проектов реализуются пилотные площадки, с возможностью дальнейшего тиражирования успешного опыта (таблица 1).

Проект Совета Министров Северных стран Green Mobility – «Эко-мобильность – создавая доступную и безопасную среду», который объединяет инновационные проекты и стратегии устойчивого развития, направленные на повышение качества жизни и здоровья людей; уменьшение выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ в атмосферу; создание удобных, доступных, привлекательных и зеленых общественных пространств; укрепление международного сотрудничества для достижения ЦУР.

В рамках Green Mobility была разработана деловая игра Game of Goals – «17 целей

преобразования нашего мира» и является площадкой, где органы власти, бизнес, молодежные движения, ВУЗы, некоммерческий сектор, академические институты и, представители гражданского общества и другие заинтересованные организации могут в игровой форме изучать и обсуждать вопросы ЦУР, а также представлять мировому сообществу свои лучшие практики, решения и подходы к их достижению.

В Санкт-Петербурге деятельностью в этом направлении активно занимаются:

- Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности;
- Комитет по промышленной политике, инновациям и торговле;
- Комитет по энергетике и инженерному обеспечению;
- Международный центр социально-экономических исследований «Леонтьевский центр»;
- ООО «Экологический правовой центр «БЕЛЛОНА»;
- Центр энергосбережения Санкт-Петербурга;
- Санкт-Петербургский кластер чистых технологий для городской среды;
- Ассоциация экологического партнерства «АсЭП»;
- Всероссийское общество охраны природы «ВООП».

Законодательная база

В России реализуются положения Парижского соглашения о климате от 12 декабря 2015 года, принятого 21-й сессией Конференции Сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата [13].

Парижское соглашение о климате было подписано 22 апреля 2016 года в соответствии с распоряжением Правительства от 14 апреля 2016 года № 670-р [14].

Закон вводит понятие «целевой показатель сокращения выбросов парниковых газов», который будет установлен правительством с учетом поглощающей способности лесов и иных экосистем, а также необходимости обеспечения устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития страны (п. 1 ст. 6). На межправительственных переговорах по принятию Парижского соглашения в 2015 году Россия добилась включения отдельной статьи в соглашение, посвященной вкладу лесов в поглощение CO₂ [15].

Таблица 1.

Международные проекты

Table 1.

International projects

Акроним проекта Project acronym	Полное название проекта Full project name
Программа приграничного сотрудничества «Россия – Юго-Восточная Финляндия» South-East Finland – Russia Cross Border Cooperation Programme 2014 – 2020	
RAINMAN	Повышение адаптационной способности в управлении водопроводными сетями Towards higher adaptive capacity in urban water management
Green ReMark	Развитие региональных рынков зеленой энергетики Green energy regional markets development
Green InterTraffic	Применение инновационных решений для повышения экологической безопасности международных автодорожных перевозок в приграничных регионах России и Финляндии Enhancing environmental safety of road intertraffic in the border areas of Russia and Finland applying innovation solutions
King's Road Renaissance	Возрождение Королевской Дороги: новое измерение и цифровые инструменты King's Road Renaissance - New Dimension and Digital Tools
FinAgRu-nat	Кюренниемеи – Культурная ценность России и Финляндии Kurenniemi – cultural value of Russia and Finland through M. Agricola trail
EnviTox	Оценка воздействия полигона опасных отходов «Красный Бор» на окружающую среду Environmental impact of the Krasny Bor toxic waste landfill
NaStA	История и будущее природного камня в архитектуре – мост между Юго-Восточной Финляндией и Россией | Support for stone industry and cross border market chains i.e. geology, production, applications, and traditions
Cata3Pult	Финско-российское государственно-частное партнёрство – катализатор нового зелёного бизнеса | Finnish Russian public-private - partnerships (PPP) catalysing new green business
SHEM-WP	Инновационные природные решения применения шунгита и ЭМ-технологии для очистки воды | Innovative Natural Solutions of Shungite & EM –technology for Water Purification
BBC1	Бизнес в биотехнологиях и экономике замкнутого цикла Business in Biotechnology and Circular Economy
StartUpConnect	Содействие развитию стартапов, предпринимательства и сотрудничества МСП в приграничном регионе Facilitation of start-up, entrepreneurship and SME cooperation in the cross border region
SustainPro	Устойчивое развитие природоохранных территорий: биоразнообразие, сохранение наследия и рекреационное использование | Sustainable development of the natural protected areas: biodiversity, heritage interpretation and recreational use
LaLaPeTe	Инновации в области повторного использования и повышение экологической осведомленности | Upcycling innovations and environmental awareness
Cool4City	Экологически чистая городская среда посредством рационального обращения с отходами Clean green city by smart waste management
ИНТЕРРЕГ регион Балтийского моря | INTERREG Baltic Sea Region programme 2014-2020	
AREA21 AREA21 + action	Районы умных городов региона Балтийского моря в 21 веке в действии Baltic Smart City Areas for the 21st Century in action
LUCIA	Освещение региона Балтийского моря – города ускоряют внедрение устойчивых и интеллектуальных решений городского освещения | Lighting the Baltic Sea Region
CAMS Platform	Синергия адаптации к изменению климата и смягчения его последствий в проектах по энергоэффективности Climate Adaptation and Mitigation Synergies in Energy Efficiency Projects
BSR Water Project Platform	Сотрудничество проектов для устойчивого управления водными ресурсами Platform on integrated water co-operation
BIS project	Балтийский промышленный симбиоз | Baltic Industrial Symbiosis
EcoDesign Circle EcoDesign Circle 4.0	Экодизайн и циклическая экономика 4.0 Circular Design as a driver of innovation in the Baltic Sea Region
Программа приграничного сотрудничества «Россия – Эстония» Estonia-Russia Cross Border Cooperation Programme 2014-2020	
NarvaWatMan	Управление водными ресурсами реки Нарва: гармонизация и устойчивое развитие Water Management of the Narva River: harmonization and sustention
Via Hanseatica Plus	Расширение и усиление туристической сети маркетинга Ганзейского пути Extending, strengthening the network and smart marketing of Via Hanseatica

Федеральный закон № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», п. 2 ст. 3: «Направления государственной политики в области обращения с отходами являются приоритетными в следующей последовательности: максимальное использование исходных сырья и материалов; предотвращение образования отходов; сокращение образования отходов и снижение класса опасности отходов в источниках их образования; обработка отходов; утилизация отходов; обезвреживание отходов».

Проектирование вещей с длительным жизненным циклом без отходов и загрязнений [16].

Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации «Об актуальных вопросах исполнения «расширенной» ответственности производителей, импортеров товаров»: РОП направлена на контроль упаковки и повышение процента ее переработки, несмотря на то, что «под утилизацией отходов понимается использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация)» [17].

Федеральный закон № 89-ФЗ, п. 2 ст. 3: «Направления государственной политики в области обращения с отходами являются приоритетными в следующей последовательности: максимальное использование исходных сырья и материалов; предотвращение образования отходов; сокращение образования отходов и снижение класса опасности отходов в источниках их образования; обработка отходов; утилизация отходов; обезвреживание отходов» [18].

Федеральный закон от 2 июля 2021 года № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» [19].

Закон Санкт-Петербурга «О Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2035 года»: «Переход к циклической экономике (экономике замкнутого цикла) будет способствовать достижению генеральной цели Стратегии 2035 – обеспечение стабильного улучшения качества жизни горожан и устойчивого развития города».

Концепция развития территориальной системы наблюдений за состоянием окружающей среды на территории Санкт-Петербурга до 2030 года.

Экологическая политика Санкт-Петербурга на период до 2030 года.

Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 17.06.2014 № 487 (ред. от 26.03.2021) "О государственной программе Санкт-Петербурга "Благоустройство и охрана окружающей среды в Санкт-Петербурге".

Заключение

Международные проекты программ приграничного сотрудничества способствуют обмену опытом и усилению внимания всех заинтересованных сторон (англ. – stakeholders) к реализации экономики замкнутого цикла, достижению целей устойчивого развития и безуглеродной энергетики. Международные и всероссийские форумы являются площадкой для общения и обмена опытом всех заинтересованных сторон: государственной власти, бизнеса, университетов [20]. Деятельностью в этом направлении активно профильные комитеты, центры и ассоциации. Подробно рассмотрена законодательная база России и Санкт-Петербурга.

Литература

- 1 Шелягина Л. Как Россия переходит к циклической экономике. Цифры. Факты. Мнения // Экология и Право. 2021. № 83.
- 2 Кальченко О.А., Тихомиров А.Ф., Евсеева С.А. Инновационные проекты, ориентированные на устойчивое развитие (опыт России и Санкт-Петербурга) // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 4. С. 274–281. doi:10.20914/2310-1202-2017-4-274-281
- 3 Давыдова А. У российских лесов выявлены резервы // газета «Коммерсантъ». 2021. № 28.
- 4 Kalchenko O. et al. Circular economy for the energy transition in Saint Petersburg, Russia // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2019. V. 110. P. 02030.
- 5 Fedotkina O., Gorbashko E., Vatolkina N. Circular economy in Russia: Drivers and barriers for waste management development // Sustainability. 2019. V. 11. №. 20. P. 5837.
- 6 Popkova E.G., Bogoviz A.V. Circular Economy in Developed and Developing Countries: Perspective, Methods and Examples. Emerald Publishing Limited, 2020.
- 7 Pakhomova N.V., Rikhter K.K., Vetrova M.A. Circular economy as challenge to the fourth industrial revolution // Innovations. 2017. №. 7 (225).
- 8 Nikitina B. Waste management and circular economy in the public discourse in Russia // Current Achievements, Challenges and Digital Chances of Knowledge Based Economy. Springer, Cham, 2021. P. 451-461.
- 9 Larchenko L. et al. Opportunities and Challenges of Transitioning to a Circular Economy Model in Russian Regions // International Conference on Efficient Production and Processing. Springer, Cham, 2021. P. 291-297.


- 10 Mukhlynina M. et al. Legal regulation of the circular economy and ecology: current issues // SHS Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. V. 89.
- 11 Kudryavtseva O., Malikova O. Circular economy for sustainable cities' management // International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. 2019. V. 19. №. 5.3. P. 103-108.
- 12 Etzkowitz H., Zhou C. The triple helix: University–industry–government innovation and entrepreneurship. Routledge, 2017.
- 13 Larchenko L., Kuramshina L. Transition to a circular economy model as an alternative option of solving the problem of solid waste utilization // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. V. 161. P. 01108.
- 14 Dorokhina E.Y., Kharchenko S.G. Circular Economy in Russia // Circular Economy: Recent Trends in Global Perspective. Springer, Singapore, 2021. P. 309-327.
- 15 Liubarskaia M.A., Piliavsky V.P., Putinceva N.A. Circular Economy in the Russian Federation: Problems and Potential for the Development // Circular Economy: Recent Trends in Global Perspective. Springer, Singapore, 2021. P. 281-307.
- 16 Gureva M. A. Conservation and rational use of natural resources: methods of circular economy assessment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. V. 828. №. 1. P. 012010.
- 17 Ratner S. et al. Barriers of Consumer Behavior for the Development of the Circular Economy: Empirical Evidence from Russia // Applied Sciences. 2021. V. 11. №. 1. P. 46.
- 18 Бобылев С.Н., Соловьева С.В. циркулярная экономика и ее индикаторы для России // Мир новой экономики. 2020. №. 2.
- 19 Королева Е.Д., Колчина В.В. Циркулярная экономика: отечественный опыт, основные бизнес-модели и проблемы их внедрения в российской федерации // Вестник молодежной науки. 2021. №. 2 (29). С. 1.
- 20 Mascarenhas C., Marques C., Ferreira J.J. One for all and all for one: Collaboration and cooperation in triple helix knowledge cocreation // International Regional Science Review. 2020. V. 43. №. 4. P. 316–343.

References


- 1 Shelyagina L. How Russia is transitioning to circular economy. Numbers. Evidence. Opinions. Ecology and Law. 2021. vol. 83. (in Russian).
- 2 Kalchenko O.A., Tihomirov A.F., Evseeva S.A. Sustainability-oriented innovative projects (experience of Russia and Saint-Petersburg). Proceedings of VSUET. 2017. vol. 79. no. 4. pp. 274–281. doi:10.20914/2310-1202-2017-4-274-281 (in Russian).
- 3 Davydova A. Reserves have been identified in Russian forests. The newspaper "Kommersant". 2021. vol. 28. (in Russian).
- 4 Kalchenko O. et al. Circular economy for the energy transition in Saint Petersburg, Russia. E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2019. vol. 110. pp. 02030.
- 5 Fedotkina O., Gorbashko E., Vatulkina N. Circular economy in Russia: Drivers and barriers for waste management development. Sustainability. 2019. vol. 11. no. 20. pp. 5837.
- 6 Popkova E.G., Bogoviz A.V. Circular Economy in Developed and Developing Countries: Perspective, Methods and Examples. Emerald Publishing Limited, 2020.
- 7 Pakhomova N.V., Rikhter K.K., Vetrova M.A. Circular economy as challenge to the fourth industrial revolution. Innovations. 2017. no. 7 (225).
- 8 Nikitina B. Waste management and circular economy in the public discourse in Russia. Current Achievements, Challenges and Digital Chances of Knowledge Based Economy. Springer, Cham, 2021. pp. 451-461.
- 9 Larchenko L. et al. Opportunities and Challenges of Transitioning to a Circular Economy Model in Russian Regions. International Conference on Efficient Production and Processing. Springer, Cham, 2021. pp. 291-297.
- 10 Mukhlynina M. et al. Legal regulation of the circular economy and ecology: current issues. SHS Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. vol. 89.
- 11 Kudryavtseva O., Malikova O. Circular economy for sustainable cities' management. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. 2019. vol. 19. no. 5.3. pp. 103-108.
- 12 Etzkowitz H., Zhou C. The triple helix: University–industry–government innovation and entrepreneurship. Routledge, 2017.
- 13 Larchenko L., Kuramshina L. Transition to a circular economy model as an alternative option of solving the problem of solid waste utilization. E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. vol. 161. pp. 01108.
- 14 Dorokhina E.Y., Kharchenko S.G. Circular Economy in Russia. Circular Economy: Recent Trends in Global Perspective. Springer, Singapore, 2021. pp. 309-327.
- 15 Liubarskaia M.A., Piliavsky V.P., Putinceva N.A. Circular Economy in the Russian Federation: Problems and Potential for the Development. Circular Economy: Recent Trends in Global Perspective. Springer, Singapore, 2021. pp. 281-307.
- 16 Gureva M.A. Conservation and rational use of natural resources: methods of circular economy assessment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. vol. 828. no. 1. pp. 012010.
- 17 Ratner S. et al. Barriers of Consumer Behavior for the Development of the Circular Economy: Empirical Evidence from Russia. Applied Sciences. 2021. vol. 11. no. 1. pp. 46.
- 18 Bobilev S.N., Solovyeva S.V. Circular economy and its indicators for Russia. The world of new economy. 2020. vol. 14. no. 2. pp. 63–72. (in Russian).
- 19 Koroleva E.D., Kolchina V.V. Circular economy: domestic experience, main business models and problems of their implementation in the Russian Federation. Bulletin of Youth Science. 2021. vol. 29. no. 2. p. 1. (in Russian).
- 20 Mascarenhas C., Marques C., Ferreira J.J. One for all and all for one: Collaboration and cooperation in triple helix knowledge cocreation. International Regional Science Review. 2020. vol. 43. no. 4. pp. 316–343.

Сведения об авторах


Ольга А. Кальченко к.э.н., доцент, Высшая школа производственного менеджмента, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия, o.kaltchenko@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0378-6726>

Юрий Р. Нурулин д.т.н., профессор, Высшая школа киберфизических систем и управления, Институт компьютерных наук и технологий, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия, yury.nurulin@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4606-1477>

Инга В. Скворцова к.э.н., доцент, Высшая школа производственного менеджмента, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия, ingaskvor@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2350-6621>

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


Olga A. Kalchenko Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Graduate School of Industrial Management, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Polytechnicheskaya, 29, St.Petersburg, 195251, Russia, o.kaltchenko@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0378-6726>

Yury R. Nurulin Dr. Sci. (Engin.), professor, Higher School of Cyberphysical Systems & Control, Institute of Computer Science and Technology, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Polytechnicheskaya, 29, St.Petersburg, 195251, Russia, yury.nurulin@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4606-1477>

Inga V. Skvortsova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Graduate School of Industrial Management, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Polytechnicheskaya, 29, St.Petersburg, 195251, Russia Адрес, ingaskvor@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2350-6621>

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 28/12/2021

После редакции 24/01/2022


Принята в печать 25/02/2022

Received 28/12/2021

Accepted in revised 24/01/2022

Accepted 25/02/2022


«Умные» города России: риски и возможности

Юлия С. Афанасьева¹ kalab-yuliya@ya.ru  0000-0002-0678-1990Надежда Е. Попова¹ pne.rabota@ya.ru  0000-0002-0625-9860¹ Филиал ЧОУВО «Московский университет им. С.Ю. Витте» в г. Рязани, пр-т Первомайский, 62, г. Рязань, 390013, Россия

Аннотация. За последние десять лет создание «умных городов» стало приоритетным направлением развития цифровой экономики в мире, в нашей стране создание подобных городов только начинает развиваться как в правовых и нормативных документах, так и в экономических, социальных направлениях. Достижение опорных точек пространственного развития экономики происходит за счет реализации проекта «Умный город». В нашей стране проект «Умный город» направлен на формирование эффективной системы управления городским хозяйством, создание безопасности и комфортных условий для жизни горожан и повышение конкурентоспособности российских городов. Реализация нацпроекта «Жилье и городская среда» и нацпрограммы «Цифровая экономика», реализуется в рамках нацпроекта «Умный город», который разработан Минстроем России и стартовал в 2018 г. Реализация проекта «Умный город» постепенно внедряется в различных субъектах Российской Федерации, используя цифровые технологии в развитии инфраструктуры городов. Внедрение данного проекта предполагает учет экономического потенциала региона, финансовые ресурсы, человеческий капитал (уровень образования и возраст населения), инновационный потенциал, который определяется наличием и качеством соответствующей бизнес инфраструктуры, научно-технической и образовательной базы. При внедрении каждого проекта не исключаются риски: социальные, экономические, политические, технологические, которые необходимо учитывать при реализации проекта «Умный город». В работе рассмотрены проблемы внедрения национального проекта в регионах, а также в ходе анализа выделены риски при создании «умных городов». Рассмотрены основные направления трендов развития «умных городов»: социальные, экономические, технологические. Проведен анализ IQ индекса крупнейших «умных городов» за период 2019-2020 годов. Выявлена динамика прироста «интеллектуального» индекса цифровизации городов России

Ключевые слова: smart cities, «умный» город, цифровизация, трансформация, IQ индексы, информатизация, безопасность, индустрия 4.0, «бережливое» производство, «интеллектуальный» индекс цифровизации городов

Russian's Smart Cities : Risks and Opportunities

Yulia S. Afanaseva¹ kalab-yuliya@ya.ru  0000-0002-0678-1990Nadezhda E. Popova¹ pne.rabota@ya.ru  0000-0002-0625-9860¹ Moscow Witte University branch in Ryazan, Pervomaisky ave., 62, Ryazan, 390013, Russia

Abstract. Over the past ten years, the creation of "smart cities" has become a priority area for the development of the digital economy in the world, in our country this direction is just beginning to develop both in legal and regulatory documents, and in economic, social aspects. The achievement of reference points for the spatial development of the economy is due to the implementation of the Smart City project. In our country, the Smart City project is aimed at creating an effective urban management system, creating security and comfortable living conditions for citizens and increasing the competitiveness of Russian cities. The implementation of the national project "Housing and Urban Environment" and the national program "Digital Economy" is being implemented as part of the national project "Smart City", which was developed by the Ministry of Construction of Russia and started in 2018. The implementation of the "Smart City" project is gradually being implemented in various regions of the Russian Federation using digital technologies in urban infrastructure development. The implementation of this project involves taking into account the economic potential of the region, financial resources, human capital (level of education and age of the population), innovation potential, which is determined by the availability and quality of the relevant business infrastructure, scientific, technical and educational base. When implementing each project, risks are not excluded: social, economic, political, technological, which must be taken into account when implementing the Smart City project. The work considered the problems of introducing a national project in the regions, as well as during the analysis highlighted the risks in creating "smart cities." The main directions of trends in the development of "smart cities" are considered: social, economic, technological. The IQ index of the largest "smart cities" for the period 2019-2020 was analyzed. Dynamics of growth of "intellectual" index of digitalization of Russian cities revealed.

Keywords: smart cities, smart city, digitalization, transformation, IQ-indexes, informatization, security, industry 4.0, lean production, "smart" index of digitalization of cities

Введение

Национальные проекты федерального масштаба, принятые в России в 2018 г. поставили ряд новых задач перед государственными и муниципальными службами, что определило трансформацию связи между государством (муниципальными органами) – бизнесом – гражданами.

7 мая 2018 года Президент России В.В. Путин подписал указ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», устанавливающий и утверждающий национальные проекты России. Основные три направления национального проекта: «Человеческий капитал», «Комфортная среда для жизни» и «Экономический рост» [1].

Для цитирования

Афанасьева Ю.С., Попова Н.Е. «Умные» города России: риски и возможности // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 282–287. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-282-287

For citation

Afanaseva Yu.S., Popova N.E. Russian's Smart Cities : Risks and Opportunities. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 282–287. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-282-287

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

Российской Федерации, а также к вопросам местного значения муниципальных образований, расположенных на территории указанного субъекта Российской Федерации.

В связи с новыми задачами государства в 2019 г. был создан «Национальный проект: целевые и основные результаты», на основе паспортов национальных проектов утвержденных президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 г. [2].

Обсуждение

В нашей стране проект «Умный город» направлен на формирование эффективной

системы управления городским хозяйством, создание безопасности и комфортных условий для жизни горожан и повышение конкурентоспособности российских городов. Реализация нацпроекта «Жилье и городская среда» и нацпрограммы «Цифровая экономика», реализуется в рамках нацпроекта «Умный город», который разработан Минстроем России и стартовал в 2018 г. [5, 7].

Основными направлениями трендов развития «Умных» городов можно выделить следующие: социальные, экономические, технологические. Рассмотрим более подробно каждое направление (таблица 1).

Таблица 1.

Тренды «Умных» городов Российской Федерации [4, 9–11]

Table 1.

Trends of Smart Cities of the Russian Federation [4, 9–11]

Тренд | Trend	Описание | Description
Социальные тренды | Social trends	
Доступ к современным технологиям Access to modern technologies	ключевое качество делового современного человека key quality of a business modern person
Коллективное потребление информации | Collective consumption of information	сложность в обработке информации индивидуумом, поэтому для решения этой проблемы люди кооперируются в сообщества для решения конкретной задачи | difficulty in processing information by an individual, so to solve this problem, people cooperate in communities to solve a specific problem
Компетенции эксперта Expert Competencies	рост требований | increasing requirements
Краудсорсинговые и посткраудсорсинговые технологии | Crowdsourcing and post-sourcing technologies	Приводит к повышению социальной ответственности Leads to increased social responsibility
Развитие экономики знаний Development of the knowledge economy	повышение значимости защиты прав интеллектуальной собственности increasing the importance of intellectual property rights protection
Цифровое неравенство и его опасность Digital inequality and its dangers	лишение населения возможности получать доступ к информации о деятельности публичных органов, получать дистанционный доступ к публичным услугам, выражать свое мнение по тем или иным вопросам при помощи ИКТ. | depriving the population of access to information on activities public authorities, to obtain remote access to public services, to express their opinion on certain issues when ICT assistance.
Экономические тренды | Economic trends	
Цифровая экономика Digital economy	деятельность по созданию, распространению и использованию цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг Development, dissemination and use of digital technologies and related products and services
«Бережливое производство». ИСО 9001 "Lean production." ISO 9001	концепция управления производственным предприятием, которая основана на постоянном стремлении предприятия к устранению всех видов потерь. the concept of enterprise management, which is based on the constant desire of the enterprise to eliminate all types of losses.
Тайм-менеджмент time-management	рост стоимости личного времени | increasing cost of personal time
Индустрия 4.0 Industry 4.0	синоним умного производства – представляет собой реализацию цифровой трансформации отрасли, открывающей возможности принятия решений в режиме реального времени, а также повышающей производительность, гибкость и динамичность. | synonymous with smart manufacturing – represents the implementation of a digital transformation of the industry, which opens up real-time decision-making opportunities, as well as increases productivity, flexibility and dynamism.
Технологические тренды | Technological trends	
Инженерно-технические разработки Engineering and Engineering	Робототехника; Технологии очистки воды; Технологии раздельного сбора и переработки мусора; Технологии управления вредными выбросами | Robotics; Water treatment technologies; Technologies for separate collection and recycling of garbage; Harmful Emission Management Technologies
Информационно-коммуникационные технологии information and communication technologies	Умные сети; Геоинформационные системы на основе спутниковых наблюдений; Информационное моделирование зданий и сооружений; Квантовые вычисления; Киберфизические системы; Технологии сбора и работы с Большими данными Smart Networks; Geoinformation systems based on satellite observations; Information modeling of buildings and structures; Quantum computing; Cyber Physical Systems; Big Data Technologies

«Умный город» – это инновационный город, который внедряет комплекс технических решений и организационных мероприятий, направленных на достижение максимально возможного в настоящее время качества управления ресурсами и предоставления услуг, в целях создания устойчивых благоприятных условий проживания и пребывания, деловой активности нынешнего и будущих поколений [3, 15]. Но при реализации проекта, направленного на развитие российских городов, были выделены следующие вызовы, а именно в нашей стране новые города практически не появляются (менее 2%), а развитие остальных происходит за счет крупных городов (некогда промышленных центров) и агломерации, различная скорость модернизации жизни населения, неравномерность концентрации городского населения страны (21% населения проживает в 14 городах-миллионниках).

В нашей стране применяется два подхода для развития «умных» городов:

- Создание умных городов (запрос поступает от бизнес-сообществ, устойчивое развитие территорий в соответствии с принципами нового урбанизма);

- Умная трансформация городов (запрос поступает от городских сообществ и горожан, происходит выстраивание устойчивой и солидарной системы развития города с вовлечением в данный процесс всех заинтересованных групп и акторов).

Процесс внедрения или создания нового не обходится без сопротивлений в разных направлениях нашего общества. Рассмотрим основные из них (рисунок 1).

При внедрении есть вероятность возникновения риска. Процесс внедрения или разработки «умного» города сопровождается рисками, которые рассмотрены на рисунке 2.

На сегодняшний день Минстроем РФ совместно с МГУ им. Ломоносова был разработан индекс – «интеллектуальный» индекс цифровизации городов России (IQ городов), который рассчитывается на основании 47 показателей по 10 направлениям основных сфер общества, все города разделяют на 4 группы [16, 20]. Так же важным считается не сам индекс, а его изменение из года в год. Рассмотрим IQ-индексы группы крупнейших городов (от млн. население) в период за 2019 и 2020 года (таблица 2, рисунок 3).

Социальные Social	Экономические Economic	Политические Political	Организационные Organizational
<ul style="list-style-type: none"> • слабая осведомленность населения, что ведет к замешательству и появления вопросов такого рода: зачем они нужны? / weak awareness of the population, which leads to confusion and the emergence of questions of this kind: why are they needed? • низкий социальный уровень населения городов / low social level of urban population 	<ul style="list-style-type: none"> • ограниченность бюджетов органов власти / limited budgets of the authorities • нехватка бизнес-моделей / lack of business models • низкая экономическая мотивация потребителей к использованию технологий / low economic motivation of consumers to use technology • высокие затраты на содержание и обновление / High maintenance and upgrade costs 	<ul style="list-style-type: none"> • политические условия не способствуют долгосрочному планированию / policy environment does not facilitate long-term planning • политическая ситуация ограничивает использование мирового опыта / the political situation limits the use of world experience • привязанность управленческих планов к политическим циклам / attachment of management plans to political cycles 	<ul style="list-style-type: none"> • дефицит на местах управленческих навыков и квалифицированных кадров / Lack of management skills and skills in the field • муниципальные унитарные предприятия практически не имеют стимулов к внедрению "умных" городов / municipal unitary enterprises have little incentive to introduce smart cities

Рисунок 1. Барьеры для «умной» трансформации городов России [8, 13, 14, 18]

Figure 1. Barriers to smart transformation of Russian cities [8, 13, 14, 18]

Социальные Social	Экономические Economic	Политические Political	Технологические Technological
<ul style="list-style-type: none"> •информационный элитаризм / information elitism •проблема деликтанства при управлении умным городом / the problem of delictanism in managing a smart city •цифровое неравенство / digital inequality •риск дискриминации и исключения отдельных категорий граждан из процесса потребления общественных благ при использовании умных технологий / risk of discrimination and exclusion of certain categories of citizens from the process of consuming public goods using smart technologies 	<ul style="list-style-type: none"> •перемещение теневой экономики в интернет / Moving Shadow Economy to the Internet •криптовалюта делает товарно-денежный обмен анонимным / cryptocurrency makes commodity-money exchange anonymous 	<ul style="list-style-type: none"> •риск развития виртуальных преступлений / risk of developing virtual crimes •использование персональных данных в преступных целях / use of personal data for criminal purposes •провалы в защите авторских прав / failures in copyright protection 	<ul style="list-style-type: none"> •E-wast •"Информационный мусор" / "Information garbage" •"Интернет-уязвимость" / "Internet Vulnerability" •"Дыра в тостере" / "Toaster Hole"

Рисунок 2. Риски умной трансформации городов [6, 12, 19, 17]

Figure 2. Risks of smart transformation of cities [6, 12, 19, 17]

Таблица 2.
IQ индексы группы крупнейших городов
(от млн. население) в период за 2019 и
2020 года (прирост в %)

Table 2.
IQ-indices of the group of largest cities
(from million population) in the period for 2019
and 2020 (increase in %)

Крупнейшие города Largest cities	Индекс 2019 Index 2019	Индекс 2020 Index 2020	Прирост (%) Gain (%)
Москва | Moscow	89,95	103,25	14,79
Казань | Kazan	53,91	60,93	13,02
Екатеринбург Yekaterinburg	55,05	56,55	2,72

Из таблицы 2 видно, что крупнейшие города нашей страны не останавливаются на достигнутом и стремятся к развитию своих город в умном направлении, прирост IQ-индекса в 2020 году по сравнению с 2019 годом у таких городов как Москва и Казань существенный 14,79 и 13,02 соответственно. В Екатеринбурге не столь существенный прирост около 3%, но этот процент, показывает, что город трансформируется в умном направлении. Также лидирующие позиции среди крупнейших городов России заняли Воронеж (63,38), Уфа (55,99), Санкт-Петербург (55,81).

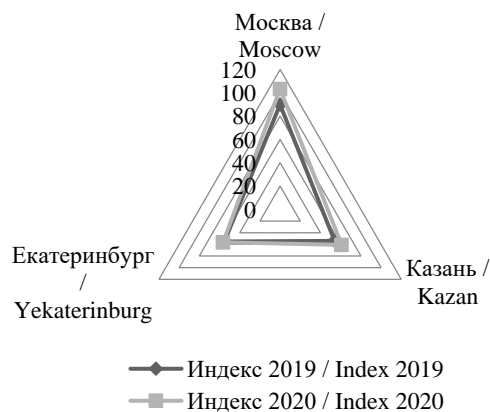


Рисунок 3. IQ-индексы группы крупнейших городов
(от млн. население) в период за 2019 и 2020 года

Figure 3. IQ-indices of the group of largest cities
(from million population) in the period for 2019 and 2020

Заключение

Реализация проекта «Умный город» постепенно внедряются в различных субъектах Российской Федерации, используя цифровые технологии в развитии инфраструктуры городов. Внедрение данного проекта предполагает учет экономического потенциала региона, финансовые ресурсы, человеческий капитал (уровень образования и возраст населения), инновационный

потенциал, который определяется наличием и качеством соответствующей бизнес инфраструктуры, научно-технической и образовательной базы. При внедрении каждого проекта

не исключаются риски: социальные, экономические, политические, технологические, которые необходимо учитывать при реализации проекта «Умный город».

Литература


- 1 О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: указ Президента РФ от 7 мая 2018г № 204.
- 2 "Об организации проектной деятельности в Правительстве Российской Федерации" (вместе с "Положением об организации проектной деятельности в Правительстве Российской Федерации"): постановление Правительства РФ от 31.10.2018 № 1288 (ред. от 30.07.2019).
- 3 Афанасьева, Ю.С. Национальный проект "Умный город": опыт и перспективы // Вестник Института мировых цивилизаций. 2019. Т. 10. № 4(25). С. 29–34.
- 4 Баранов Д.Н. Сущность и содержание категории "цифровая экономика" // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2018. № 2(25). С. 15–23.
- 5 Черненко И.М., Кельчевская Н.Р., Пелымская И.С., Алмусаеди Х.К.А. Возможности и угрозы цифровизации для развития человеческого капитала на индивидуальном и региональном уровнях // Экономика региона. 2021. Т. 17. № 4. С. 1239–1255. doi: 10.17059/ekon.reg.2021-4-14
- 6 Петров М., Буров В., Шклярчук М., Шаров А. Государство как платформа. (Кибер) Государство для цифровой экономики. Цифровая трансформация. М., 2018. 38 С.
- 7 Козлова Ю.В., Савченко И.А. Smart lean city – социальные возможности молодежи // Цифровизация общества и медиаобразовательная стратегия регионов России: сборник по материалам Всероссийской научной конференции, Елец, 22 октября 2021 года. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2021. С. 37–41.
- 8 Кострова Ю.Б., Ларкина И.В., Минат В.Н. Информатизация государственного и муниципального управления: проблемы бюджетного финансирования и контроля // Информатизация населения как фактор повышения качества жизни: материалы Международной научно-практической конференции. Рязань: ООО "НП-Принт", 2013. С. 93–99.
- 9 Кострова Ю.Б. Особенности использования информационно-коммуникационных технологий в государственном управлении // Научные труды Московского университета имени С.Ю. Витте. Москва: МУ им. С.Ю. Витте, 2020. С. 41–52.
- 10 Попова Н.Е. Актуальные проблемы внедрения концепции бережливого производства на российских предприятиях // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2021: Сборник трудов IV Международного научно-технического форума. Рязань: РГТУ имени В.Ф. Уткина, 2021. С. 123–127.
- 11 Филюхина А.В., Кострова Ю.Б. Проблемы внедрения бережливого производства в России // Новые технологии в учебном процессе и производства: материалы XVI межвузовской научно-технической конференции, Рязань, 17–19 апреля 2018 года. Рязань: ИП Жуков Виталий Юрьевич, 2018. С. 369–370.
- 12 Шибаршина О.Ю. К вопросу о развитии цифровой экономики в современном обществе // Современные тенденции управления и экономики в России и мире: цивилизационный аспект: материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Москва: Издательский дом «ИМЦ», 2021. С. 232–235.
- 13 Komninos N. What makes cities intelligent // Smart Cities: Governing, modelling and analysing the transition. 2013. V. 77.
- 14 Dvinsky M.B., Drobyshev I.A., Nepomnyaschaya N.V., Pavluchenko T.V. Smart City. "Smart" Infrastructure, Networks and Communications // Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences. 2017. V. 10. № 12. P. 1869–1875. doi: 10.17516/1997-1370-0187
- 15 Skobeltsina K., Beshenkov S., Kuznetsov A. Education Systems Management in Critical Situations: Potential Risks of Digitalization // XIV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2021". Springer, Cham, 2022. P. 739-749. doi: 10.1007/978-3-030-80946-1_67
- 16 Dubrovskaya J.V., Kozonogova E.V. The impact of digitalization on the demand for labor in the context of working specialties: Spatial analysis // St Petersburg University Journal of Economic Studies. 2021. V. 37. № 3. P. 395–412. doi: 10.21638/spbu05.2021.302
- 17 Antonov, N.V., Ivanova O.A. Professional development of teachers in the context of digitalization of education: from conceptual ideas to practice // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2021. № 4. P. 5–15. doi: 10.36906/2311-4444/21-4/01.
- 18 Kalayda S.A. Model of creating an economic ecosystem in the framework of economic convergence under the influence of digitalization // Journal of Applied Informatics. 2021. V. 16. № 6(96). P. 28–42. doi: 10.37791/2687-0649-2021-16-6-28-42
- 19 Национальный проект: ключевые цели и ожидаемые результаты. URL: <http://government.ru/news>
- 20 Проект цифровизации городского хозяйства «Умный город». URL: <http://www.minstroyrf.ru>


References

- 1 On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024: Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2018 no. 204. (in Russian).
- 2 "On the organization of project activities in the Government of the Russian Federation" (together with the "Regulations on the organization of project activities in the Government of the Russian Federation"): Decree of the Government of the Russian Federation dated October 31, 2018 no. 1288 (as amended on July 30, 2019). (in Russian).
- 3 Afanasiev Yu.S. National project "Smart City": experience and prospects. Bulletin of the Institute of World Civilizations. 2019. vol. 10. no. 4(25). pp. 29–34. (in Russian).
- 4 Baranov D.N. The essence and content of the category "digital economy". Bulletin of the Moscow University. S.Yu. Witte. Series 1: Economics and Management. 2018. no. 2(25). pp. 15–23. (in Russian).
- 5 Chernenko I.M., Kelchevskaya N.R., Pelymskaya I.S., Almusaedi H.K.A. Opportunities and threats of digitalization for the development of human capital at the individual and regional levels. Economics of the region. 2021. vol. 17. no. 4. pp. 1239–1255. doi: 10.17059/ekon.reg.2021-4-14 (in Russian).

- 6 Petrov M., Burov V., Shklyaruk M., Sharov A. State as a platform. (Cyber) State for the digital economy. Digital transformation. Moscow, 2018. 38 p. (in Russian).
- 7 Kozlova Yu.V., Savchenko I.A. Smart lean city - social opportunities for youth. Digitalization of society and media education strategy of Russian regions: collection based on the materials of the All-Russian Scientific Conference, Yelets, October 22, 2021. Yelets, Yelets State University. I.A. Bunina, 2021. pp. 37–41. (in Russian).
- 8 Kostrova Yu.B., Larkina I.V., Minat V.N. Informatization of state and municipal management: problems of budget financing and control. Informatization of the population as a factor in improving the quality of life: materials of the International Scientific and Practical Conference. Ryazan, NP-Print LLC, 2013. pp. 93–99. (in Russian).
- 9 Kostrova Yu.B. Features of the use of information and communication technologies in public administration. Scientific works of the Moscow University named after S. Yu. Witte. Moscow, MU im. S. Yu. Witte, 2020. pp. 41–52. (in Russian).
- 10 Popova N.E. Actual problems of implementing the concept of lean production at Russian enterprises. Modern technologies in science and education - STNO 2021: Proceedings of the IV International Scientific and Technical Forum. Ryazan: Russian State Technical University named after V.F. Utkina, 2021. pp. 123–127. (in Russian).
- 11 Filyukhina A.V., Kostrova Yu.B. Problems of implementing lean production in Russia. New technologies in the educational process and production: materials of the XVI Interuniversity Scientific and Technical Conference, Ryazan, April 17–19, 2018. Ryazan, IP Zhukov Vitaly Yurievich, 2018. pp. 369–370. (in Russian).
- 12 Shibarshina O.Yu. On the issue of the development of the digital economy in modern society. Modern trends in management and economics in Russia and the world: a civilizational aspect: materials of the II All-Russian scientific and practical conference with international participation. Moscow, IMTs Publishing House, 2021. pp. 232–235. (in Russian).
- 13 Komninos N. What makes cities intelligent. Smart Cities: Governing, modelling and analysing the transition. 2013. vol. 77.
- 14 Dvinsky M.B., Drobyshev I.A., Nepomnyaschaya N.V., Pavluchenko T.V. Smart City. "Smart" Infrastructure, Networks and Communications. Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences. 2017. vol. 10. no. 12. pp. 1869–1875. doi: 10.17516/1997–1370–0187
- 15 Skobeltsina K., Beshenkov S., Kuznetsov A. Education Systems Management in Critical Situations: Potential Risks of Digitalization. XIV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2021". Springer, Cham, 2022. pp. 739-749. doi: 10.1007/978-3-030-80946-1_67
- 16 Dubrovskaya J.V., Kozonogova E.V. The impact of digitalization on the demand for labor in the context of working specialties: Spatial analysis. St Petersburg University Journal of Economic Studies. 2021. vol. 37. no. 3. pp. 395–412. doi: 10.21638/spbu05.2021.302
- 17 Antonov, N.V., Ivanova O.A. Professional development of teachers in the context of digitalization of education: from conceptual ideas to practice. Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2021. no. 4. pp. 5–15. doi: 10.36906/2311–4444/21–4/01.
- 18 Kalayda S.A. Model of creating an economic ecosystem in the framework of economic convergence under the influence of digitalization. Journal of Applied Informatics. 2021. vol. 16. no. 6(96). pp. 28–42. doi: 10.37791/2687–0649–2021–16–6–28–42
- 19 National Project: Key Goals and Expected Results. Available at: <http://government.ru/news> (in Russian).
- 20 Urban Digitalization Project "Smart City". Available at: <http://www.minstroyrf.ru> (in Russian).

Сведения об авторах

Юлия С. Афанасьева к.ф.н., доцент, кафедра бизнеса и управления, Филиал ЧОУВО «Московский университет им. С.Ю. Витте» в г. Рязани, пр-т Первомайский, 62, г. Рязань, 390013, Россия, kalab-yuliya@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0678-1990>

Надежда Е. Попова старший преподаватель, кафедра бизнеса и управления, Филиал ЧОУВО «Московский университет им. С.Ю. Витте» в г. Рязани, пр-т Первомайский, 62, г. Рязань, 390013, Россия, pne.rabota@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0625-9860>


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 S. Afanaseva Cand. Sci. (Phil.), business and management department, Moscow Witte University branch in Ryazan, Pervomaisky ave., 62, Ryazan, 390013, Russia, kalab-yuliya@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0678-1990>

Nadezhda E. Popova senior lecturer, business and management department, Moscow Witte University branch in Ryazan, Pervomaisky ave., 62, Ryazan, 390013, Russia, pne.rabota@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0625-9860>

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 10/01/2022	После редакции 02/02/2022	Принята в печать 24/02/2022
Received 10/01/2022	Accepted in revised 02/02/2022	Accepted 24/02/2022

Использование объектно-ориентированного моделирования при решении вопросов оптимального управления предприятием




Марина Л. Лапшина ¹	marina_lapshina@mail.ru	 0000-0002-5057-1069
Оксана О. Лукина ²	oks.lukina@gmail.com	 0000-0003-2658-1512
Дмитрий Д. Лапшин ³	lapshin_vrn@mail.ru	 0000-0001-5412-3434

1 Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия
 2 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
 3 Воронежский филиал Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова: Ленинский пр-т, 174л, г. Воронеж, 394033, Россия

Аннотация. Современные научные исследования в экономике невозможно представить без применения экономико-математических моделей и их последующего анализа. Зарубежная экономическая литература содержит существенную долю статей как теоретического, так и прикладного характера, доминантой, которых математические модели, используемые для обоснования выдвинутых предположений и наиболее точного расчета экономической эффективности. Целый ряд ученых-экономистов весьма убедительно подтверждают, что признание любого теоретического исследования экономического характера определяется мерой математической формализации проблемы, адекватности используемого математического аппарата и эффективности конечных результатов, полученных в результате проведенного исследования. В этой связи в статье рассматривается актуальная задача разработки математической модели оптимального управления предприятием. Авторами предложен подход к выбору наиболее подходящего моделирования с учетом ограничений, накладываемых на пограничные состояния системы, описывающей экономическую составляющую функционирования предприятия. Приведено и обосновано использование классических математических подходов с их последующей адаптацией к современным условиям.

Ключевые слова: математическая модель, оптимизация, оптимальное управление, пограничные условия, структура, контроллер, промышленный процесс

Use of object-oriented simulation in solving issues of optimal enterprise management

Marina L. Lapshina ¹	marina_lapshina@mail.ru	 0000-0002-5057-1069
Oksana O. Lukina ²	oks.lukina@gmail.com	 0000-0003-2658-1512
Dmitry D. Lapshin ³	lapshin_vrn@mail.ru	 0000-0001-5412-3434

1 Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozova, st. Timiryazev, 8, Voronezh, 394087, Russia
 2 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
 3 Voronezh Branch of the State University of Maritime and River Fleet named after V.I. Admiral S.O. Makarov: Leninsky Prospect, 174L, Voronezh, 394033, Russia

Abstract. Modern scientific research in economics cannot be imagined without the use of economic and mathematical models and their subsequent analysis. Foreign economic literature contains a significant proportion of articles of both theoretical and applied nature, dominated by mathematical models used to substantiate the assumptions made and the most accurate calculation of economic efficiency. A number of economists very convincingly confirm that the recognition of any theoretical study of an economic nature is determined by the measure of the mathematical formalization of the problem, the adequacy of the mathematical apparatus used and the effectiveness of the final results obtained as a result of the study. In this regard, the article discusses the urgent problem of developing a mathematical model of optimal enterprise management. The authors propose an approach to the selection of the most appropriate modeling, taking into account the restrictions imposed on the boundary states of the system that describes the economic component of the enterprise. The use of classical mathematical approaches with their subsequent adaptation to modern conditions is given and substantiated.

Keywords: mathematical model, optimization, optimal control, boundary conditions, structure, controller, industrial process

Введение

Исследования, проводимые в области экономики, все чаще требуют использования экономико-математических моделей и возможности их дальнейшей адаптации к решению практических задач экономического толка.

Для цитирования

Лапшина М.Л., Лукина О.О., Лапшин Д.Д. Использование объектно-ориентированного моделирования при решении вопросов оптимального управления предприятием // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 288–294. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-288-294

Нам необходимо построить экономико-математическую модель задачи оптимизации, с учетом выполнения определенных требований, продиктованных промышленным процессом:

1. Математическая модель промышленного процесса должна существовать, помимо, должны существовать переменные процесса,

For citation

Lapshina M.L., Lukina O.O., Lapshin D.D. Use of object-oriented simulation in solving issues of optimal enterprise management. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 288–294. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-288-294

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

которые должны быть адекватными в вычислительном плане и с которыми легко работать и которые легко управляемые. Нужно заметить, что используемые материалы, оборудование, человеческий ресурс – все это объединяется и учитывается моделью.

2. Требуется наличие и экономической модели промышленного процесса, учитывающей прибыль от реализации продукции, предоставления сопровождающих услуг и т. д.

3. Методы оптимизации содержат независимые процесса, необходимые для отыскания значения функции цели, определенной экономико-математической моделью.

Как правило, математическую формулировку оптимизационной задачи, записываем с использованием следующих составляющих $S(a), a \in A_{adm}$, где A_{adm} соответствует множеству подходящих параметров или функции a , т. е. подходящую область. Заметим, что цена, как и структура ограничений, соответствующих A_{adm} , существенно отличаются. Также, используемая структура является ключевой составляющей при решении вопроса о применении модели в определенной сфере [1, 2].

Проектировщик должен уточнить категорию, к которой относится сформулированная задача, а также определить какой метод или алгоритм решения наиболее оптимален при решении.

Материалы и методы

Воспользуемся одним из подходов к моделированию систем, который наиболее полно отразит максимально удобный отбор переменных, параметрических значений, а также непосредственно организации самой математической модели, направленной на упрощение модели в целом. Отметим, что на практике, вообще говоря, пользуются возможностью свободы моделирования. Если воспользоваться полученной свободой в разумных пределах, то существенно облегчится решение уравнения оптимизации:

$$s(\zeta, t) = \min_{u \in U} \{S(a) \mid x' = f(x, a, t), x(\tau) = \xi\} \quad (1)$$

Заметим, что модель такого вида подразумевает в некотором виде оптимизационный метод или схему контроллера обратной связи по состоянию, с учетом того, что линейная модель даст некое динамическое уравнение с наложением простых ограничений. Безусловно, здесь необходимо учитывать накопленные знания самого разработчика, которые, могут существенно упростить процесс. Но, не надо стремиться к решению различных проблем единственным способом, т. к. мы априори

должны иметь представление об окончательном виде решения сформулированной задачи. Следовательно, мы уже с самого начала, должны понимать, построенная нами математическая модель должна обеспечивать управление, которое будет гарантированным. К примеру, в результате проведенного исследования, нам становится понятно, что нами будет использована числовая модель, тогда, ее необходимо записать посредством использования выборочных интервалов, а это можно получить, воспользовавшись соответствующими параметрами или, воспользовавшись моделью с дискретным временным интервалом.

Зачастую, приложив некоторое усилие, можно построить закон оптимального управления, его использование носит только приближительный характер.

Становится понятным, что цель решения многих задач заключается в построении такой системы, которая работает без сбоев, а также эта система должна обладать более высокой производительностью, по сравнению с используемой ранее [3–5]. Такой подход приводит к рассмотрению идеальной задачи по управлению сложной системой. В связи с этим, при описании управленческой задачи, как оптимизационной задачи, целевую функцию надо записать в виде стоимостной функции, для которой необходимо отыскать экстремум (он может быть максимумом или минимумом). Зачастую, такой формализованный подход приводит к следующему соотношению

$$S(a) = \int_{t_0}^{t_f} g_0(y(s), a(s), s) ds = \int_{t_0}^{t_f} f_0(x(s), a(s), s) ds$$

$$\text{или } S(a) = \psi(a(t_f)) = \Phi(x(t_f)) \quad (2)$$

Будем понимать, что $a(s)$ соответствует управляемому выходу. Воспользовавшись соотношением вида $y = q(x, a, t), t \in I = [t_0, t_f]$ приходим к формуле, которую определяет состояние системы [4]. Целесообразно отметить, что оба подхода для функции стоимости полностью равнозначны. Действительно, это так, так как суммирование состояния x и $x' = (x^T, x_{n+1})^T$, с учетом подстановки $\Phi = x_{n+1}$ будем иметь полную равнозначность. Заметим, что, сочетание подобных видов функции стоимости

$$\Phi(x(t_f)) + S(a) = \int_{t_0}^{t_f} f_0(x(s), a(s), s) ds \quad \text{можно}$$

использовать в случаях, когда точность реализации условий в точке $k(x(t_f), t_f) = 0$ или

$x(t_f) = x_f$ не существенна. Существуют моменты, когда решение задач с отсутствием определенных граничных точек может быть существенно проще с учетом хорошего математического аппарата. Объединяя наши исследования, мы пришли к построению модели оптимального управления с непрерывным временным интервалом и со стандартным набором параметров, где оценка

$$J(u) = \Phi(x(t_f)) + \int_{t_0}^{t_f} f_0(x(s), u(s), s) ds = \min_u$$

относится к $u \in U_{adm}$, где U_{adm} определено:

динамической системой: $x' = f(x, u, t)$;

граничными условиями: $x(t_0) = x_0$; $k(x(t_f), t_f) = 0$;

условиями ограничения контроля: $h(u) \leq 0$ и

$h(u, x, t) \leq 0$ ограничения состояния: $g(x, t) \leq 0$

или $G(x, t) = 0$ при разрешении проблемы вида

$$x' = f(x, u, t), t \in I = [t_0, t_f],$$

$$x(t_0) = x_0, k(x(t_f), t_f) = 0, x(t_f) = x_f,$$

$$x(t_0) = x(t_f) = a, h(u) \leq 0 \text{ и } h(u, x, t) \leq 0,$$

$$g(x, t) \leq 0, G(x, t) = 0$$

с оценкой

$$J(u) = \Phi(x(t_f)) + \int_{t_0}^{t_f} f_0(x(s), u(s), s) ds$$

Для дальнейшего решения можем воспользоваться тремя способами: принципом максимума Л.С. Понтрягина, принципами динамического программирования Р. Беллмана, принципами параметризации управления. Все эти подходы существенным образом облегчают исходную задачу отыскания оптимизируемых функций до более простой, т. е. до задачи с крайними значениями области большой размерности, в основе которой положен принцип максимума или задачи параметрической оптимизации, здесь, в основе лежат принципы динамического программирования и параметризации [6–9].

Здесь, требуется отметить, что правильное применение первых двух подходов даст возможность нахождения абсолютного минимума, а также, значимым является то, процедура оптимизации что, параметризация должна быть неукоснительно реализована для нахождения подходящего приближения истинного математического решения, а также для нахождения возможного математического оптимального значения для конкретного типа задач [10]. Это можно получить, воспользовавшись параметрическими значениями, которые были найдены

с использованием принципа максимизации результатов оптимального управления.

Принцип максимизации параметров является обобщением требуемых условий оптимальности вариационного исчисления, используемого для отыскания решения задач в непрерывном временном интервале. Подобный подход помогает отыскать требуемые условия, весьма существенные для большого сегмента задач, помогающих сформулировать характеристики и отыскать претендентов в оптимальные характеристики управления параметрами всей системы.

Принципы динамического программирования были определены для многоэтапного подхода решения оптимизационных задач. Что и определяет его использование при решении задач с дискретным временным интервалом, но иногда такой подход можно рассматривать как один из способов решения задач по отысканию оптимума параметров. При исследовании всех предпосылок к решению, итогом использования такого принципа является отыскание абсолютного экстремума [11–13].

При решении типичных управленческих проблем на перспективу, как правило, пользуются формулировками, требованиями и оценками, обусловленными неопределенностью требований и лингвистических понятий, что существенным образом усложняет процедуру построения оптимальных моделей, в основе которых лежат количественные данные, которые могут быть заданы только количественными и оценочными значениями вводимых параметров.

Все это может привести к тому, что математическая модель, соответствующая начальной постановке задачи примет достаточно грубую форму. Возникает предпосылка для построения вероятностной модели, которые тоже содержат ряд узких мест из-за того, что отсутствуют требуемые объемы статистических данных, невозможностью смоделировать прогностическое поведение системы на основе предшествующей информации, а также возникающих дополнительных сложностей при реализации проблем стохастического характера.

На настоящем этапе, в условиях нестабильности экономического рынка все чаще экономико-математические модели строятся с использованием элементов нечеткой логики. Практическая реализация подобных математических подходов подтвердила, что подобная реализация задач многокритериальной оптимизации наиболее полно отражает существо реальной проблемы и помогает, в результате, построить наиболее квалифицированное решение.

Такие подходы к отысканию решения задач в вопросах многокритериальной оптимизации служат логическим продолжением использования детерминированных подходов в условиях, когда требуется произвести выбор наиболее подходящего решения с использованием только одной из нескольких возможных альтернатив, при этом, коэффициенты предпочтения отдельных функций цели или непосредственно значения этих функций для каждой альтернативы будем задавать с использованием логических терминов. Смысл значений функций цели в каждом альтернативном случае обозначим, используя логическую систему вида «очень низкое», «среднее», «очень высокое». Необходимо заметить, что часть пространственных ограничений при принятии управленческих решений может описываться лицом, принимающим решения, на понятийном уровне.

Тогда проблема многокритериальной оптимизации может быть истолкована с использованием понятий нечеткой логики.

Тогда, каждую планируемую альтернативу A_k ЛПР, обозначает воспользовавшись некоторым нечетким множеством \overline{M}_k , которое соответствует степени интерпретирует степень результативности каждой из функций цели в конкретной альтернативе. Воспользуемся функцией принадлежности, представим множество \overline{M}_k следующим образом $\mu_i[f_i(X|A_k)] := f_i(X|A_k) \rightarrow [0,1]$. Используемые функции принадлежности можем записать в виде матрицы принятия решений (таблица 1):

Таблица 1.
Первоначальные значения для принятия решений

Table 1.
Initial values for decision making

	$f_1(X)$	...	$f_i(X)$	...	$f_n(X)$
A_1	$\mu_1[f_1(X|A_1)]$	...	$\mu_i[f_i(X|A_1)]$	...	$\mu_n[f_n(X|A_1)]$
...
A_r	$\mu_1[f_1(X|A_r)]$	...	$\mu_i[f_i(X|A_r)]$	...	$\mu_n[f_n(X|A_r)]$
...
A_k	$\mu_1[f_1(X|A_k)]$	...	$\mu_i[f_i(X|A_k)]$	...	$\mu_n[f_n(X|A_k)]$

Структура алгоритма выбора наилучшего решения среди множества альтернативных вариантов, каждый из которых определяется множеством показателей, представляется в следующем виде (рисунок 1).

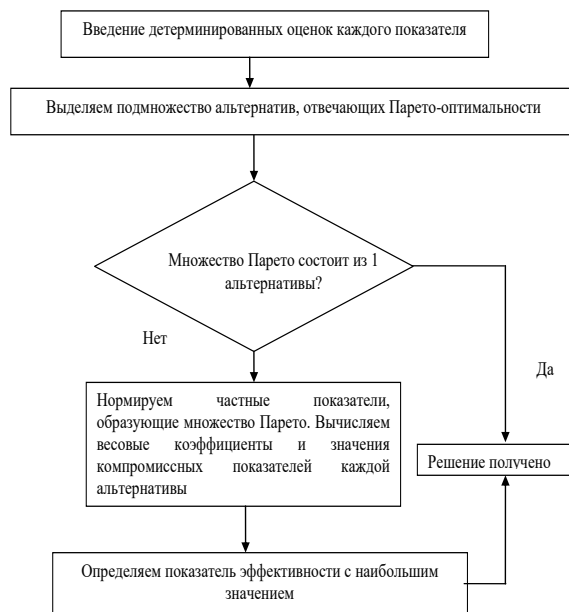


Рисунок 1. Структурная схема алгоритма принятия многокритериального решения

Figure 1. Block diagram of the multicriteria decision-making algorithm

В процессе анализа значений показателя эффективности двух диаметрально противоположных значений альтернатив мы можем воспользоваться разными детерминированными величинами:

– математическим ожиданием

$$\varphi_{ik}(A_k) = m_i\{f_i(A_i)\} = \sum_{i=1}^T \bar{b}_{ik}^i \beta_{ik}^i, \bar{b}_{ik}^i = \frac{1}{2}(b_{ik}^{i+1} + b_{ik}^i);$$

– среднеквадратическим отклонением;

$$\varphi_{ik}(A_k) = \sigma_i^2\{f_i(A_i)\} = \frac{1}{T-1} \sum_{i=1}^T [m_i\{f_i(A_i)\} - b_{ik}^i]^2 \beta_{ik}^i$$

– вероятностью того, что значение соответствующего показателя будет меньше или равно некоторым заданным значениям данного показателя:

$$\varphi_{ik}(A_k) = p\{f_i(A_i) \geq b_{ik}\} = \int_{-\infty}^{b_{ik}} f_i(x|A_r) dx$$

$$\varphi_{ik}(A_k) = p\{f_i(A_i) \leq d_{ik}\} = \int_{b_{ik}}^{+\infty} f_i(x|A_r) dx$$

Запишем следующим образом величину показателя, получение которого обеспечивается с вероятностью, не ниже наперед заданной:

$$\varphi_{ik}(A_k) = \{\bar{b}_{ik}^i | p[f_i(A_i) \geq \bar{b}_{ik}^i] \geq \beta_{ik}\}$$

$$\varphi_{ik}(A_k) = \{d_{ik} | p[f_i(A_i) \leq d_{ik}] \geq \gamma_{ik}\}$$

Кроме того, в качестве показателей могут быть рассмотрены моменты более высоких порядков. Предполагаем, что условие \leq_{Re} или \geq_{Re}

гарантирует условия приоритетности одной функции распределения случайной величины перед другой в сторону, соответствующую знаку.

Функции распределения i -го показателя эффективности альтернативы A_r соответствует абсолютная приоритетность относительно функции распределения данного показателя A_i $p\{f_i(A_r) \geq b_{ik}\} \succ_{\text{Re}} p\{f_i(A_i) \geq b_{ik}\}$, в смысле $p\{f_i(A_r) \geq b_{ik}\} \bar{\succ}_{\text{Re}} p\{f_i(A_i) \geq b_{ik}\}$, если выполняется каждое из следующей системы неравенств:

$$\varphi_{1i}(A_r) \geq \varphi_{1i}(A_i); \varphi_{3qi}(A_r) \geq \varphi_{3qi}(A_i); q = 1, \dots, Q_1; \quad (3)$$

$$\varphi_{5qi}(A_r) \leq \varphi_{5qi}(A_i); q = 1, \dots, Q_2;$$

$$\varphi_{2i}(A_r) \leq \varphi_{2i}(A_i); \varphi_{4qi}(A_r) \geq \varphi_{4qi}(A_i); g = 1, \dots, G_1; \quad (4)$$

$$\varphi_{6qi}(A_r) \leq \varphi_{6qi}(A_i); g = 1, \dots, G_2;$$

Или $p\{f_i(A_r) \geq b_{ik}\} \succ_{\text{Re}} p\{f_i(A_i) \geq b_{ik}\}$, в смысле $p\{f_i(A_r) \geq b_{ik}\} \bar{\succ}_{\text{Re}} p\{f_i(A_i) \geq b_{ik}\}$,

в случае выполнения каждого из неравенств системы (3) – (4), в случае не выполнения бы одно из условий (3) – (4), то можно говорить об условиях относительного предпочтения [9–10]. Необходимо заметить, что специфика, поставленных задач, приводит к тому, что некоторых из детерминированных значений в комплексных оценочных показателях функции распределения может и не быть. Такое может произойти когда положить значения весовых коэффициентов α_{ik} равными 0. При решении практических задач наиболее частыми являются следующие ситуации:

1) $\alpha_{1i} = 1$, а все остальные показатели значений весовых коэффициентов равны 0, т. е. мы должны учесть математическое ожидание функции распределения;

2) $\alpha_{1i} \neq 0, \alpha_{2i} \neq 0$, а все остальные значения коэффициентов равны 0, т. е. нам необходимо учитывать математическое ожидание и дисперсию функции распределения.

В качестве интегрированных показателей критериев оценки продуктивности альтернатив воспользуемся следующими компромиссными показателями:

$$F^*(A_r) = \sum_{i=1}^n w_i \phi_i^*(A_r); F^-(A_r) = \sum_{i=1}^n w_i \phi_i^-(A_r),$$

$$\text{где } 0 \leq w_i \leq 1, i = 1, \dots, n; \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Наиболее эффективное компромиссное решение должно, с одной стороны, принадлежать множеству альтернатив, а с другой – множеству наиболее эффективных решений [14].

Если в модели принятия решений множество значений векторов локальных целевых функций $Z = F(x) = \|Z_i\|_n$ и множество допустимых значений $G = \|G_k\|_m$ представлены нечеткими множествами, то логическое эффективное компромиссное решение D ищется как некоторое нечеткое множество, которое принадлежит пересечению этих первых двух нечетких множеств $D \in \{Z_1 \cap Z_2 \cap \dots \cap Z_n \cap \dots \cap G_1 \cap \dots \cap G_m\}$.

Альтернатива A^* , удовлетворяющая условию $\mu_D[F(X | A^*)] = \max_{1 \leq r \leq K} \mu_D[F(X | A^*)]$, является оптимальным решением сформулированной задачи.

Заключение

Таким образом, введение и вычисление различных детерминированных оценок эффективности каждого частного показателя и первого шага алгоритма исключения с использованием подтвержденного факта абсолютного предпочтения подмножества альтернатив, не принадлежащих оптимальному множеству Парето, после введения обобщенных показателей эффективности как каждого из частных показателей, с учетом наложенных на них требований, так и обобщенных показателей эффективности каждой альтернативы, последующие шаги алгоритма решения задачи полностью совпадают с алгоритмом принятия решений.

Литература

- 1 Мур Джеффри Х., Уэдерфорд Лари Р. Экономическое моделирование в Microsoft EXCEL; 6-е изд.: пер. с англ. М.: Вильямс, 2017. 218 с.
- 2 Ганичева А. В. Прикладная статистика. 2017.
- 3 Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 2017. 317 с.
- 4 Шелобаев С.И. Математические методы и модели. М.: ЮНИТИ, 2021. 184 с.
- 5 Орлов А.И. Методы принятия управленческих решений. 2018.
- 6 Волкова В.Н. и др. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата; под редакцией В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. Москва: Издательство Юрайт, 2019. 450 с.
- 7 Belov M.V., Novikov D.A. Optimal Enterprise: Structures, Processes and Mathematics of Knowledge, Technology and Human Capital. CRC Press, 2021.
- 8 Ai J., Brockett P. L., Wang T. Optimal enterprise risk management and decision making with shared and dependent risks // Journal of Risk and Insurance. 2017. V. 84. №. 4. P. 1127-1169. doi: 10.1111/jori.12140

- 9 Liu P., Qingqing W., Liu W. Enterprise human resource management platform based on FPGA and data mining // *Microprocessors and Microsystems*. 2021. V. 80. P. 103330. doi: 10.1016/j.micpro.2020.103330
- 10 Балдин К.В., Башлыков В.Н., Рукосуев А.В. Математические методы и модели в экономике. М.: Флинта, МПСИ, 2018. 328 с.
- 11 Васильева Л.Н., Деева Е.А. Моделирование микроэкономических процессов и систем: учебник. М.: КноРус, 2012. 392 с.
- 12 Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. Основные характеристики надежности и их статистический анализ. М.: Либроком, 2019. 584 с.
- 13 Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности: Основные характеристики надежности и их статистический анализ. М.: КД Либроком, 2020. 584 с.
- 14 Емельянов С.В. и др. Математические методы теории управления. Проблемы устойчивости, управляемости и наблюдаемости. М.: Физматлит, 2016. 200 с.
- 15 Cigolini R., Pero M., Rossi T. An object-oriented simulation meta-model to analyse supply chain performance // *International journal of production research*. 2011. V. 49. №. 19. P. 5917-5941.
- 16 Kazakov O.D., Andriyanov S.V. Mathematical modeling of synergetic aspects of machine building enterprise management // *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2016. V. 124. №. 1. doi: 10.1088/1757-899X/124/1/012064
- 17 Zak J. Application of operations research techniques to the redesign of the distribution systems // *International Heinz Nixdorf Symposium*. 2010. P. 57-72.
- 18 Alsudairi A.A. Conceptual Framework of an Object-Oriented Simulation Approach for Building Construction Processes // *Arabian Journal for Science and Engineering*. 2020. V. 45. №. 10. P. 7955-7965.
- 19 Krynke M. Management optimizing the costs and duration time of the process in the production system // *Production Engineering Archives*. 2021. V. 27. №. 3. P. 163-170.
- 20 Sassanelli C., Rosa P., Terzi S. Supporting disassembly processes through simulation tools: a systematic literature review with a focus on printed circuit boards // *Journal of Manufacturing Systems*. 2021. V. 60. P. 429-448.

References


- 1 Moore Geoffrey X., Wetherford Larry R. *Economic Modeling in Microsoft EXCEL*. Moscow, Williams, 2017. 218 p. (in Russian).
- 2 Ganicheva A. V. *Applied statistics*. 2017. (in Russian).
- 3 Chetyrkin E.M. *Statistical forecasting methods*. Moscow, Statistics, 2017. 317 p. (in Russian).
- 4 Shelobaev S.I. *Mathematical methods and models*. Moscow, UNITI, 2021. 184 p. (in Russian).
- 5 Orlov A.I. *Methods of making managerial decisions*. 2018. (in Russian).
- 6 Volkova V.N. and others. *Modeling of systems and processes: a textbook for academic bachelor's degree*; edited by V.N. Volkova, V.N. Kozlov. Moscow, Yurayt Publishing House, 2019. 450 p. (in Russian).
- 7 Belov M.V., Novikov D.A. *Optimal Enterprise: Structures, Processes and Mathematics of Knowledge, Technology and Human Capital*. CRC Press, 2021.
- 8 Ai J., Brockett P. L., Wang T. Optimal enterprise risk management and decision making with shared and dependent risks. *Journal of Risk and Insurance*. 2017. vol. 84. no. 4. pp. 1127-1169. doi: 10.1111/jori.12140
- 9 Liu P., Qingqing W., Liu W. Enterprise human resource management platform based on FPGA and data mining. *Microprocessors and Microsystems*. 2021. vol. 80. pp. 103330. doi: 10.1016/j.micpro.2020.103330
- 10 Baldin K.V., Bashlykov V.N., Rukosuev A.V. *Mathematical methods and models in economics*. Moscow, Flinta, MPSI, 2018. 328 p. (in Russian).
- 11 Vasilyeva L.N., Deeva E.A. *Modeling of microeconomic processes and systems: textbook*. Moscow, KnoRus, 2012. 392 p. (in Russian).
- 12 Gnedenko B.V., Belyaev Yu.K., Soloviev A.D. *Mathematical methods in reliability theory. The main characteristics of reliability and their statistical analysis*. Moscow, Librokom, 2019. 584 p. (in Russian).
- 13 Gnedenko B.V., Belyaev Yu.K., Soloviev A.D. *Mathematical Methods in Reliability Theory: Basic Reliability Characteristics and Their Statistical Analysis*. Moscow, KD Librokom, 2020. 584 p. (in Russian).
- 14 Emelyanov S.V. and other *Mathematical methods of control theory. Problems of stability, controllability and observability*. Moscow, Fizmatlit, 2016. 200 p. (in Russian).
- 15 Cigolini R., Pero M., Rossi T. An object-oriented simulation meta-model to analyse supply chain performance. *International journal of production research*. 2011. vol. 49. no. 19. pp. 5917-5941.
- 16 Kazakov O.D., Andriyanov S.V. *Mathematical modeling of synergetic aspects of machine building enterprise management*. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2016. vol. 124. no. 1. doi: 10.1088/1757-899X/124/1/012064
- 17 Zak J. Application of operations research techniques to the redesign of the distribution systems. *International Heinz Nixdorf Symposium*. 2010. pp. 57-72.
- 18 Alsudairi A.A. Conceptual Framework of an Object-Oriented Simulation Approach for Building Construction Processes. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 2020. vol. 45. no. 10. pp. 7955-7965.
- 19 Krynke M. Management optimizing the costs and duration time of the process in the production system. *Production Engineering Archives*. 2021. vol. 27. no. 3. pp. 163-170.
- 20 Sassanelli C., Rosa P., Terzi S. Supporting disassembly processes through simulation tools: a systematic literature review with a focus on printed circuit boards. *Journal of Manufacturing Systems*. 2021. vol. 60. pp. 429-448.

Сведения об авторах


Марина Л. Лапшина д.т.н., профессор, кафедра автоматизации производственных процессов, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия, marina_lapshina@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5057-1069>

Оксана О. Лукина к.э.н., доцент, Кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, oks.lukina@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2658-1512>

Дмитрий Д. Лапшин к.т.н., доцент, Кафедра математики, информационных систем и технологий, ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, Ленинский пр-т, 174л, г. Воронеж, 394033, lapshin_vrn@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5412-3434>

Вклад авторов


обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провел эксперимент, выполнил расчёты

Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors


Marina L. Lapshina Dr. Sci. (Engin.), professor, automation of production processes department, Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozova, st. Timiryazev, 8, Voronezh, 394087, Russia, marina_lapshina@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5057-1069>

Oksana O. Lukina Cand. Sci. (Econ.), associate professor, theory of economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, 394036, Russia, oks.lukina@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2658-1512>

Dmitry D. Lapshin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, mathematics, information systems and technologies department, GUMRF named after Admiral S.O. Makarov, Leninsky Prospect, 174L, Voronezh, 394033, Russia, lapshin_vrn@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5412-3434>

Contribution




review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 28/12/2021	После редакции 17/01/2022	Принята в печать 21/02/2022
Received 28/12/2021	Accepted in revised 17/01/2022	Accepted 21/02/2022

Применение методов математической статистики для оценки инвестиционного потенциала региона




Ирина П. Болодурина ¹	ipbolodurina@yandex.ru	 0000-0003-0096-2587
Марина П. Болодурина ¹	bolodurina@inbox.ru	 0000-0002-6414-245X
Карина М. Абельгазина ¹	abelgazina99@mail.ru	 0000-0003-2596-6402

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

Аннотация. Поскольку каждый субъект Российской Федерации обладает полными правами на ведение как межрегиональных, так и международных экономических отношений, то показатели регионального развития во многом зависят от реализуемой инвестиционной стратегии, в том числе от уровня инвестиционного потенциала. В этой связи в статье рассматривается актуальная задача оценки инвестиционного потенциала региона на основе социально-экономических показателей методами математической статистики, что позволяет получить объективные и достоверные результаты, а также обеспечивает масштабируемость используемой методики и возможность ее применения для анализа инвестиционного потенциала других регионов Российской Федерации. Использованы корреляционно-регрессионный анализ, проведено исследование линейной регрессионной модели на мультиколлинеарность. Применении многомерного статистического анализа показателей инвестиционной привлекательности Оренбургской области позволило выявить наиболее значимые факторы, оказывающие влияние на объем инвестиций в основной капитал региона, к которым относятся: объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство»; среднедушевые денежные доходы населения; объем продукции обрабатывающего производства; удельный вес численность населения в трудоспособном возрасте на мультиколлинеарность. На основании результатов корреляционно-регрессионного анализа сделан вывод о том, что на уровень объема инвестиций в основной капитал Оренбургской области наиболее значимое влияние оказывают такие сферы экономической деятельности, как сельское хозяйство, добыча полезных ископаемых и обрабатывающие производства. Привлечение инвестиций в выявленные отраслевые приоритеты инвестиционной привлекательности Оренбургской области обеспечит создание высокопроизводительных мест на территории региона, увеличение валового регионального продукта, а также даст мультипликативный эффект для развития других видов деятельности.

Ключевые слова: инвестиционный потенциал, корреляционно-регрессионный анализ, инвестиционная привлекательность, математическая статистика

Application of mathematical statistics methods to assess the investment potential of the region

Irina P. Bolodurina ¹	ipbolodurina@yandex.ru	 0000-0003-0096-2587
Marina P. Bolodurina ¹	bolodurina@inbox.ru	 0000-0002-6414-245X
Karina M. Abalgazina ¹	abelgazina99@mail.ru	 0000-0003-2596-6402

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

Abstract. Since each subject of the Russian Federation has full rights to conduct both interregional and international economic relations, the indicators of regional development largely depend on the investment strategy being implemented, including the level of investment potential. In this regard, the article deals with the urgent task of assessing the investment potential of the region based on socio-economic indicators using mathematical statistics, which allows us to obtain objective and reliable results, and also ensures the scalability of the methodology used and the possibility of its application to analyze the investment potential of other regions of the Russian Federation. Correlation and regression analysis was used, a linear regression model was studied for multicollinearity. The use of multidimensional statistical analysis of the investment attractiveness indicators of the Orenburg region allowed us to identify the most significant factors influencing the volume of investments in the fixed capital of the region, which include: the amount of work performed by the type of economic activity "Construction"; average per capita monetary income of the population; the volume of manufacturing production; the proportion of the working-age population in the total number. Based on the results of correlation and regression analysis, it is concluded that the level of investment in fixed assets of the Orenburg region is most significantly influenced by such areas of economic activity as agriculture, mining and manufacturing. Attracting investments to the identified sectoral priorities of the investment attractiveness of the Orenburg region will ensure the creation of high-performance places in the region, increase the gross regional product, and also give a multiplier effect for the development of other activities.

Keywords: investment potential, correlation and regression analysis, investment attractiveness, mathematical statistics

Введение

Инвестиционная активность экономического субъекта во многом определяет вектор его экономического развития. Для грамотного построения приоритетов формирования основных направлений социально-экономического развития субъекта Российской Федерации необходимо вести учет особенностей его географического расположения, развития отраслей экономики,

ресурсов труда, наличия месторождений природных ресурсов и других компонентов инвестиционного потенциала. Современное состояние информационной среды позволяет использовать большое количество данных и показателей для подготовки и обоснования управленческих решений инвестиционного характера. Применение методов математической статистики позволяет повысить объективность, как используемых данных, так и полученных результатов.

Для цитирования

Болодурина И.П., Болодурина М.П., Абельгазина К.М. Применение методов математической статистики для оценки инвестиционного потенциала региона // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 295–304. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-295-304

For citation

Bolodurina I.P., Bolodurina M.P., Abalgazina K.M. Application of mathematical statistics methods to assess the investment potential of the region. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 295–304. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-295-304

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

Материалы и методы

Подробный анализ существующих зарубежных и отечественных методик оценки инвестиционной привлекательности регионов проведен в статье Кособуцкой А.Ю. и Равунжинириной А.В., авторами отмечается большое разнообразие используемых показателей оценки и варьированности параметров в зависимости от целей оценки, а также в методах обработки информации и оценке результатов [1]. Множественность используемых параметров оценки инвестиционного потенциала территории отмечается и в зарубежных исследованиях [13, 14, 16].

Интеграционный подход и возможности его применения для оценки частных и общего инвестиционного потенциала региона представлены в трудах Болодуриной М.П. и Мишуровой А.И. [3, 15]. Авторы перечисленных выше исследований наряду с субъективными критериями оценки инвестиционного потенциала региона используют показатели национального рейтинга состояния инвестиционного климата в субъектах РФ [2, 8], аналитические данные рейтинговых агентств [4, 9], а также данные официальной статистики.

Статистические методы анализа в оценке инвестиционного потенциала региона применялись в работах Валерианова А.А. и его соавторов [5], Дмитриева Н.Д. [6] и других отечественных авторов. Экономико-математическое моделирование лежит в основе и многих зарубежных исследований, Куммел Р., Хенн Дж. И Линденбергер Д проводят моделирование распространения инвестиций и инноваций в зависимости от таких параметров как капитал, труд, энергия и креативность [16]. Результаты кластерного анализа при разработке инвестиционных рекомендаций представлены в трудах Лео В., Донгхун С. И других [20, 21].

Таким образом, затруднение вызывает не недостаток, а наоборот многочисленность,

используемых данных и методик их оценки. Оценка инвестиционного потенциала региона на основе социально-экономических показателей методами математической статистики позволит повысить достоверность объективность получаемых оценок и объективность сделанных на их основе выводов.

В настоящем исследовании для проведения многомерного статистического анализа показателей инвестиционной привлекательности Оренбургской области на основании статистических данных за одиннадцатилетний период [7], представленных в таблице 1 проведен корреляционный анализ социально-экономических показателей, характеризующих инвестиционную привлекательность региона.

В качестве исходных показателей использованы следующие:

ξ_1 – инвестиции в основной капитал (млн рублей);

ξ_2 – объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» (млн рублей);

ξ_3 – среднедушевые денежные доходы населения (в месяц рублей);

ξ_4 – оборот розничной торговли (млн рублей);

ξ_5 – уровень добычи полезных ископаемых (в фактически действовавших ценах; млн рублей);

ξ_6 – объем продукции обрабатывающего производства (в фактически действовавших ценах; млн рублей);

ξ_7 – продукция сельского хозяйства (млн рублей);

ξ_8 – удельный вес численности населения в трудоспособном возрасте в общей численности (проценты);

ξ_9 – объем инновационных товаров, работ, услуг (млн рублей);

ξ_{10} – валовой региональный продукт (в основных ценах, млн рублей).

Таблица 1.

Исходные выборочные данные

Table 1.

Initial sample data

Год Year	Показатель | Indicator									
	ξ_1	ξ_2	ξ_3	ξ_4	ξ_5	ξ_6	ξ_7	ξ_8	ξ_9	ξ_{10}
2009	91268,0	25826,3	12008,1	136473,4	185875,0	117413,0	55288,3	63,4	6914,0	413395,5
2010	103648,0	31409,1	13557,1	157681,8	215311,0	151634,0	47707,8	63,6	11651,4	458145,4
2011	116658,0	35025,4	14892,0	187098,8	282235,0	174977,0	69144,2	60,6	14230,1	553320,9
2012	151250,0	41873,5	16541,9	214089,8	313118,0	211629,0	68019,0	63,7	9244,6	628563,6
2013	152877,0	41456,1	18389,9	240773,4	420880,0	192004,0	77641,4	63,4	8870,3	717014,8
2014	153979,0	47597,4	20699,9	269615,0	348081,0	230679,0	83840,4	60,4	6888,9	731277,7
2015	169243,0	60566,7	22943,1	278368,2	383955,0	274498,0	99108,4	62,5	14671,4	774962,1
2016	167278,5	49750,8	22144,8	274944,3	338587,0	274312,0	110753,6	61,9	25264,1	765333,3
2017	184877,2	62949,9	22909,8	293997,0	389692,4	304238,0	113038,3	60,0	23250,7	823856,4
2018	208105,1	78643,5	23384,8	307946,0	527943,1	348347,7	107971,1	61,0	28408,6	1058504,8
2019	211726,5	100988,0	24482,7	327692,6	561650,8	315272,8	113015,9	60,2	41663,7	1107155,3

Данный выбор обусловлен проведенным анализом работ по оценке инвестиционной привлекательности регионов РФ, в результате которого выявлены наиболее часто встречающиеся социально-экономические показатели, оказывающие влияние на уровень инвестиционной привлекательности. Кроме того, для исследования выбраны показатели, в наибольшей мере характеризующие экономическую деятельность Оренбургской области.

Точечное оценивание параметров многомерного вектора признаков сводится к оценке вектора математических ожиданий и ковариационной матрицы в виде вектора средних значений и выборочной ковариационной матрицы. С помощью пакета Statistica рассчитаны значения выборочных средних, дисперсий и средних квадратических отклонений для каждого рассматриваемого признака. Полученные результаты представлены в таблице 2. Для получения выборочной ковариационной матрицы использован табличный редактор MS Excel (надстройка «Пакет анализа») [10].

$$R_k = \begin{pmatrix} 1 & 0,92 & 0,95 & 0,97 & 0,94 & 0,97 & 0,91 & -0,57 & 0,77 & 0,98 \\ 0,92 & 1 & 0,86 & 0,88 & 0,92 & 0,89 & 0,82 & -0,61 & 0,89 & 0,96 \\ 0,95 & 0,86 & 1 & 0,99 & 0,86 & 0,95 & 0,96 & -0,62 & 0,71 & 0,92 \\ 0,97 & 0,88 & 0,99 & 1 & 0,90 & 0,95 & 0,94 & -0,65 & 0,72 & 0,95 \\ 0,94 & 0,92 & 0,86 & 0,90 & 1 & 0,86 & 0,80 & -0,54 & 0,75 & 0,97 \\ 0,97 & 0,89 & 0,95 & 0,95 & 0,86 & 1 & 0,94 & -0,63 & 0,78 & 0,94 \\ 0,91 & 0,82 & 0,96 & 0,94 & 0,80 & 0,94 & 1 & -0,67 & 0,77 & 0,88 \\ -0,57 & -0,61 & -0,62 & -0,65 & -0,54 & -0,63 & -0,67 & 1 & -0,59 & -0,62 \\ 0,77 & 0,89 & 0,71 & 0,72 & 0,75 & 0,78 & 0,77 & -0,59 & 1 & 0,82 \\ 0,98 & 0,96 & 0,92 & 0,95 & 0,97 & 0,94 & 0,88 & -0,62 & 0,82 & 1 \end{pmatrix}.$$

Поскольку коэффициенты корреляции отражают взаимосвязь между двумя признаками под воздействием всех остальных, то следующим этапом исследования является оценка связи между парой признаков, очищенной от влияния всех остальных признаков.

С помощью пакета Statistica получена информация о значении множественного коэффициента корреляции $\hat{R}_{1/2-10} = 0,999993$, коэффициента детерминации $\hat{R}_{1/2-10} = 0,999986$, а также значение F-статистики, предназначенной для проверки гипотезы о незначимости коэффициента детерминации ($F = 7704,826$) и вероятности принятия данной гипотезы ($p = 0,008841$). Далее рассчитаны оценки частных коэффициентов корреляции.

Таблица 2.
Описательная статистика исследуемых признаков

Table 2.
Descriptive statistics of the studied features

Показатель Indicator	Mean	Variance	Std. Dev.
ξ_1	155537,3	1546966030	39331,5
ξ_2	52371,5	493681701	22218,9
ξ_3	19268,6	19390910,2	4403,5
ξ_4	244425,5	3954168087	62882,2
ξ_5	360666,2	13412522147	115812,4
ξ_6	235909,5	5397463417	73467,4
ξ_7	85957,1	581967392	24124,0
ξ_8	61,9	2,18274182	1,5
ξ_9	17368,9	121622620	11028,3
ξ_{10}	730139,1	47805879605	218645,6

Всего рассматривается 45 связей, из них 36 характеризуются прямой связью, а 9 – обратной. В пакете Statistica рассчитаны выборочные значения коэффициентов корреляции для каждой пары признаков. Таким образом, в результате расчетов получена оценка корреляционной матрицы вида:

Сравнивая по абсолютной величине оценки коэффициентов корреляции и соответствующих частных коэффициентов корреляции, можно сделать следующие выводы.

Поскольку $r_{1,2} = 0,92 < r_{1,2/3-10} = 0,997$, то такие показатели, как среднедушевые денежные доходы населения региона (ξ_3), оборот розничной торговли (ξ_4), уровень добычи полезных ископаемых (ξ_5), объем продукции обрабатывающего производства региона (ξ_6), продукция сельского хозяйства (ξ_7), удельный вес численности населения в трудоспособном возрасте в общей численности населения региона (ξ_8), объем инновационных товаров, работ, услуг (ξ_9), а также валовой региональный продукт (ξ_{10}) ослабляют (незначительно) взаимосвязь между парой показателей: инвестиции в основной капитал региона (ξ_1) и объем работ, выполненных

по виду экономической деятельности «Строительство» (ξ_2). Аналогичный результат можно наблюдать для таких пар показателей, как: инвестиции в основной капитал региона (ξ_1) и среднедушевые денежные доходы населения региона (ξ_3) (т. к. $r_{1,3} = 0,95 < r_{1,3/2,4-10} = 0,999$), инвестиции в основной капитал региона (ξ_1) и оборот розничной торговли (ξ_4) (т. к. $r_{1,4} = 0,97 < r_{1,4/2-3,5-10} = 0,999$), инвестиции в основной капитал региона (ξ_1) и уровень добычи полезных ископаемых (ξ_5) (т. к. $r_{1,5} = 0,94 < r_{1,5/2-4,6-10} = 0,980$), инвестиции в основной капитал региона (ξ_1) и объем продукции обрабатывающего производства региона (ξ_6) (т. к. $r_{1,6} = 0,97 < r_{1,6/2-5,7-10} = 0,999$), инвестиции в основной капитал региона (ξ_1) и продукция сельского хозяйства (ξ_7) (т. к. $r_{1,7} = 0,91 < r_{1,7/2-6,8-10} = 0,996$).

Так как $r_{1,8} = 0,57 < r_{1,8/2-7,9-10} = 0,999$, то такие показатели, как объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» (ξ_2), среднедушевые денежные доходы населения региона (ξ_3), оборот розничной торговли (ξ_4), уровень добычи полезных ископаемых (ξ_5), объем продукции обрабатывающего производства региона (ξ_6), продукция сельского хозяйства (ξ_7), а также объем инновационных товаров, работ, услуг (ξ_9) и валовой региональный продукт (ξ_{10}) ослабляют (значительно) взаимосвязь между парой показателей: инвестиции в основной капитал региона (ξ_1) и удельный вес численности населения в трудоспособном возрасте в общей численности населения региона (ξ_8). Подобный результат наблюдается и для пары показателей инвестиции в основной капитал региона (ξ_1) и объем инновационных товаров, работ, услуг (ξ_9) (здесь $r_{1,9} = 0,77 < r_{1,9/2-8,10} = 0,965$), так остальные показатели ($\xi_2, \xi_3, \xi_4, \xi_5, \xi_6, \xi_7, \xi_8, \xi_{10}$) значительно ослабляют связь между рассматриваемой парой показателей.

Для пары показателей инвестиции в основной капитал региона (ξ_1) и валовой региональный продукт (ξ_{10}) остальные показатели, такие, как объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» (ξ_2), среднедушевые денежные доходы населения региона (ξ_3), оборот розничной торговли (ξ_4), уровень добычи полезных ископаемых (ξ_5), объем продукции обрабатывающего производства региона (ξ_6), продукция сельского хозяйства (ξ_7), а также удельный вес численности населения в трудоспособном возрасте в общей численности населения региона (ξ_8) и объем инновационных товаров, работ, услуг (ξ_9) не оказывают никакого влияния, поскольку $r_{1,10} = 0,98 \approx r_{1,10/2-9} = 0,989$. Аналогично и для показателей объем инновационных товаров, работ, услуг (ξ_9) и валовой

региональный продукт (ξ_{10}), так как $r_{9,10} = 0,82 \approx r_{9,10/1-8} = 0,823$.

Для всех остальных пар признаков следует отметить, что оценки коэффициентов корреляции (по абсолютной величине) больше, чем оценки соответствующих частных коэффициентов корреляции, т. е. наличие других показателей усиливает взаимосвязь между исследуемой парой признаков.

С помощью пакета Statistica получена информация об остальных значениях множественного коэффициента корреляции, коэффициента детерминации, а также значениях F -статистики, предназначенной для проверки гипотезы о незначимости коэффициента детерминации и вероятности принятия данной гипотезы.

Дальнейшим этапом корреляционного анализа – установление значимости характеристик связи (коэффициентов корреляции, частных коэффициентов корреляции и коэффициентов детерминации) на заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$. Это можно реализовать двумя способами.

В основе первого способа лежит сопоставление наблюдаемого значения статистики с критическим значением, в случае если $|t_{набл.}| > t_{кр.}$ (для коэффициентов корреляции и частных коэффициентов корреляции), $F_{набл.} > F_{кр.}$ (для коэффициентов детерминации), то с вероятностью ошибки 0,05 нулевая гипотеза о незначимости соответствующих характеристик связи отклоняется.

В основе второго способа лежит сопоставление значения вероятности принятия нулевой гипотезы о незначимости характеристики связи (наблюдаемого уровня значимости p) с заранее установленным уровнем значимости $\alpha = 0,05$, в случае, если $p < 0,05$, то на 5%-ом уровне значимости нулевая гипотеза отклоняется и делается заключение о статистической значимости соответствующих характеристик связи.

Для проверки значимости коэффициентов корреляции использованы результаты, полученные ранее в пакете Statistica.

Критическое значение определим с помощью функции СТЬЮДЕНТ.ОБР.2Х (Вероятность; Степени_свободы) пакета MS Excel [10].

Учитывая заданный уровень значимости $\alpha = 0,05$ и число степеней свободы $\nu = n - 2 = 11 - 2 = 9$, критическая точка принимает следующее значение $t_{кр} = 2,262157$.

Аналогичным образом на основе информации об оценках частных коэффициентов корреляции определена значимость частных коэффициентов корреляции. При $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $\nu_1 = n - k = 11 - 10 = 1$, критическая точка принимает следующее значение $t_{кр} = 12,7062$.

Используя результаты оценивания множественных коэффициентов корреляции и коэффициентов детерминации, определена значимость коэффициентов детерминации

в таблице 3. Для этого рассчитано критическое значение с помощью функции F.ОБР.ПХ (Вероятность; Степени_свободы 1; Степени_свободы 2) табличного редактора MS Excel.

Таблица 3.

Результаты проверки гипотез о незначимости коэффициентов детерминации

Table 3.

Results of testing hypotheses about the insignificance of the coefficients of determination

Коэффициент детерминации Coefficient of determination	Оценка коэффициента детерминации Estimation of the coefficient of determination	$F_{набл}$	$F_{кр}$	Вероятность принятия нулевой гипотезы p Probability of acceptance of the null hypothesis p	Уровень значимости α Significance level α	Значимость Significant
$\hat{R}_{1/2-10}^2$	0,999986	7704,83	240,54	0,008841	0,05	+
$\hat{R}_{2/1,3-10}^2$	0,99983	653,81		0,030343		
$\hat{R}_{3/1-2,4-10}^2$	0,999992	13409,67		0,006702		
$\hat{R}_{4/1-3,5-10}^2$	0,999995	21037,03		0,005351		-
$\hat{R}_{5/1-4,6-10}^2$	0,999252	148,43		0,063621		
$\hat{R}_{6/1-5,7-10}^2$	0,999952	2300,46		0,016179		+
$\hat{R}_{7/1-6,8-10}^2$	0,999705	376,91		0,039955		
$\hat{R}_{8/1-7,9-10}^2$	0,999558	251,07		0,048943		
$\hat{R}_{9/1-8,10}^2$	0,994242	19,18		0,175493		-
$\hat{R}_{10/1-9}^2$	0,999882	944,96		0,025241		+

Учитывая заданный уровень значимости $\alpha = 0,05$ и число степеней свободы $v_1 = k - 1 = 10 - 1 = 9$, $v_2 = n - k = 11 - 10 = 1$, критическая точка принимает значение $F_{кр} = 240,5433$.

Дальнейший шаг корреляционного анализа – построение с вероятностью $\gamma = 0,95$ доверительных интервалов для значимых коэффициентов корреляции и частных коэффициентов корреляции с помощью z -преобразования Фишера.

Заключительным этапом корреляционного анализа является оценка уравнения регрессии. В качестве результативного признака выбран показатель ξ_1 – инвестиции в основной капитал региона. Признаки $\xi_2 - \xi_{10}$ выступают в качестве факторов, оказывающих влияние на объем инвестиций в основной капитал региона.

Таким образом, оценка уравнения регрессии имеет вид:

$$\hat{x}_1 = -262265,89 + 0,51x_2 - 11,77x_3 + 1,03x_4 + 0,05x_5 + 0,29x_6 + 0,36x_7 + 4803,58x_8 - 0,17x_9 - 0,06x_{10}$$

Полученное уравнение регрессии относительно признака ξ_1 адекватно выборочным данным (т. е. значимо), так как соответствующий коэффициент детерминации $\hat{R}_{1/2-10}^2$ является значимым.

Значимость коэффициентов уравнения регрессии определяют по итогам исследования значимости частных коэффициентов корреляции. Таким образом, среди коэффициентов уравнения регрессии значимыми оказались $\beta_{1,2}, \beta_{1,3}, \beta_{1,4}, \beta_{1,6}, \beta_{1,8}$ поскольку значимы соответствующие частные коэффициенты корреляции

$$r_{1,2/3-10}, r_{1,3/2,4-10}, r_{1,4/2-3,5-10},$$

$$r_{1,6/2-5,7-10}, r_{1,8/2-7,9-10}$$

Следовательно, корреляционно-регрессионный анализ показателей инвестиционной привлекательности Оренбургской области позволяет сделать вывод, что на объем инвестиций в основной капитал региона значимое влияние оказывают следующие факторы:

– объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» (млн рублей);

– среднедушевые денежные доходы населения области (в месяц рублей), оборот розничной торговли региона (млн рублей);

– объем продукции обрабатывающего производства (в фактически действовавших ценах; млн рублей);

– удельный вес численности населения в трудоспособном возрасте в общей численности Оренбургской области (проценты).

На основании полученного уравнения регрессии следует, что при прочих равных условиях при увеличении объема работ в регионе, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» на 100 млн рублей инвестиции в основной капитал области увеличатся на 51 млн рублей; с увеличением оборота розничной торговли на 100 млн рублей объем инвестиций в основной капитал региона увеличатся на 103 млн рублей; увеличение на 100 млн рублей объема продукции обрабатывающего производства приведет к росту инвестиций в основной капитал области на 29 млн рублей; с увеличением на 1% удельного веса численности населения в трудоспособном возрасте в общей численности населения региона инвестиции в основной капитал возрастут в среднем на 4803,58 млн рублей.

Поскольку в процессе проведения корреляционно-регрессионного анализа выявлено подозрение на наличие мультиколлинеарности, то далее проведем более подробное исследование полученной регрессионной модели.

Для исследования линейной регрессионной модели на мультиколлинеарность по исходным данным необходимо:

1. построить оценки коэффициентов линейной модели множественной регрессии методом наименьших квадратов (МНК) и провести анализ;
2. провести анализ построенной модели на мультиколлинеарность;
3. устранить мультиколлинеарность при ее наличии.

На основе информации об объеме инвестиций в основной капитал Оренбургской области, млн рублей (y), объеме работ, выполненных в регионе по виду экономической деятельности «Строительство», млн рублей (x_2), денежных доходов, приходящихся на душу населения области в месяц, руб. (x_3), обороте розничной торговли региона, млн рублей (x_5), уровне добычи полезных ископаемых, млн рублей (x_5), объеме продукции обрабатывающего производства области, млн рублей (x_6), объеме продукции сельского хозяйства области, млн рублей (x_7), численности трудоспособного населения, в% от общей численности населения субъекта (x_8), объеме инновационных товаров, работ и услуг, млн рублей (x_9), а также ВРП Оренбургской области, млн рублей (x_{10}) построена линейная регрессионная модель.

С помощью пакета Statistica рассчитана оценка множественного коэффициента корреляции $\hat{R}_{1/2-10} = 0,999993$. Далее проведено исследование на нормальный характер распределения регрессионных остатков. На рисунке 1 представлена гистограмма распределения регрессионных остатков.

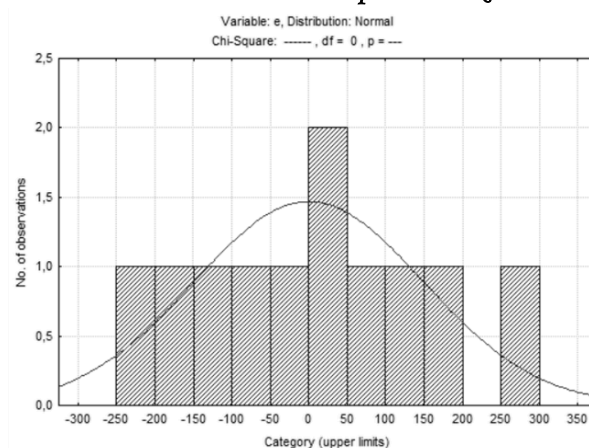


Рисунок 1. График распределения регрессионных остатков

Figure 1. Graph of the distribution of regression residuals

Согласно полученному графику, представленному на рисунке 1, можно предположить, что в разрезе большего временного интервала нулевая гипотеза о том, что распределение регрессионных остатков не отличается от нормального, может быть принята. Так как регрессионные остатки имеют нормальное распределение, то есть смысл проводить дальнейший анализ построенного уравнения множественной регрессии.

Отметим, что уравнение регрессии для выбранного признака адекватно выборочным данным – значимо, т. е. модель адекватна экспериментальным данным. Среди коэффициентов уравнения регрессии значимыми оказались коэффициенты при переменных x_2, x_3, x_4, x_6, x_8 . Среднеквадратические ошибки S_{b_i} при переменных x_5, x_{10} оказались того же порядка, что и коэффициенты регрессии при этих же переменных. Следовательно, коэффициенты при данных переменных могут иметь доверительный интервал, который содержит точку нуля.

Согласно полученной модели, можно сделать следующие выводы:

- при увеличении на 100 рублей в месяц среднедушевых доходов населения инвестиции в основной капитал региона уменьшатся на 1177 млн рублей (коэффициент при переменной x_2 имеет отрицательный знак);
- при увеличении объема инновационных товаров, работ, услуг на 100 млн рублей инвестиции в основной капитал региона уменьшатся на 17 млн рублей (коэффициент при переменной x_9 имеет отрицательный знак);
- при увеличении на 100 млн рублей валового регионального продукта объем инвестиции в основной капитал региона уменьшатся на 6 млн рублей (коэффициент при переменной x_{10} имеет отрицательный знак).

Полученные выводы противоречат экономическому смыслу.

Таким образом, все перечисленные признаки позволяют заподозрить наличие мультиколлинеарности между объясняющими переменными. Рассмотрим критерии по выявлению мультиколлинеарности.

Для начала проанализируем оценку матрицы парных коэффициентов корреляции между объясняющими переменными. Считается, что наличие значимых коэффициентов корреляции, по абсолютной величине превосходящих 0,7–0,8, свидетельствует о присутствии мультиколлинеарности.

На рисунке 2 представлена оценка матрицы парных коэффициентов корреляции.

На основе вычисленной матрицы есть основания подозревать тесную связь между всеми парами переменных, кроме X_1 и X_8 , X_2 и X_8 , X_3 и X_8 , X_4 и X_8 , X_5 и X_8 , X_6 и X_8 , X_7 и X_8 , X_9 и X_8 , X_{10} и X_8 .

Correlations										
Variable	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X1
X2	1.000000	0.861071	0.884353	0.919893	0.886989	0.824585	-0.610348	0.885786	0.959299	0.921652
X3	0.861071	1.000000	0.989780	0.856015	0.953073	0.958161	-0.621181	0.706815	0.918333	0.949943
X4	0.884353	0.989780	1.000000	0.903474	0.951990	0.943377	-0.650282	0.718577	0.949701	0.972980
X5	0.919893	0.856015	0.903474	1.000000	0.859274	0.797591	-0.536176	0.749624	0.973397	0.941518
X6	0.886989	0.953073	0.951990	0.859274	1.000000	0.938124	-0.629595	0.778504	0.937495	0.966965
X7	0.824585	0.958161	0.943377	0.797591	0.938124	1.000000	-0.669558	0.770804	0.890630	0.912213
X8	-0.610348	-0.621181	-0.650282	-0.536176	-0.629595	-0.669558	1.000000	-0.588219	-0.616945	-0.573921
X9	0.885786	0.706815	0.718577	0.749624	0.778504	0.770804	-0.588219	1.000000	0.822768	0.769588
X10	0.959299	0.918333	0.949701	0.973397	0.937495	0.890630	-0.616945	0.822768	1.000000	0.977208
X1	0.921652	0.949943	0.972980	0.941518	0.966965	0.912213	-0.573921	0.769588	0.977208	1.000000

Рисунок 2. Оценка матрицы парных коэффициентов корреляции

Figure 2. Estimation of the matrix of paired correlation coefficients

Более внимательное изучение этого вопроса достигается с помощью расчета значений коэффициентов детерминации каждой из объясняющих переменных $x^{(j)}$ по всем остальным переменным $x^{(j)} = (x^{(1)}, \dots, x^{(j-1)}, x^{(j+1)}, \dots, x^{(p)})$.

Получены следующие результаты оценивания коэффициентов детерминации:

$$R^2_{x_2 / x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}} = 0,968525,$$

$$R^2_{x_3 / x_2, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}} = 0,994205,$$

$$R^2_{x_4 / x_2, x_3, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}} = 0,995287,$$

$$R^2_{x_5 / x_2, x_3, x_4, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}} = 0,980859,$$

$$R^2_{x_6 / x_2, x_3, x_4, x_5, x_7, x_8, x_9, x_{10}} = 0,960731,$$

$$R^2_{x_7 / x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_8, x_9, x_{10}} = 0,966417,$$

$$R^2_{x_8 / x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_9, x_{10}} = 0,655590,$$

$$R^2_{x_9 / x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_{10}} = 0,916071,$$

$$R^2_{x_{10} / x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9} = 0,994329.$$

Анализ оценок коэффициентов детерминации показал наличие тесной линейной связи между всеми объясняющими переменными и остальными признаками.

Достаточным условием плохой обусловленности матрицы (наличия мультиколлинеарности) является большое значение числа обусловленности:

$$M = \frac{|\lambda_{\max}|}{|\lambda_{\min}|}, \quad (1)$$

где λ_{\max} – максимальное собственное число матрицы $X^T X$. Для вычисления собственных чисел матрицы $X^T X$ использована функция eigenvals из математического пакета Mathcad [12].

Таким образом, получено, что значение числа обусловленности составляет $M = 1,915 \cdot 10^8$. На основании полученного результата можно сделать вывод, что между всеми объясняющими переменными существует мультиколлинеарность.

В случае, если между объясняющими переменными существует частичная мультиколлинеарность, то оценки коэффициентов линейной модели, полученные по МНК, становятся неустойчивыми, незначительное изменение состава выборки или состава объясняющих переменных может вызвать кардинальное изменение модели, что делает модель непригодной для практических целей. Наиболее распространенные в таких случаях приемы оценивания параметров регрессионной модели: методы пошаговой регрессии, использование гребневой регрессии (ридж-регрессии), переход от первоначальных переменных к их главным компонентам. Все вышеприведенные методы реализуются в пакете Statistica.

На рисунке 3 представлено исследование регрессионных остатков после оценивания параметров линейной модели множественной регрессии методом пошагового исключения (Backward stepwise).

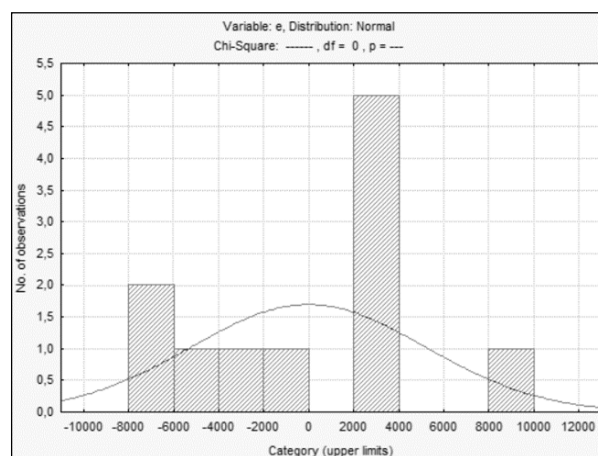


Рисунок 3. Гистограмма распределения регрессионных остатков

Figure 3. Histogram of the distribution of regression residuals

На основании полученного графика, можно предположить, что в разрезе большего временного интервала нулевая гипотеза о том, что распределение регрессионных остатков не отличается от нормального, может быть принята.

Обсуждение

В результате проведения пошаговой регрессии получена следующая оценка уравнения регрессии: $\hat{y} = 0,1433x_5 + 0,3281x_6 + 427,8377x_8$.

(0,0309) (0,0483) (96,2992)

Оценка уравнения регрессии значима, т. к. нулевая гипотеза отклонена; коэффициенты при переменных также значимы. Коэффициент детерминации составил 0,9991, т. е. 99,91% доли вариации результирующей переменной объясняется переменными x_5 , x_6 и x_8 , а 0,09% доли вариации, вероятно, объясняется неучтенными в модели факторами. Другими словами, на изменение объема инвестиций в основной капитал региона большее влияние оказывают такие показатели, как

- уровень добычи полезных ископаемых;
- объем продукции обрабатывающего производства;
- удельный вес численности населения в трудоспособном возрасте.

Согласно полученной регрессионной модели, можно сделать выводы о том, что увеличение уровня добычи полезных ископаемых на 100 млн рублей приводит к увеличению объема инвестиций в основной капитал региона на

14,33 млн рублей, а при увеличении на 100 млн рублей объема продукции обрабатывающего производства инвестиции в основной капитал региона увеличиваются на 32,81 млн рублей. Кроме того, объем инвестиций в основной капитал региона увеличиваются на 427,8377 млн рублей при увеличении на 1% удельного веса численности населения в трудоспособном возрасте в общей численности. С экономической точки зрения полученные выводы можно считать адекватными.

Заключение

На основании результатов корреляционно-регрессионного анализа можно сделать вывод о том, что на уровень объема инвестиций в основной капитал Оренбургской области наиболее значимое влияние оказывают такие сферы экономической деятельности, как сельское хозяйство, добыча полезных ископаемых и обрабатывающие производства. Следовательно, региональным органам управления инвестиционной деятельностью и экономического развития необходимо обратить внимание на реализацию инвестиционного потенциала именно этих отраслей экономики.

Привлечение инвестиций в выявленные отраслевые приоритеты инвестиционной привлекательности Оренбургской области обеспечит создание высокопроизводительных мест на территории региона, увеличение валового регионального продукта, а также даст мультипликативный эффект для развития других видов деятельности.

Литература

- 1 Кособуцкая А.Ю., Равуанжинирова А.В. Инвестиционная привлекательность региона: методики оценки // Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление. 2019. № 1. С. 32–37.
- 2 Литвинцева Г.П., Голдобина А.А. Факторы и пути повышения инвестиционной привлекательности региона // Идеи и идеалы. 2019. № 4–2. С. 243–266. doi: 10.17212/2075–0862–2019–11.4.2–243–266
- 3 Болодурина М.П., Мишурова А.И. Стандартизация оценки инвестиционной привлекательности туристско-рекреационного комплекса региона // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2019. Т. 15. № 11 (380). С. 2108–2127. doi: 10.24891/ni.15.11.2108
- 4 Чимириц А.С. Анализ инвестиционной привлекательности регионов России // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 5–4. С. 143–148. doi: 10.24411/2500–1000–2019–11035
- 5 Валерианов А.А., Дмитриева А.Г., Леванова Т.А. Статистические методы анализа в оценке инвестиционного потенциала региона // Вестник НГИЭИ. 2018. № 6 (85). С. 138–150.
- 6 Дмитриев Н.Д., Родионов Д.Г., Кубарский А.В. Формирование эконометрического инструментария для оценки инвестиционной привлекательности региона // Kant. 2020. № 4(37). С. 70–77. doi: 10.24923/2222–243X.2020–37.15
- 7 Официальная статистика: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области. URL: <https://orenstat.gks.ru/ofstatistics>
- 8 Национальный рейтинг состояния инвестиционного климата в субъектах РФ. Агентство «АСИ»: агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов. Москва: Агентство стратегических инициатив, 2021. URL: https://asi.ru/government_officials/rating/
- 9 Рейтинг инвестиционной привлекательности регионов RAEX за 2020 год: RAEX (РАЭК-Аналитика): рейтинговое агентство. Москва: РАЭК-Аналитика. 2020. URL: <https://raex-a.ru/ratings/regions/2020#graph>
- 10 Соловьёв И.В. Геодезия и прикладная информатика // Вестник МГТУ МИРЭА. 2014. №. 2. С. 3.
- 11 Моисеев Н.А. Сравнительный анализ эффективности методов устранения мультиколлинеарности // Учет и статистика. 2017. № 2 (46). С. 62–73.
- 12 Ерёмкина Д.В. Прикладная информатика для специалистов аграрного сектора // Агропродовольственная политика России. 2017. №. 9. С. 98–103.
- 13 Ali E.B., Amfo B. Comparing the values of economic, ecological and population indicators in High – and Low-Income Economies // Ekonomika regiona. 2021. №. 17(1). P. 72–85. doi: 10.17059/ekon. reg.2021–1–6


- 14 Ayres R., Voudouris V. The economic growth enigma: Capital, labour and useful energy? // *Energy Policy*. 2014. №. 64. P. 16–28.
- 15 Baltina A., Bolodurina M., Gorbatenko E. The application of information technologies in the development of corporate growth strategy // *EMIT 2018 Internationalization of Education in Applied Mathematics and Informatics for HighTech Applications*. Electronic data. 2018. №. 2093. P. 58–66.
- 16 Ramachandran K.M., Tsokos C.P. *Mathematical statistics with applications in R*. Academic Press, 2020.
- 17 Gabdrahmanova K.F., Izmailova G.R., Samigullina L.Z. Methods of mathematical statistics application in assessing the density of actual and forecasting distribution density of residual oil reserves // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020. V. 860. №. 1. P. 012008.
- 18 Zhang Z., Wu Y., Zhang R., Jiang P. et al. Novel transformer fault identification optimization method based on mathematical statistics // *Mathematics*. 2019. V. 7. №. 3. P. 288. doi: 10.3390/math7030288
- 19 Nodira S., Gulchekhra K., Nodira A., Maprat R. et al. Teaching Currently Using Interactive Methods in Problem" Probability Theory and Mathematical Statistics" // *Central Asian journal of mathematical theory and computer sciences*. 2021. V. 2. №. 4. P. 26-28.
- 20 Luo W. Application of improved clustering algorithm in investment recommendation in embedded system // *Microprocessors and Microsystems*. 2020. №. 75. P. 1–8. doi: 10.1016/j.micpro.2020.103066
- 21 Donghyun C. et al. Using genetic algorithm to support clustering-based portfolio optimization by investor information // *Appl. Soft Comput*. 2017. №. 61. P. 593–602.

References


- 1 Kosobutskaya A. Yu., Ravuanguirina A.V. Investment attractiveness of the region: assessment methods. *Bulletin of the VSU. Series: Economics and Management*. 2019. no. 1. pp. 32–37. (in Russian).
- 2 Litvintseva, G.P., Goldobina, A.A. Factors and ways to increase the investment attractiveness of the region. *Ideas and Ideals*. 2019. no. 4–2. pp. 243–266. doi: 10.17212/2075–0862–2019–11.4.2–243–266 (in Russian).
- 3 Bolodurina M.P., Mishurova A.I. Standardization of the assessment of the investment attractiveness of the tourist and recreational complex of the region. *National interests: priorities and security*. 2019. vol. 15. no. 11 (380). pp. 2108–2127. doi: 10.24891/ni.15.11.2108 (in Russian).
- 4 Chimiris A.S. Analysis of investment attractiveness of Russian regions. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2019. no. 5–4. pp. 143–148. doi: 10.24411/2500–1000–2019–11035 (in Russian).
- 5 Valerianov A.A., Dmitrieva A.G., Levanova T.A. Statistical methods of analysis in assessing the investment potential of the region. *Bulletin of the NGIEI*. 2018. no. 6 (85). pp. 138–150. (in Russian).
- 6 Dmitriev N.D., Rodionov, D.G., Kubarski A.V. Formation of econometric tools for evaluating the investment attractiveness of the region. *Kant*. 2020. no. 4 (37). pp. 70–77. doi: 10.24923/2222–243X.2020–37.15 (in Russian).
- 7 Official statistics: the Territorial body of Federal state statistics service of the Orenburg region. Available at: <https://orenstat.gks.ru/ofstatistics> (in Russian).
- 8 National rating of the investment climate in the subjects of the Russian Federation. Agency "ASI": agency for strategic initiatives to promote new projects. Moscow: Agency for Strategic Initiatives, 2021. Available at: https://asi.ru/government_officials/rating/ (in Russian).
- 9 Rating of investment attractiveness of RAEX regions for 2020: RAEX (RAEX-Analytics): rating agency. Moscow: RAEX-Analytics. 2020. Available at: <https://raex-a.ru/ratings/regions/2020#graph> (in Russian).
- 10 Solovyov I.V. Geodesy and applied informatics. *Bulletin of MSTU MIREA*. 2014. no. 2. pp. 3. (in Russian).
- 11 Moiseev N.A. Comparative analysis of the effectiveness of multicollinearity elimination methods. *Accounting and statistics*. 2017. no. 2 (46). pp. 62–73. (in Russian).
- 12 Eremina D.V. Applied informatics for specialists in the agricultural sector. *Agro-food policy of Russia*. 2017. no. 9. pp. 98-103. (in Russian).
- 13 Ali E.B., Amfo B. Comparing the values of economic, ecological and population indicators in High – and Low-Income Economies. *Ekonomika regiona*. 2021. no. 17(1). pp. 72–85. doi: 10.17059/ekon. reg.2021–1–6
- 14 Ayres R., Voudouris V. The economic growth enigma: Capital, labour and useful energy? *Energy Policy*. 2014. no. 64. pp. 16–28.
- 15 Baltina A., Bolodurina M., Gorbatenko E. The application of information technologies in the development of corporate growth strategy. *EMIT 2018 Internationalization of Education in Applied Mathematics and Informatics for HighTech Applications*. Electronic data. 2018. no. 2093. pp. 58–66.
- 16 Ramachandran K.M., Tsokos C.P. *Mathematical statistics with applications in R*. Academic Press, 2020.
- 17 Gabdrahmanova K.F., Izmailova G.R., Samigullina L.Z. Methods of mathematical statistics application in assessing the density of actual and forecasting distribution density of residual oil reserves. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020. vol. 860. no. 1. pp. 012008.
- 18 Zhang Z., Wu Y., Zhang R., Jiang P. et al. Novel transformer fault identification optimization method based on mathematical statistics. *Mathematics*. 2019. vol. 7. no. 3. pp. 288. doi: 10.3390/math7030288
- 19 Nodira S., Gulchekhra K., Nodira A., Maprat R. et al. Teaching Currently Using Interactive Methods in Problem" Probability Theory and Mathematical Statistics". *Central Asian journal of mathematical theory and computer sciences*. 2021. vol. 2. no. 4. pp. 26-28.
- 20 Luo W. Application of improved clustering algorithm in investment recommendation in embedded system. *Microprocessors and Microsystems*. 2020. no. 75. pp. 1–8. doi: 10.1016/j.micpro.2020.103066
- 21 Donghyun C. et al. Using genetic algorithm to support clustering-based portfolio optimization by investor information. *Appl. Soft Comput*. 2017. no. 61. pp. 593–602.

Сведения об авторах


Ирина П. Болодурина д.т.н., профессор, кафедра прикладной математики, Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, г. Оренбург, 460018, Россия, ipbolodurina@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0096-2587>

Марина П. Болодурина к.э.н., доцент, кафедра управления персоналом, сервиса и туризма, Оренбургский государственный университет, пр-т Победы 13, г. Оренбург, 460018, Россия, bolodurina@inbox.ru


 <https://orcid.org/0000-0002-6414-245X>

Карина М. Абельгазина студент, факультет математики и информационных технологий, Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, г. Оренбург, 460018, Россия, abelgazina99@mail.ru


 <https://orcid.org/0000-0003-2596-6402>

Information about authors


Irina P. Bolodurina Dr. Sci. (Engin.), professor, applied mathematics department, Orenburg State University, 13 Pobedy Av., Orenburg, 460018, Russia, ipbolodurina@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0096-2587>

Marina P. Bolodurina Cand. Sci. (Econ.), associate professor, personnel management, service and tourism department, Orenburg State University, 13 Pobedy Av., Orenburg, 460018, Russia, bolodurina@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6414-245X>

Karina M. Abelgazina student, applied mathematics department, Orenburg State University, 13 Pobedy Av., Orenburg, 460018, Russia, abelgazina99@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2596-6402>

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 23/12/2021	После редакции 24/01/2022	Принята в печать 18/02/2022
Received 23/12/2021	Accepted in revised 24/01/2022	Accepted 18/02/2022

Управление организационными изменениями предприятия на рынке домофонных систем: теоретические подходы, анализ потенциала и стратегия развития




Мария А. Гурина	¹	mag30@mail.ru	 0000-0003-1454-1046
Светлана И. Васильева	¹	kuchmieva@mail.ru	 0000-0002-0745-414X
Анна С. Шурупова	¹	shurupova2011@mail.ru	 0000-0001-6490-2079

¹ Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Липецкий филиал, ул. Интернациональная, 3, г. Липецк, 398050, Россия

Аннотация. В статье раскрываются теоретические подходы к управлению организационным потенциалом предприятия в условиях изменений и реорганизации. Приводятся позиции зарубежных и отечественных авторов относительно предмета организационного развития и основных факторов, влияющих на разные составляющие организации и подвергающиеся изменениям. Раскрываются цели организационного развития современной организации и выделяются риски, с которыми сталкивается организация в условиях изменений. Авторы обосновывают эффективность развития организации выбором модели управления изменениями, которая позволяет подготовиться ей к вызовам внешней и внутренней среды. В рамках исследования рассматривается отрасль домофонных систем, которая в настоящее время подвергается значительным изменениям, в том числе, по составу продукции и видам услуг под воздействием технологических факторов. В настоящее время агрессивное наступление и диверсификация деятельности крупных компаний на региональные рынки этой сферы экономики приводит к достаточно понятному алгоритму изменений в организационном потенциале подобных предприятий. В связи с этим большой интерес, на наш взгляд, представляет анализ опыта управления изменениями региональных небольших компаний. Объектом исследования стало региональное предприятие Липецкой области ООО «Бином», занятым в сфере домофонных систем. Анализ предмета исследования с помощью различных инструментов стратегического анализа внешней и внутренней среды компании позволил выявить основные проблемы в управлении организационного развития, связанного со стилем руководства, моделью организационной культуры, применяемыми методами управления, не соответствующими этапу жизненного цикла компании. Для повышения жизнеспособности предприятия на рынке домофонных систем, которая выступает ключевым фактором и условием развития в долгосрочном периоде, был предложен комплекс мер, направленный на подготовку компании к изменениям в будущем и повышение эффективности менеджмента в настоящем.

Ключевые слова: управление изменениями, анализ потенциала, стратегия развития, рынок, домофонные системы

Management of organizational changes in the enterprise in the market of intercom systems: theoretical approaches, analysis of potential and development strategy

Mariya A. Gurina	¹	mag30@mail.ru	 0000-0003-1454-1046
Svetlana I. Vasileva	¹	kuchmieva@mail.ru	 0000-0002-0745-414X
Anna S. Shurupova	¹	shurupova2011@mail.ru	 0000-0001-6490-2079

¹ Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Lipetsk branch, International St., 3, Lipetsk, 398050, Russia

Abstract. The article reveals theoretical approaches to managing the organizational potential of the enterprise in the conditions of change and reorganization. The positions of foreign and domestic authors on the understanding of the subject of organizational development and the main factors affecting the different components of the organization and undergoing changes are compared. The goals of organizational development of the modern organization are revealed and the risks faced by the organization in the context of change are highlighted. The authors justify the effectiveness of the organization's development by choosing a change management model that allows it to prepare for the challenges of the external and internal environment. The study considers the industry of intercom systems, which is currently undergoing significant changes, including in the composition of products and types of services under the influence of technological factors. Currently, the aggressive offensive and diversification of the activities of large companies into the regional markets of this sector of the economy leads to a fairly understandable algorithm for changes in the organizational potential of such enterprises. In this regard, in our opinion, the analysis of the experience of managing changes of regional small companies is of greater interest. The object of the study was a regional enterprise of the Lipetsk region LLC Binom, engaged in the field of intercom systems. Analysis of the research subject with the help of various tools of strategic analysis of the external and internal environment of the company revealed the main problems in the management of organizational development related to the management style, the model of organizational culture, applied management methods that do not correspond to the stage of the life cycle of the company. To increase the viability of the enterprise in the market of intercom systems, which is a key factor and condition for development in the long term, a set of measures was proposed aimed at preparing the company for changes in the future and improving management efficiency in the present.

Keywords: change management, potential analysis, development strategy, market, intercom systems

Для цитирования

Гурина М.А., Васильева С.И., Шурупова А.С. Управление организационными изменениями предприятия на рынке домофонных систем: теоретические подходы, анализ потенциала и стратегия развития // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 305–323. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-305-323

For citation

Gurina M.A., Vasileva S.I., Shurupova A.S. Management of organizational changes in the enterprise in the market of intercom systems: theoretical approaches, analysis of potential and development strategy. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 305–323. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-305-323

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

Введение

Одна из главных задач организационного развития – повышение эффективности работы организации в целом. Для реализации решений в современном менеджменте используются методы управления, которые доказали свою эффективность, но качество процесса внедрения можно улучшить за счёт использования методов, которые предлагает нам теория и практика управления изменениями.

Проблема управления организационными изменениями наиболее глубоко исследована зарубежными специалистами в этой области: И. Ансофф, Л. Грейнер, Дж. Ньюстром, Р. Грант, Э. Шайн/ Также необходимо отметить большой вклад в развитие теории управления изменениями К. Левина и Дж. Коттера [11, 18], а также публикации многих других современных ученых, работающих в этом направлении [20, 21, 23]

Среди отечественных исследователей, занимающихся данными вопросами необходимо отметить В. Демьяненко, Ю. Гануса, К. Верк, А.И. Наумова, О.К. Платова, И.П. Герчикову, В.К. Тамбовцева, Г.Н. Чернецова. Однако эти исследователи акцентируют внимание на разработке стратегий, а вопросы реализации стратегии и особенно управления изменениями не получают должного освещения.

В нашем исследовании мы рассмотрели рынок домофонных систем и проанализировали опыт работы предприятия, прошедшего реорганизацию, а также реализующего стратегию в условиях изменений. В более ранних наших публикациях мы неоднократно обращались к вопросу поиска факторов жизнеспособности и эффективного руководства организации различных сфер деятельности в условиях изменений [6, 17]. В рамках сегодняшнего нашего исследования мы обратились к проблемам управления изменениями предприятия рынка домофонов.

Среди основных драйверов рынка домофонных устройств называют:

- растущую потребность в безопасности для всех типов объектов;
- активный рост сетевых решений, в том числе в рамках проектов Умный город, тенденции к взаимной интеграции систем [22];
- рост компетентности управляющих компаний.

В условиях динамичного развития отрасли нам представляется интересным анализ опыта управления компанией и реализации стратегии поведения в условиях изменений. Активное наступление крупных компаний на региональные рынки, которые часто диверсифицируют свою деятельность и осваивают

другие виды деятельности, часто приводит к вытеснению небольших предприятий, занятых в основном оказанием услуг в данной сфере. Это повлияло на выбор объекта нашего исследования – региональное предприятие Липецкой области ООО «Бином».

Цель исследования – проведение анализа организационного потенциала и управления изменениями, а также определение возможных направлений развития предприятия в этих условиях.

Подходы и модели к управлению организационным развитием

Изменения в организации неотъемлемая часть развития, как правило они происходят в результате ответной реакции на изменяющиеся условия внешней среды. Для эффективного ведения деятельности организации должны обладать достаточной гибкостью и адаптивностью, для того чтобы приспосабливаться к тем условиям, в которых они существуют или иметь возможность изменить сами условия. По мнению И. Адзизеса управление изменениями позволяет продлить благоприятные для организации стадии жизненного цикла [1]. От управления изменениями зависит скорость и успешность преодоления кризисов в организации. Таким образом, грамотное управление изменениями является необходимым, для обеспечения существования и развития организации.

Дж. Коттер, основываясь на анализе деятельности сотен компаний, производящих масштабные стратегические изменения, утверждает, что в более чем 70% ситуаций перемены: не проводились в полном объеме; проваливались; осуществлялись с опозданием, превышением бюджета или вызывая сильное раздражение сотрудников [11]. Внедрение управления изменениями, тот ресурс, который необходимо использовать, чтобы сделать отечественный бизнес более конкурентоспособным.

Существует множество трактовок понятия «изменений». Наиболее важным для прикладных исследований, является разделение определений на те, где под организационными изменениями понимается содержание, и те, где понимается процесс [19].

Также существуют определения, включающие в себя обе данных характеристики. Например, подразумевается, что анализ содержания изменений будет полноценным лишь тогда, когда позволяет выявить, какие характеристики организации изменились за данный период. Анализ процесса изменений – позволит определить способ проведения изменений [16].

Специалисты в области менеджмента Д.В. Ньюстром, К. Девис, предлагают следующее определение: «Организационное развитие – систематическое применение положений поведенческой науки на различных уровнях организации (групповом, межгрупповом, организационном в целом) с целью осуществления запланированных преобразований» [14]. Продолжая мысль авторов, можно заключить, что рассматривать организационное развитие необходимо используя системный подход. Однако, В.В. Верк в своём определении, делает акцент на процессе как главной сущности организационного развития: «Организационное развитие – процесс плановых изменений организационной культуры, основанный на применении методик, теорий и результатов исследований наук о поведении» [4]. Обобщая данные точки зрения, можем сделать вывод о том, что организационное развитие, является процессом, который включает в себя систематическое применение, положений поведенческой науки, для достижения плановых результатов организации.

Главной целью организационного развития, является получение положительных изменений в компании, по средствам использования опыта бизнеса и методов управления, выражающихся в улучшении финансовых показателей, эффективности работы внутренней системы управления, индивидуальное развитие сотрудников.

В современной теории и практике под развитием, как правило, понимают мероприятия в области менеджмента, направленные на достижение, поставленных руководством, целей организации, опирающихся на три переменные: управление человеческими ресурсами, знания и инфраструктуру [23]. В частности:

1. Возрастающая сложность системы, как правило рост числа элементов и связей между ними.

2. Ускорение адаптационных процессов организации.

3. Рост масштабов деятельности.

4. Качественное изменение системы.

Существует размытие понятий организационных изменений и организационного развития. Многие авторы рассматривают их как синонимы. Ю. Ганус, отечественный эксперт по организационному развитию, утверждает, что что «не всякое изменение является развитием, но всякое развитие является изменением» [5]. Исходя из мнения автора можно сделать вывод о том, что развитие – это качественное изменение. Следовательно, развитие не может происходить без изменений, но изменения могут протекать, не оказывая качественного влияния на состояние объекта.

Изменения, протекающие в организации, затрагивают все основные элементы, включая: организационную структуру, персонал, продукт, систему контроля качества и многое другое [10, 13, 23].

Таким образом, необходимость в осознании актуальных проблем в развитии организаций, в современном менеджменте, ставит во главу угла способность компании к адаптации в зависимости от изменений во внешней и внутренней среде [15, 16]. От этого во многом зависит не только эффективность ведения деятельности, но и выживание компании. Проведение эпизодических мероприятий по организационному развитию, является ошибкой в управлении. В современном мире, целенаправленная, постоянная работа, которая преследует реализацию стратегических целей, позволит получить весомый результат. Именно стратегически обоснованные цели помогают достигать высоких результатов на рынке в долгосрочной перспективе.

Рассуждая об организационном развитии, следует отметить, что объектом, в данном случае выступает сама организация. Именно по отношению к ней, как целостной системе, руководство предпринимает те или иные решения. Предмет включает в себя: эффективность деятельности, производительность, результативность.

Существует несколько подходов к развитию организации. Если обобщить различные классификации, то можно выделить три основных подхода.

К первому относятся подходы, которые рассматривают организацию с социальной стороны. Их часто называют гуманитарные. К ним причисляют: формы организации коллективной деятельности, эволюционные подходы, проведение коучингов и деловых игр. Ключевым элементом, является человек в социуме и определение его места и роли. Одно из самых слабых мест данного подхода, является то, что его эффективность и методика напрямую зависит от опыта конкретного эксперта. В качестве методологической базы используются социология и психология [18].

Поскольку любая организация, является сложной системой, неудивительно, что при современном уровне развития технологий, возникли инженерные подходы к организационному развитию [21].

Методологическая база – теория систем, системотехника, системный анализ, кибернетика. С помощью развития технологий и структуры, для оптимизации информационных связей, инженерные подходы позволяют добиться значительных результатов в прикладной деятельности.

Особенно это заметно в совокупности с развитием цифровых технологий. Бурко Р.А., Соколова В.Д. выделили общую специфическую черту этих подходов, по их словам, родственность формализации, регламентации деятельности до определенной степени [3].

Наиболее известными подходами, подробно описанными в различных источниках и нашедшими свое практическое воплощение в управлении предприятиями, являются: а) системный анализ; б) реинжиниринг бизнес-процессов; в) всеобщее управление качеством; г) научная организация труда; д) технология структурного анализа и проектирования.

Согласно последнему подходу, цель организационного развития заключается в адаптации предприятия, к внешним условиям по средствам внутренних изменений. Для достижения этой цели, первые исследования стремились повысить качество управления по средствам обучения руководящего персонала.

Результатом исследования стало заключение о том, что разработка стратегий организационного развития невозможна без, учёта влияния внешней среды и тех внутриорганизационных изменений, что она вызывает.

Реализовать поставленную цель можно упорядочив используемые методы в единую систему. Основные направления деятельности должны затрагивать вопросы совершенствования стратегического управления; повышения эффективности механизмов принятия решений; устранения и предотвращения конфликтов между звеньями управления и подразделениями организации; развития организационной структуры организации; развития человеческого капитала организации и процессов коммуникации в организации; оптимизации системы стимулирования и мотивации персонала.

Эмпирические подходы или подходы, основанные на использовании опыта работы в определённой сфере или в решении определённых функциональных задач. Наиболее активно используются в системе образования по стандарту MBA (Master of Business Administration) и бенчмаркинге [8].

Данные методы опираются на накопленный опыт в принятии управленческих решений, используют типовые схемы и способы организации, которые уже доказали свою эффективность в прошлом.

Управление организационным развитием, на практике сталкивается с множеством сложностей и рисков [6, 21]. В связи с чем выделяют различные организационные решения со стороны менеджмента относительно выбора алгоритма управления в этих условиях:

1. Самостоятельное управление организационным развитием, осуществляемое руководителем. Часто данный подход используется небольшими предприятиями, которые не могут позволить себе использование иного подхода. Также многое зависит и от личности руководителя, который может не допускать к управлению как сотрудников, так и сторонних консультантов. На практике зачастую организационное развитие выделяется в отдельный вид деятельности руководителя, а реализуется в совокупности с разработкой стратегии организации.

2. Создание отдельного подразделения, курирующее организационное развитие. Наиболее распространённый подход, эффективность которого во многом зависит от компетентности членов этого подразделения, их профессионального опыта и общего видения реализуемой стратегии.

3. Привлечение сторонних консультантов, для решения вопросов организационного развития. В отечественной практике данный подход не пользуется значительной популярностью.

Что касается последнего подхода к организации процессов управления изменениями, то в практике управления и консультирования организаций ставка делается именно на модели жизненных циклов как одни из самых действенных и часто используемых. Они способны дать руководителям возможность подготовиться к возникновению критических ситуаций, дать направление работая в котором у организации больше вероятность получения высоких результатов. Имея системное представление, благодаря использованию моделей, можно лучше понять, что происходит внутри организации, определив, что является закономерным, а какие проблемы требуют повышенного внимания.

В 1972 году Ларри Грейнер, предложил модель, описывающую этапы жизненного пути организации. Для создания своей модели он, предположил, что для определения уровня развития достаточно выделить пять главных факторов: размер организации; возраст организации; этапы эволюции; этапы революции; темпы развития отрасли [12].

В своей модели, Грейнер выделяет пять этапов жизненного цикла, называя их «стадиями роста». Данные этапы имеют кумулятивный эффект, другими словами, каждая последующая стадия, является результатом предыдущей и причиной возникновения последующей.

Стоит отметить, что отличие этапа эволюции от этапа революции заключается в том, что в первом случае продолжение роста осуществляется благодаря доминирующему стилю управления. Во втором случае рост будет возможным, после того как решится доминирующая проблема управления этого этапа.

Стадия 1. Кризис лидерства. В начале своей деятельности организация растёт благодаря тем новым и креативным идеям, которые она стремится реализовать. По мере роста организации, возможность прямого контроля руководителя во всех сферах ослабевает. Появляется необходимость в грамотном управлении и делегировании полномочий.

Стадия 2. Кризис автономии. После того как менеджеры выстраивают организационную структуру, определяют зоны ответственности. Постепенно в организации появляются первые признаки профессионального общения, появляются инструменты для поощрения и наказания, а также система контроля. Как правило формируется жёсткая функциональная структура, у которой есть значительный недостаток, а именно недостаточная информированность и отсутствие полномочий, для оперативного решения возникающих задач нижнего уровня.

Стадия 3. Кризис контроля. На данном этапе большой полнотой полномочий, наделяется управляющие высших уровней, руководители отдельных подразделений или направлений. Появляются нестандартные методы мотивации, например участие в прибыли компании, бонусы. Постепенно теряется контроль над разрастающейся организацией. Руководители подразделений, в основном стремятся к достижению ключевых показателей, даже, если это идёт в разрез с общими целями организации.

Стадия 4. Кризис «запретов». Возникает проблема слишком сложной системы. Штаб организации, где происходит распределение ресурсов и разработка планов, а также осуществляется контроль за их исполнением, значительно увеличивается. Организация уже не может эффективно осуществлять контроль за планированием и распределением ресурсов. Она неспособна, также быстро реагировать на изменения внешней среды, что приводит к снижению общей эффективности деятельности.

Стадия 5. Кризис новой стадии. Выход из кризиса на данной стадии во многом зависит от осознания и определения наличия проблемы самой организацией. После чего последуют первые шаги в сторону создания более гибкой системы. Необходимость, в сокращении управляющего штата и снижение уровня контроля, становится очевидной. Вводятся поощрения для новых идей.

Пятая стадия, является заключительной, но как утверждает сам автор модели, следующий этап возможен. Так же, Грейнер выдвинул предположение о том, что последующий кризис будет связан с «выгоранием» сотрудников, так как всё увеличивающаяся интенсивность работы пагубно влияют на психологическое состояние.

Ицхак Адизес – один из мировых экспертов в области улучшения работы коммерческих и государственных организаций путем проведения изменений «мягким путем». Его модель «жизненного цикла организации» позволяет определить, главные процессы, основные направления для развития, угрозы и даже отношения коллективе организации [2]. Можно заключить, что, как и любая другая продуктивная теория, она характеризуется двумя компонентами: объясняющей и предсказующей. Для работы с российскими организациями важны обе. Первая способствует возбуждению чувства доверия как к самой теории. Вторая заставляет обратить внимание на те моменты, которые обычно не рассматриваются руководством российских компаний как ключевые [7].

Этап 1. «Тусовка». Дружеские, неформальные отношения, преобладают в коллективе. Существует идеологическое равноправие, главенство идей. Отсутствует профессиональное управление.

Этап 2. «Механизация». Происходит формализация отношений и процессов. Создаются правила внутреннего распорядка, должностные инструкции. Приоритет стандартизация. Распределяются зоны ответственности, а любые нововведения встречают сопротивление.

Этап 3. «Внутреннее предпринимательство». Достижение поставленных целей, является приоритетом деятельности. Предпринимательские инициативы сотрудников внутри организации, регулируются согласно разработанной стратегии. Ценности: профессионализм, эффективность деятельности.

Этап 4. «Управление качеством». Вся деятельность организации ориентирована на конечный результат, для удовлетворения потребностей клиента. Целью такого подхода – расширение рынка, с помощью создания собственного стандарта качества. Как правило, достигается это с помощью внедрения идеологии «внутренний клиент», когда результат работы одного подразделения становится сырьём для другого.

В большинстве моделей, авторы согласны с тем, что каждый этап можно разделить на шесть стадий: формирование, рост, стабилизация, стагнация, кризис, распад.

Таким образом, выбор концептуального инструмента в управлении изменениями, представляется одним из ключевых решений менеджмента для обеспечения дальнейшей стратегии развития. Описанные подходы, являются наиболее распространёнными и часто используемыми. Модели организационного развития, позволяют получить системное представление об организационных проблемах, отношениях и процессах внутри организации.

Конкуренция в современном мире нарастает с каждым годом. Скорость изменения

внешней среды и конъюнктуры рынка, вынуждает компании искать возможности для быстрой адаптации. Для более устойчивого развития компании необходимо изменяться. На сегодняшний день существует большое количество моделей, которые позволяют повысить вероятность успешного внедрения таких изменений, многие из них были сформулированы ещё в начале 1990-х годов. Авторами наиболее известных моделей являются: К. Левин, Дж.П. Коттер, Дж. Дак, И. Ансоффа, Ф. Гуияр и Дж. Келли, М. Бир и Н. Нориа, С.Н. Герман, Д. Хайят.

Одной из первых моделей, является трёх-этапная модель Курта Левина. В ней описываются три этапа реализации изменений [18]: «Размораживание». На первом этапе происходит осознание текущего положения дел и определение желаемых результатов.

«Движение». На втором этапе реализуется непосредственный переход к желаемому состоянию. Проводиться основная работа по достижению целей.

«Замораживание». На заключительном этапе, организация пытается сохранить достигнутый результат или состояние.

Отметим, что данная модель не позволяет, детализировано рассмотреть весь процесс изменений, но стоит понимать, что именно она, является той основой, которая во многом определила траекторию развития для создания моделей в будущем.

Следует отметить, что внедрение практически любых изменений, как правило встречает сопротивление. И для грамотного внедрения необходимо уметь управлять изменениями в целом. Исследуя модель Джона Коттера, обратим внимание на этапы, представленные на рисунке 1, следуя которым внедрение изменений можно произвести с большим успехом.



Рисунок 1. Восьмиступенчатая модель внедрения изменений Джона Коттера [11]

Figure 1. John Kotter's Eight-Step Change Implementation Model

Первые три шага в данной модели не предполагают активных действий. Они создают верный климат для изменений. Шаги с четвертого по шестой являются активной фазой внедрения и оптимизации. Седьмая и восьмая ступень необходимы для завершения, анализа результатов и закрепления новых методов работы сотрудников [11].

На рисунке 1 представлены этапы внедрения изменений по Джону Коттеру:

1. Понимание необходимости изменений. Один из самых важных этапов на котором сотрудники осознают неотвратимость изменений. Важно создать условия для открытого, честного диалога с сотрудниками, который убедит их в срочном принятии мер.

2. Формирование коалиции, поддерживающей изменения. Создание проектной команды одно из важнейших решений. Собирать группу важно с учётом тех областей, в которых заняты люди, это поможет получить многосторонний взгляд на проблемы. Это также позволит привлечь других сотрудников и изменить их позицию на более лояльную.

3. Формирование видения изменения. Позволяет сделать цели более конкретными, повысит согласованность в действиях сотрудников и создаст поддержку для реализации общего видения

4. Организация взаимодействия заинтересованных сторон. Новое видение должно быть принято абсолютным большинством сотрудников.

5. Устранение препятствий для выполнения изменения. Выявить тех, кто сопротивляется изменениям. Необходимо определить препятствия, которые могут помешать изменениям, по возможности устранить их.

6. Выполнение изменения путём быстрых побед. Чтобы у сотрудников сложилось чёткое видение и понимание того, что происходит, требуется составить краткосрочные цели.

7. Завершение выполнения изменения. После получения первых результатов нужно не останавливаться и продолжать проведение изменений. Лучшее влияние окажет увязка ценностей и корпоративной культуры с нововведениями. Это поможет найти пути совершенствования в долгосрочной перспективе.

8. Закрепление изменения. Изменения будут завершены, когда они станут частью организации. Проведение регулярных оценок и обсуждений поспособствуют этому.

Таким образом, модели управления изменениями помогают организациям подготовиться к предстоящим изменениям. Гибкость и адаптивность, являются основами устойчивости

предприятия в современных условиях. Модели не просто позволяют более эффективно внедрять изменения, они могут сделать всю систему более гибкой. Большой плюс использования данных моделей заключается в том, что они применимы как на уровне всей организации, так и для проведения отдельных нововведений в конкретном отделе. В дальнейшем мы постарались показать возможности использования различных теоретических подходов к решению проблем организационного развития на примере конкретного предприятия.

Этапы развития и оценка организационного потенциала предприятия на рынке домофонных систем

Глобальный рынок производителей домофонов сильно фрагментирован из-за наличия более 300 вендоров, работающих и продающих домофоны по всему миру. По прогнозам аналитиков TechNavio мировой рынок домофонных устройств вырос в период с 2016 по 2020 год на 3%. Сегодня происходит существенное изменение рынка по составу продукции: если еще в 2019–2020 гг. 51% принадлежал аудиодомофону, то к концу 2021 года все большее распространение получают видеодомофоны.

В среднем за год доля новых домофонов увеличивается на 2–3%. К 2021 г. эта цифра достигает 15–17%. Несомненно пандемия и общий спад экономической активности внесли свои коррективы в этот сектор экономики и Россия пока отстает по темпам внедрения новых домофонных систем от других постиндустриальных стран, однако, именно домофония и видеонаблюдение имеют дополнительные драйверы роста в виде государственных проектов Домофоны подразделяются на малоабонентские (малоабонентские домофоны устанавливаются, как правило, перед въездными воротами к частным домам) и многоабонентские (многоабонентские домофоны чаще всего ставятся на подъездах многоэтажных и многоквартирных домов).

Многоабонентские домофоны подразделяют по принципу адресации на координатно-матричные и цифровые. Пока наиболее распространены координатно-матричные домофоны.

С развитием IT технологий всё большую популярность получают IP-Домофоны. Эти домофоны появились с появлением локальных сетей, так как без них они бесполезны. Подъездные IP-Домофоны стоят намного дороже цифровых или координатных, однако их возможности превосходят возможности аналоговых систем в разы.

Домофоны также подразделяются на видео домофоны и аудио домофоны. Видео домофоны, помимо голосовой передачи данных,

оснащены видеокамерой и передают видео звонящего человека (с помощью таких домофонов можно увидеть лицо человека и определить, не заставляют ли его действовать принудительно).

Несмотря на небольшой процент IP-домофонии в современных системах, ретроспектива рынка домофонии показывает существенную динамику с момента их появления, что дает основания прогнозировать динамичное развитие сегмента рынка.

Объектом нашего исследования выступает компания «Бином», действующая на региональном рынке домофонных и комплексных систем безопасности. В своей эволюции развития предприятие прошло этапы от стадии образования муниципального предприятия по ремонту и содержанию телевизионных антенн до стадии преобразования в акционерное общество в 2011 году с диверсификацией производства и освоением новых видов направлений деятельности: охранная пожарная сигнализация, домофонизация и оказание иных услуг в области слаботочных систем. С 2016 года ООО «Бином» оказывает широкий спектр услуг населению и предприятиям не только г. Липецка и Липецкой области в области, но и далеко за пределами региона, благодаря гибкой ценовой политике и инновациями. Предприятие является поставщиком комплексных систем обеспечения безопасности жизнедеятельности. Системы типа КСОБ (комплексная система обеспечения безопасности) предполагают технические, организационные меры, обеспечивающие безопасность по разным направлениям на объектах и сооружениях – здания, заводы и склады, общественные, офисные и коммерческие помещения, окружающая территория и вообще то, что часто называют инфраструктурой.

Особо высокие требования выдвигаются для систем безопасности там, где много людей – учебные заведения, спортивные площадки и стадионы, органы власти, торгово-развлекательные центры, иные объекты массового скопления людей. Основная работа ведётся по трём направлениям: а) обеспечение безопасности жизни и здоровья; б) защита сохранности имущества, находящегося на территории объекта; в) обеспечение пожарной безопасности.

КСОБ для решения этих и подобных задач реализуется на единой программно-технической платформе, которая включает в себя такие основные составляющие, как система видеонаблюдения; система контроля и управления доступом (СКУД), включая систему пропусков и учета рабочего времени персонала; системы пожарной и охранной безопасности, включая

подсистемы сигнализации и оповещения, разноплановые датчики проникновения, модули пожаротушения, аварийного освещения и др.

Созданием КСОБ на объекте занимаются специализированные организации, имеющие соответствующие лицензии, как рассматриваемая нами фирма «Бином». Она, располагая грамотными специалистами в данной области, с помощью создания единой слаботочной сети, объединяющего специальное оборудование (датчики, контроллеры, камеры наблюдения, программно-вычислительные ресурсы и серверы и др.) создают то, что и можно будет назвать системой комплексной безопасности.

Впрочем, только технической базы бывает недостаточно, нужны еще меры по подготовке персонала, создания организационно-документального обеспечения (политики безопасности, процедуры и режимы работы персонала и т. п.).

Ещё одним из направлений деятельности, является обслуживание установленных систем, поддержка их в рабочем состоянии, обновление используемого ПО (программное обеспечение). Что в перспективе может стать стабильным источником дохода организации, даже при отсутствии больших заказов. Потому квалифицированная работа лицензированной компании заключается не только в проектировании и монтаже технических устройств. Необходима еще подготовка кадров и организационная помощь во внедрении всей системы в действие. Контроль и работы согласно установленным нормам соответствующих служб и надзорных государственных органов.

Сюда входят, например, такие нетехнические работы, как издание соответствующих приказов по безопасности, регламентов и журналов (включая обучение сотрудников), организация периодического контроля и профилактических работ, измерения и контрольные мероприятия.

Реализаций проекта по внедрению, установке, подключению и обслуживанию КСОБ, необходимо заниматься компании, которая обладает как материально технической базой, так и высококвалифицированными кадрами. Соответствие этим требованиям является необходимой составляющей работоспособности всей КСОБ, что и должна обеспечить квалифицированная компания, предлагающая подобные услуги на рынке безопасности.

В условиях жесткой конкуренции на рынке подобных услуг особую роль в позиции компании приобретает реализация таких принципов развития как репутационная надежность, как в работе с частными лицами и со строительными и другими организациями в области установки комплекса слаботочных работ по монтажу и разработке проектов в области:

- 1) систем приема эфирного и кабельного телевидения;
- 2) систем домофонизации;
- 3) систем телефонизации, радиофикации, диспетчеризации лифтов;
- 4) наружных сетей радио и связи.

Расширение градостроительства и появление новых типов жилья и микрорайонов (например, «Университетский» в г Липецке, а также реализация федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года» открыли для предприятия новые возможности позиционирования на региональном рынке и перехода на новый этап развития. С 2014 года начала работу комплексная система обеспечения безопасности жизнедеятельности населения (далее – Комплексная система). С 2016 года одним из крупнейших поставщиков необходимого оборудования стала компания ООО «Бином».

Комплексная система, в создании которой участвует «Бином» представляет собой сопряженную с региональной автоматизированной системой централизованного оповещения населения Липецкой области систему, которая позволяет не только проводить оповещение населения посредством доведения сигнала «Внимание всем» и передачи речевых сообщений. Данная система имеет возможность информирования и оповещения населения посредством домофонов, установленных в подъездах (при входе и выходе из подъезда) и в квартирах жителей (одновременно во всех квартирах оповещаемого подъезда без необходимости снятия трубки домофона).

Также позволяет организовать оповещение и информирование посредством громкоговорящей связи в лифтовых кабинах. Посредством домофонов Комплексная система позволяет осуществить вызов экстренных оперативных служб по единому номеру «112». При этом при вызове с клавиатуры домофона в подъезде, при наличии технической возможности, диспетчер осуществляет визуальный контроль вызывающего.

Подсистема визуального контроля кроме видеокамер, установленных в домофонах, состоит также из сети камер видеонаблюдения, расположенных в микрорайоне, с покрытием всей его территории.

В рамках Комплексной системы было реализовано создание удаленных точек доступа к камерам для дежурных для служб жизнеобеспечения и силовых структур. Видеоинформация доступна круглосуточно в режиме реального времени. При соответствующей регистрации доступ к камерам могут получить жители микрорайона. Также осуществляется запись и хранение видеоинформации.

Программы развития КСОБЖ, цифрового ТВ и домофонизации охватили не только г. Липецк, но и другие города области, например, Грязи и Лебедянь, Усмань, Задонск, Елец, где ООО «Бином» стало успешно развивать свою деятельность.

В связи с переходом на новый этап развития, возникла необходимость в увеличении численности сотрудников предприятия. Средний возраст работающих на предприятии 40 лет, большинство – это специалисты с высшим и средне-специальным образованием.

Основная стратегическая цель, которую определило руководство ООО «Бином» заключается в сохранении за собой роли ключевого поставщика медиа услуг, а также услуг по изготовлению, монтажу и обслуживанию металлоконструкций с системой домофонизации и обеспечения пожарной безопасности доступных широкому кругу потребителей с различным достатком:

Основой выработки ключевых методов и алгоритмов управления изменениями является оценка общего финансово-экономического

состояние предприятия. Анализ основных экономических показателей деятельности предприятия показывает устойчивые тенденции к укреплению экономического положения, росту выручки и прибыли компании. Рост объема производимой продукции и выручки от реализации показывает устойчивую динамику к развитию производственной и торговой деятельности (таблица 1).

Численность работающих на предприятии повысилась на 15, 2%, что является следствием расширения штата организации и расширением компании. Это обусловлено тем, что с 2019 года организация вышла на другие региональные рынки.

Если учесть тот факт, что данные, финансовые результаты предприятие достигло в условиях ограничений, вызванных пандемией, можно говорить о том, что продукт и услуги организации продолжают приобретать даже в сложных периодах на рынке. Что дополнительно увеличивает устойчивость организации.

Таблица 1.

Динамика основных показателей ООО «Бином» за 2019–2020 год

Table 1.

Dynamics of the main indicators of Binom LLC for 2019–2020

Показатель Indicator	2019	2020	Изменение, тыс. р. Change, thous. rubles	Темп роста, %. Growth rate, %.
Объем оказанных услуг, тыс. р. | Volume of services rendered, thous. RUR	159518	173583	14065	108,8
Выручка от реализации, тыс. р. | Revenue from sales, thous. RUR	285961	297233	11272	103,9
Себестоимость, тыс. р. | Cost, thous. RUR	235026	240244	5218	102,2
Прибыль от продаж, тыс. р. | Profit from sales, thous. RUR	35419	40142	4723	113,3
Чистая прибыль, тыс. р. | Чистая прибыль, thous. RUR	23966	30456	6490	137,3
Собственный капитал, тыс. р. | Equity, thous. RUR	125538	129022	3484	102,8
Среднесписочная численность персонала | Average number of staff	46	53	7	15,2

Результаты первичного обследования показали, что, организация способна расширять свою деятельность и за счёт увеличения масштабов снижать общие издержки, несмотря на рост конкуренции и усложнение окружающей среды, предприятие успешно функционирует на рынке комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности и имеет устойчивую экономическую позицию.

Для анализа потенциала развития компании и разработке мер по управлению изменениями необходима оценка организационного потенциала, которая включает, в том числе, исследование положения фирмы на рынке. Для дальнейших исследований воспользуемся методом STEP – анализа, который включает обзор политических, экономических, социальных и технологических факторов. Были выделены следующие факторы, оказывающие серьезное

влияние на деятельность компании в современных условиях:

1. несовершенство и нестабильность правовой базы управления ЖКХ как сектора экономики, в результате чего достаточно вольно трактуются и постоянно меняются государственные и региональные «правила игры»;

2. отсутствие достоверной информации о состоянии рынка домофонных систем, так как существующая система налогообложения вынуждает предприятия скрывать истинные объемы производства и реальные финансовые (статистические) показатели;

3. большая роль субъективного фактора в выборе заказчиком (управляющей компанией, жителями) организации по установке домофонных систем, когда определяющим является уровень личных отношений руководителей, предыдущий опыт совместной работы;

4. существующий регламент проведения конкурсов среди организаций является, в основном, формальным и носит, как правило, вторичный характер, 90% тендеров по отбору организаций проводятся с целью соблюдения обязательной формальности, когда вопрос о исполнителе решен до объявления торгов;

5. высокая степень финансовых и имиджевых рисков: при выполнении домофонных работ на объекте, с учетом штрафных санкций, предусмотренных договором, любое значительное нарушение сроков, гарантий, либо низкое качество работ, ставит предприятие сложное экономическое положение и приводит к безвозвратной потере положительного имиджа, как самой фирмой, так и ее руководством;

6. необходимость дифференцированного, максимально корректного подхода к предприятиям-конкурентам, это вызвано тесной взаимосвязью компаний в рамках рынка, где ваш сегодняшний субподрядчик завтра на другом объекте выступает в качестве генерального подрядчика, и наоборот.

7. развитие новых технологий влечет за собой появление принципиально новых материалов.

8. растущая потребность повышения уровня безопасности для всех типов объектов.

Результаты STEP-анализа в форме средних значений факторов внешней среды представлены на рисунке 1.

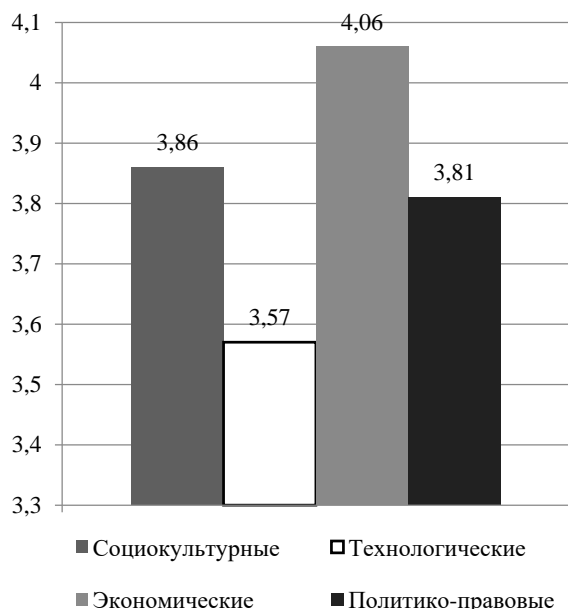


Рисунок 2. Оценка факторов внешней среды, оказывающие влияние на строительную компанию ООО «Бином» (по результатам STEP – анализа)

Figure 2. Assessment of environmental factors affecting the construction company OOO "Binom" (based on the results of STEP – analysis)

На основе данных, представленных на рисунке 1 можно сделать вывод, что наиболее значимыми для деятельности компании являются экономические, технологические и социокультурные группы факторов, среди них:

— необходимость дифференцированного, максимально корректного подхода к предприятиям-конкурентам и заказчикам;

— рост деловой активности, обусловленный стабилизацией экономической ситуации и выходом из карантинных мероприятий, связанных с COVID-19;

— активно растет число желающих обеспечить безопасные условия жизни;

— развитие отраслевых программ автоматизации контроля и безопасности, в т. ч. проект «Умный город»;

— развитие новых технологий влечет за собой появление как принципиально новых продуктов (IP-домофон).

Данные факторы оказывают положительное влияние на деятельность ООО «Бином».

В данной отрасли существуют и отрицательные факторы за счёт которых в основном и сформировалось то состояние рынка, которое мы анализируем. Дестабилизирующее влияние оказали следующие факторы:

1. несовершенство и нестабильность правовой базы управления ЖКХ как сектора экономики, в результате чего достаточно вольно трактуются и постоянно меняются государственные и региональные «правила игры»;

2. существующий регламент проведения конкурсов среди организаций является, в основном, формальным и носит, как правило, вторичный характер;

3. отсутствие как такого «свободного» рынка, где у компаний, есть стимул и мотивация к улучшению своей деятельности и своего продукта;

4. историческая высокая эластичность спроса, что не позволяет новым, дорогостоящим новинкам быстрее внедряться на рынке;

5. опосредованность конечного потребителя услуги, так как, часто в многоквартирных домах, обслуживанием домофона занимается управляющая компания.

Обобщая вышесказанное, отметим, что рынок домофонных систем имеет большие возможности, как в сегменте домофонов с одним или несколькими пользователями, так и в сегменте домофонов с множеством пользователей (для многоквартирных домов). Но существует ряд специфических внешних и внутренних факторов-ограничений, которые не позволяют компаниям, предоставляющим товары и услуги в сфере систем ограничения доступа активно расширять свою деятельность. Данные факторы как положительные, так и отрицательные, несомненно, оказали влияние на формирование организационной структуры.

Для оценки перспектив развития организации и возможности управления изменениями, следует проанализировать организационную культуру предприятия. Для более детального анализа корпоративной культуры организации, мы использовали подход, используемый в работе компании «CultureSync» Д. Логан, Д. Кинг и Х. Фишер–Райт [13]. Они являются экспертами в области менеджмента и стиля общения. Согласно результатам нашего опроса проведённого, среди сотрудников всей организации, в котором они самостоятельно определяют уровень, на котором находятся их коллеги. Также задавались общие вопросы, об уровне конкуренции с другими фирмами, отделами или конкретными сотрудниками. Ответы на общие вопросы нужны только для определения ключевых фраз, используемых человеком, элиминирование их от прочей информации.

Корпоративная культура данной организации советуется третьему уровню. Так как на третьем уровне находится почти половина всех сотрудников – 48%. Данные сотрудники убеждены не только в своём профессионализме, но и в некомпетентности своих коллег. Конечно, у них есть положительные качества, они целеустремлены, нацелены на личный результат. Но, к сожалению, не умеют работать в команде.

В целом такие сотрудники нужны организации, они могут научиться работать сообща в том случае, если поставленная задача будет непосильна для одного человека. Думая, что их коллеги некомпетентны и ленивы, они заботятся только о собственных интересах, стремясь обойти друг друга и оставить вокруг себя слабых, чтобы казаться на их фоне сильнее, не утруждая себя развитием.

Многие компании стремятся сохранить дух соперничества среди своих подчинённых. Но было доказано, что синергетический эффект больше, чем эффект от мотивации через конкуренцию.

Это опасная ловушка, потому что нет ничего приятнее осознания собственных побед, однако эти победы являются таковыми лишь на фоне возвышения себя над окружающими. Они не абсолютны, а поэтому – неэффективны. Также важно понять в каких условия были получены данные достижения. Определить основные внешние и внутренние факторы, что определяют тенденции развития.

Для оценки организационного потенциала компании необходимо изучить те факторы, которые будут определять направления стратегического развития. Мы воспользовались методикой SPACE – анализа. Оценка стратегического положения компании данным методом производится по 4 группам факторов: стабильности обстановки, промышленного потенциала, конкурентных

преимуществ и финансового потенциала. Он представлен в приложении В. Основная его задача это – определить наиболее эффективную стратегию для организации.

Согласно результату, представленному на рисунке 3, для ООО «Бином», наиболее подходящей стратегией, является агрессивная стратегия.



Рисунок 3. Графическое представление стратегического состояния ООО «Бином»

Figure 3. Graphic representation of strategic state of ООО "Binom"

Для компании, которая обновила производственные фонды, находящейся на рынке с незначительной определённой, данная стратегия типична. Компании необходимо использовать свои конкурентные преимущества, для закрепления на тех рынках, где она уже присутствует и продолжить активную экспансию новых рынков. Внешние угрозы не значительны, необходимо сконцентрироваться на внутренних процессах компании. Многие мировые компании, уже доказали своим примером, что низкий уровень адаптивности компании к внешним условиям, в долгосрочном периоде приводит, к упадку. Дальнейшее развитие компании зависит во многом от решения проблем, вызванных увеличением конкуренции на рынке, сложной эпидемиологической ситуацией. Внутренние проблемы компании, являются ключевыми, и от их решения зависит успешная адаптация ко всем текущим внешним вызовам. Одним из главных направлений деятельности, направленной на внутреннюю среду организации, должна быть работа с персоналом. Повышение его мотивации, улучшение условий труда, создание стабильной психологической обстановки. Это позволит раскрыть потенциал сотрудников, значительно увеличив приверженность к организации, мы добьёмся повышения производительности труда.

Завершающим итогом нашего анализа стало проведение экспертной оценки жизнеспособности ООО «Бином», результаты которой представлены в таблице 3. Жизнеспособность выступает одним из ключевых факторов развития компании и возможности противостоять постоянным изменениям во внешней и внутренней среде компании. Основу оценки жизнеспособности представляет собой модель, представленная авторами книги «Больше, чем эффективность»

Скотт Келлер и Колин Прайс из McKinsey & Company [10]. Под жизнеспособностью, по мнению авторов, понимается способность организации обновляться, корректировать свои действия и выстраивать стратегию быстрее конкурентов, что позволяет поддерживать ведущую эффективность на длительном отрезке времени.

В экспертной оценке участвовали как руководители компании, так и рядовые специалисты.

Таблица 2.

Экспертная оценка жизнеспособности ООО «Бином»

Table 2.

Expert assessment of the viability of ООО "Binom"

Элемент жизнеспособности Element of viability	Характеристики | characteristics	баллы 1–10
Руководство | Management	Авторитарный стиль | Authoritarian style	9
	Консультативный стиль | Advisory style	4
	Патерналистский стиль | Paternalistic style	4
	Стимулирующий стиль | Stimulating style	2
Ответственность за результат Responsibility for the result	Четко распределенные обязанности Clearly distributed responsibilities	2
	Постановка индивидуальных целей | Setting of individual targets	4
	Принятие мер по результатам оценки | Follow-up to evaluation	7
	Личная ответственность | personal responsibility	8
Ориентация на внешнюю среду External Environment Orientation	Клиентоориентированность/customer focus	3
	Понимание конкурентной ситуации Understanding the competitive situation	7
	Деловые партнерства | business partnerships	7
	Отношения с другими организациями Relations with other organizations	8
Корпоративные навыки организации Corporate Organization Skills	Привлечение лучших кадров | Привлечение лучших кадров	3
	Развитие сотрудников | employee development	1
	Закрепление навыков в системе компании Anchoring Skills in the Company System	3
	Аутсорсинг экспертных знаний | Outsourcing Expertise	6
Понимание направления развития Understanding the direction of development	Долгосрочные цели | long-term goals	1
	Ясность целей | long-term goals	2
	Вовлеченность сотрудников | Employee Engagement	1
Рабочая среда и корпоративная культура Work environment and corporate culture	Открытость и доверие | Openness and trust	2
	Внутренняя соревновательность | Internal competition	4
	Операционная дисциплина | Operating discipline	3
	Оперативность и предприимчивость | Speed and entrepreneurship	1
Координация и контроль Coordination and monitoring	Оценка эффективности сотрудников \ Employee Performance Assessment	2
	Управление операционной деятельностью Operations Management	2
	Управление финансами | Financial Management	3
	Профессиональные стандарты (регламенты) Professional standards (regulations)	3
	Управление рисками | risk management	5
Инновации и приобретение знаний Innovation and knowledge Acquisition	Инновации, инициируемые сверху | Top-based innovation	6
	Инновации, инициируемые снизу | Bottom-up innovation	2
	Обмен знаниями | knowledge sharing	4
	Использование идей из внешней среды Using Ideas from the Outside Environment	3
Мотивация сотрудников Motivation of employees	Значимая система ценностей | A meaningful value system	2
	Руководители-лидеры | Leadership Leaders	3
	Возможности служебного роста | Career Growth Opportunities	7
	Финансовые стимулы | Financial incentives	6
	Вознаграждение и признание заслуг Remuneration and recognition	2

Согласно результатам анализа основным стилем руководства, является авторитарный, при этом отмечается недостаточное владение руководителем другими стилями. Стоит отметить, что организация следит за изменениями, происходящими во внешней среде, но сосредоточена на конкурентах и партнёрах, и только после уделяет внимание клиенту. Управление операционной деятельностью и контроль финансов находится на достаточно слабом уровне. В связи с этим требуется периодическая оценка и определение стадии жизненного цикла, для формирования направлений развития, что позволит подготовиться к грядущим изменениям. В целом крайне низкие баллы получил блок корпоративных навыков, рабочей среды и корпоративной культуры, что подтверждается проведённым нами анализом «языка общения». Также в блоке ответственности за результат, эксперты отмечают потребность в чётком распределении обязанностей. Эксперты отметили недостаточное использование идей, которые разработаны вне организации, а также идей, предлагаемых непосредственно сотрудниками. В целом отмечается недостаточный уровень мотивации персонала, а именно, не сформулирована система ценностей, а также из-за слабой системы контроля, достижения сотрудников должным образом не вознаграждаются. Одной из зон развития организации является, чёткая постановка целей организации, а также вовлечение персонала в их разработку и реализацию. Если провести сравнительный анализ результатов исследования, представленных в книге Скотта Келлера и Колина Прайса, то данные выводы сопоставимы с экспертными опросами во многих российских компаниях независимо от отрасли.

Направления организационного развития и управления изменениями предприятия на рынке домофонных систем

Исходя из проведенного анализа внешней и внутренней среды ООО «Бином» с учетом особенностей отрасли слаботочных систем, необходимо определить направления совершенствованию системы управления и эффективные способы внедрения изменений.

Согласно результату SPACE анализа, для ООО «Бином», наиболее подходящей стратегией, является агрессивная стратегия. работа организации должна быть нацелена на:

1. увеличение объема производства и продаж;
2. расширение рынка;
3. формализацию внутренних процессов;
4. развитие бренда.

При реализации данной стратегии необходимо принимать во внимание уровень развития и внутренний потенциал компании. Анализ корпоративной культуры организация показал,

что она находится на третьем уровне развития. Для перехода на четвёртый уровень, руководителю необходимо:

1. поощрять командные достижения;
2. не переоценивать достижения одного сотрудника;
3. поручать задания, посильные только слаженной рабочей команде.

После того, как мы определили оптимальную стратегию для организации и уровень развития корпоративной культуры, необходимо определить на каком этапе развития находится организация в целом.

Определение этапа жизненного цикла организации важно проводить периодически. Это помогает взглянуть на организацию со стороны, а также находить необходимые зоны развития [18, 19]. Мы провели анализ основных характеристик и отсеяли стадии, явно не соответствующие положению дел в организации. Модель жизненного цикла представлена на рисунке 4.

Так стадии «Выхаживания» и «Младенчества» уже были пройдены организацией в прошлом. Компания уже имеет растущие продажи и производственную базу, что не соответствует характеристикам присущим организациям, находящимся на данных этапах.



Рисунок 4. Стадия жизненного цикла ООО «Бином» в соответствии с моделью Ицхака Адизеса

Figure 4. Life cycle stage of LLC "Binom" according to the model of Yitzhak Adizes

Также организации до сих пор управляется собственником, что противоречит описанию этапа Расцвета и более поздних стадий.

В связи с этим мы разработали опросник, представленный в приложении Г, по тем показателям, которые меняются при переходе от стадии «Давай-Давай» к стадии «Юность».

Результаты тест-опроса переведены в баллы и представлены на рисунке 5

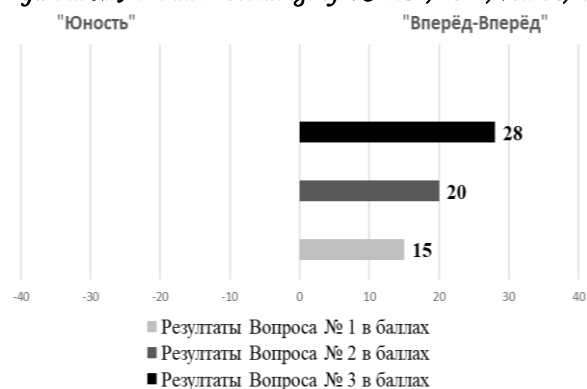


Рисунок 5. Шкала результатов тестирования сотрудников организации

Figure 5. Organization Employee Test Results Scale

Согласно результатам опроса компания на данном момент находится на стадии «Давай-Давай».

Этот этап характеризуется:

1. ростом уровня продаж;
2. установкой "Мы все можем!";
3. возникновением «ловушки основателя»;
4. часто возникает путаница в приоритетах, ответственности и функциях.

Это новый этап внутренней ответственности организации. Ситуация опасна тем, что выживание выглядит как процветание, хотя до этой стадии еще далеко. Установка "Мы все можем!" способна привести к гибели фирмы. Слишком заманчива перспектива расширения сферы деятельности. Поэтому И. Адизес определяет главную организационную задачу этого этапа "от обратного": фирма должна четко определить для себя, чем она не должна заниматься.

Фирма на этом этапе внутренне еще не структурирована: решают люди, а не должности. Руководитель пытается делегировать властные полномочия и ответственность сотрудникам организации, ибо чувствует невозможность и нецелесообразность сосредотачивать все решения в своих руках на этой стадии развития. Однако на самом деле без главы фирмы ничего не решается, и в этом вина руководителя – он боится потерять контроль над ситуацией.

На стадии быстрого роста, отношения между организацией и внешней средой, как правило, ущербны. Компания реагирует на предлагаемые рынком возможности, а не предвидит и не планирует их.

Для руководителя наступает весьма ответственный момент в определении того, когда необходимо перейти от интуитивного администрирования к профессиональному управлению [2].

Это достаточно опасный период для организации, переходя к новой стадии необходимо сохранять организационную гибкость.

Руководителям необходимо активно проводить реструктуризацию, пересматривать организационную структуру, сформировать и распределить функции между сотрудниками. Одним из важнейших направлений становится контроль за движением денежных средств и качеством работы системы обмена информацией. Делегирование становится важнейшим навыком для руководителя.

Все предложенные выше инструменты не эффективны и не будут работать без использования методов управления изменениями. Данные выводы касаются не только положения предприятия в рассматриваемой отрасли, но и согласуются с результатами исследований бизнеса в России в целом. Часто для того, чтобы перенять опыт, российские компании обращают внимание на самые успешные компании на западе. Однако следует понимать, что самые успешные компании – это чаще всего компании, которые находятся в стадии юности, расцвета или аристократии.

Мы ориентируемся на компании, для которых главным фактором развития, является администрирование. Для них характерна высокая системность бизнеса.

Таким образом, мы пытаемся у них перенять то, что будет формироваться поэтапно и, соответственно, будет приобретаться постепенно, а в настоящее время слишком рано для внедрения. В современной России не так много компаний, находящихся в стадии расцвета, а на начальных стадиях развития компании повышение системности, может принести разрушительные последствия, убивая дух компании.

Лучшие практики ведущих компаний, дают низкий или отрицательный эффект, так как в нашей стране бизнес ещё не достиг устойчивости. Это не значит, что они неприменимы. Это значит, что для здорового развития, необходима постепенное эволюционное внедрение изменений, пусть и в ускоренном темпе, с использованием зарубежного опыта. Перекос, который начал происходить в России, заключается в повышенном внимании к административной функции [7].

Одной из главных зон роста для отечественных предприятий, является использование технологий и методов управления изменениями. Так как опыт, который мы перенимаем может дать значительный толчок в развитии. Особую важность в этом вопросе всегда имеют наши специфические условия и особенности ведения бизнеса. Те инструменты, что уже длительное время используются зарубежными партнёрами, казалось бы, просто нам не подходят. Это утверждение выдвигают большинство практиков, кто рискнул скопировать инструменты, применяемые за рубежом.

Внедрение передовых разработок в области управления, маркетинга, производства, верный подход. Важно оперативно и грамотно его применять, чтобы не отставать от конкурентов [10].

Предложенные нами направления организационного развития включают пять этапов. Разберём их на примере распределения зон ответственности в организации (рисунок 6).

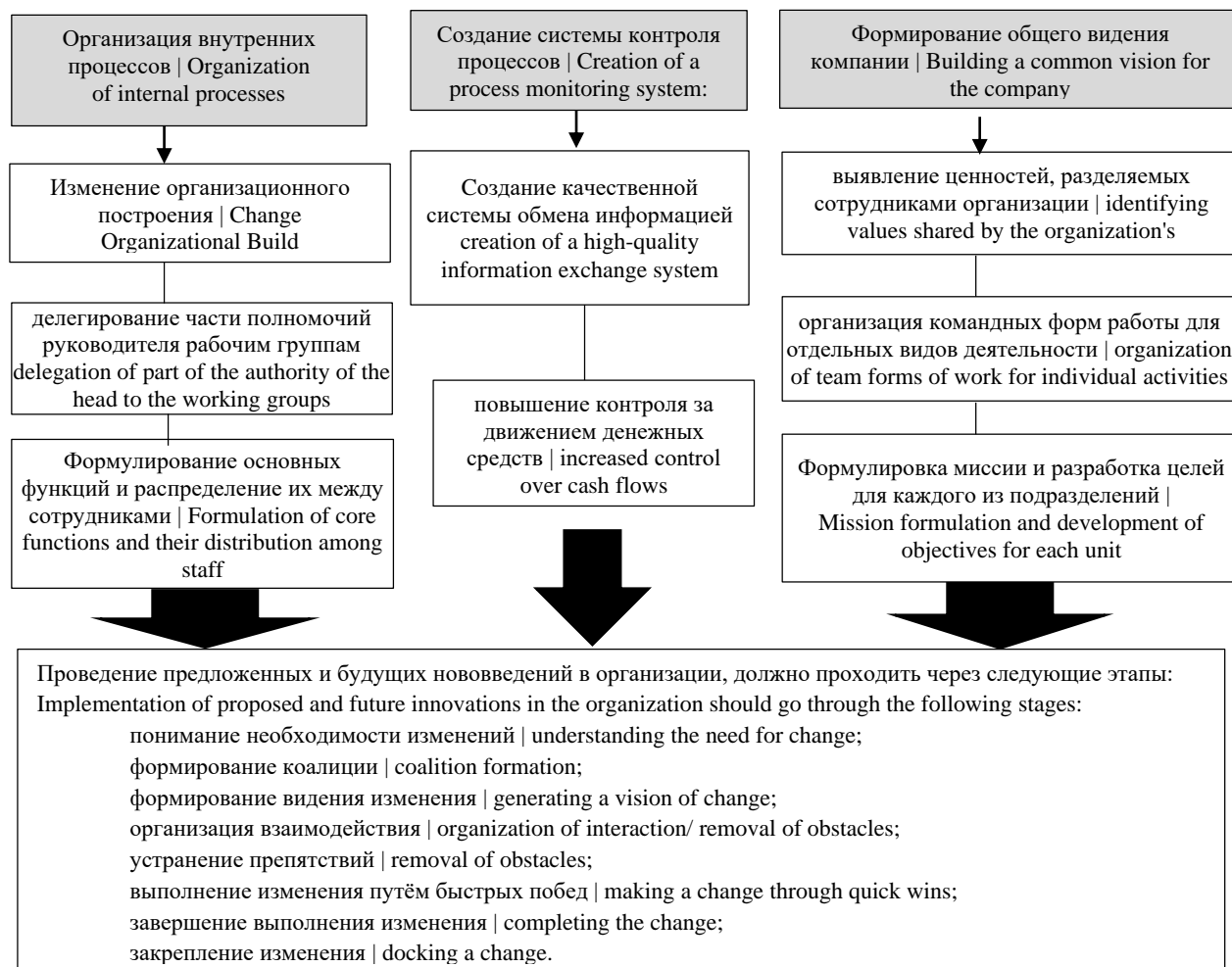


Рисунок 6. Направления организационного развития и рекомендации по управлению изменениями предприятием
 Figure 6. Organizational Development Directions and Recommendations for Enterprise Change Management

На первом этапе, компании необходимо осознать необходимость в новых бизнес-процессах или их изменении. Для того, чтобы идентифицировать проблему, как правило используют два метода: предварительный прогноз и последующий анализ. Если показатели стали хуже или имеются предпосылки к этому, это признак того, что компания не соответствует внешней среде. В нашем случае анализ проведён и необходимость в делегировании и распределении ответственности очевидна.

На втором этапе происходит подготовка к грядущим изменениям. Руководство проводит анализ имеющихся ресурсов, чтобы ответить себе на вопрос: «А хватит ли у нас ресурсов, для внедрения данного изменения?».

Особенно важно оценить следующие факторы:

1. Насколько масштабными будут изменения. Затронут всю организацию.

2. Будут ли они радикальными или их введут постепенно, сколько сотрудников они охватят и т. д.

3. Готова ли организация к нововведениям. Здесь необходимо оценить, станут ли работники сопротивляться им, на основании информации о предыдущих изменениях и культуры предприятия в целом. Если одни сотрудники станут сопротивляться, а это, как правило происходит в абсолютном большинстве случаев. Следует найти тех, кто, напротив, смогут поддержать их. В нашем случае необходимо сформировать команду проекта это должны быть представители от бухгалтерии, производства, материально технического сектора, юриста, специалиста по сбыту, специалиста по кадрам и директора.

4. Квалификация сотрудников. Насколько компетентны в этом вопросе все участники бизнес-процессов, направленных на внедрение

изменений. Если в них принимают участие посторонние лица или спонсоры, то их также необходимо учитывать.

На основании этих данных выстраивается стратегия управления изменениями.

На третьем этапе, происходит составление плана действий и его реализация. Составляемый план, включает в себя обычно несколько мини планов:

1. Коммуникационный план. Его задача состоит в том, чтобы объяснить сотрудникам, какие изменения были внедрены в работу. Проводить этот процесс необходимо максимально доступно для их понимания. Важно обозначить причины возникновения изменений, а также последствия, которые ожидают компанию в случае, если они не будут реализованы успешно. Такой план мотивирует сотрудников на достижение результатов. Руководству необходимо озвучить, кого из них изменения затронут в большей степени, кого в меньшей и т. д.

2. План для обучения сотрудников. В большинстве случаев управление изменениями подразумевает появление у штата новых функций или изменение их собственных. В этом случае необходимо позаботиться о том, чтобы сотрудники прошли обучение. Это в первую очередь необходимо для повышения их квалификации. Такой план может состоять из нескольких уровней: например, для тех, кто принадлежит к среднему или нижнему звену.

3. Спонсорский план. Если во внедрении изменений принимают участие сторонние спонсоры, то их действия также должны быть регламентированы в плане. Это далеко не однократная поддержка. Она должна быть прозрачной и регулярной. Чтобы руководству было проще это отследить, составляется соответствующий план.

4. План для устранения сопротивления. Такая реакция – это не исключение, а, скорее, правило. Нет ничего удивительного в том, что сотрудники могут воспротивиться изменениям. Чтобы оперативно справиться с ними, необходимо составить план, где будут прописаны все действия, направленные на борьбу с негативными последствиями.

На четвёртом этапе необходимо произвести расстановку приоритетов и утверждение изменений. Это необходимо сделать не только в сфере управления изменениями, но и для достижения целей компании также. Созданная система приоритетов покажет различную степень важности того или иного изменения, а также срочность их ведения. Как правило выделяют следующие приоритеты:

1. Изменения с низким приоритетом: желательно, но не обязательно вносить такое изменение. Его можно отложить на потом.

2. Изменения с обычным приоритетом: никакой срочности нет, но тем не менее забывать о них не стоит.

3. Изменения с высоким приоритетом: в организации существует проблема, устранить которую поможет конкретное изменение.

4. Изменения с наивысшим приоритетом: такие изменения необходимо внедрить как можно быстрее, поскольку они оказывают самое сильное воздействие на всю структуру предприятия.

Перед тем, как непосредственно приступить к реализации выработанных изменений необходимо убедиться в наличии трёх важнейших ресурсов:

1. Финансы. Компания должна обладать необходимым количеством денежных средств. Материальное стимулирование команды проекта на первых этапах не даст высокого эффекта.

2. Технологии. В данном случае технология зависит от выбора модели распределения ответственности.

3. Одобрение руководства. Активная позиция лидера выступает залогом успешных преобразований.

На пятом этапе необходимо закрепить полученные результаты и задокументировать их. Компетенциями по управлению изменениями должны обладать как высшее руководство, так и менеджеры среднего звена. Многие не считают важным зафиксировать результат и сделать его тем самым системным, им достаточно галочки при первой успешной попытке. Преимущество автоматизированных процессов здесь очевидно, благодаря которым документирование происходит совместно с другими операциями.

Таким образом, мы решаем сразу несколько задач:

1. Побуждаем сотрудников к групповой работе.

2. Предоставляем возможность участия в развитии компании, тем самым повышая сопричастность.

3. Решаем актуальную проблему с распределением ответственности.

4. Данный вид работы позволяет руководителю приблизиться к первому уровню организации и лучше понять их проблемы.

Таким образом, положительный эффект можно спрогнозировать. Привлечение стороннего высоко квалифицированного консультанта, для внедрения системы распределения ответственности, не будет экономически целесообразно. Написание должностных инструкций, на данном этапе не эффективно и может привести организацию к «преждевременному старению». Создание команды по внедрению изменений, должно стать постоянной практикой в организации. Что позволит сэкономить до 60%

средств, затрачиваемых на проведение внутриорганизационных изменений.

Заключение

В современных условиях, когда компаниям необходимо быстро адаптироваться к быстроменяющимся внешним условиям, важным конкурентным преимуществом компании становится качество самого процесса внедрения изменений, включающая в себя не только конечную цель, но и эффективность внедрения, поддержание гибкого состояния организации для будущих нововведений, активная работа с персоналом организации.

Современные компании в поисках эффективности и жизнеспособности часто обращаются в теории и практики организационных изменений. Поскольку профессиональный подход к управлению в постоянно меняющихся условиях и нестабильности позволяет выработать оптимальные формы и методы реагирования на вызовы внешней и внутренней среды компании.

Данные выводы особенно актуальны для динамично развивающейся отрасли домофонных систем. Принимая во внимание, что на данном этапе развития экономики мы наблюдаем снижение роста этой отрасли по сравнению предыдущими периодами, тем не менее, рынок имеет значительный потенциал. Телекоммуникационные операторы уже давно внимательно смотрят за рынком домофонов, видя в нем для себя большие перспективы для развития в условиях насыщения рынка интернет-доступа. В этих условиях выживание и грамотное управление организационным потенциалом региональных компаний – поставщиков домофонных устройств и услуг представляется особенно актуальным.

В ходе нашего исследования были раскрыты основные подходы к управлению организационными изменениями, ключевые модели, а также методы. В качестве объекта анализа была выбрана региональное предприятие ООО «Бином», имеющее устойчивое положение на рынке, руководство которого, столкнувшись с вызовами нестабильной экономики и резкого изменения технологий. Это потребовало пересмотра методологии управления эффективностью и жизнеспособностью компании в современных условиях и поиска новых инструментов стратегического управления изменениями.

Анализ предмета исследования с помощью различных инструментов стратегического анализа внешней и внутренней среды компании показал высокую нагрузку на руководителя небольшого предприятия, что не позволяет ему качественно заниматься вопросами стратегического развития. Одна из главных ошибок руководства, является неверное распределение нагрузки

и ответственности между сотрудниками предприятия. Что часто приводит к внутрифирменным конфликтам и ухудшению психологической обстановки на рабочих местах.

Наиболее остро перед региональным предприятием в отрасли домофонных систем стоят следующие проблемы:

- необходимость в разработке стратегии по расширению рынков сбыта;

- необходимость в распределении зон ответственности между сотрудниками организации и изменению организационной культуры и стиля руководства.

SPACE-анализ сильных и слабых сторон компании на рынке, анализ корпоративной культуры и определение стадии жизненного цикла организации позволили разработать ряд рекомендаций, основная цель которых, – развитие внутренней среды организации и совершенствование управления организационными изменениями в ООО «Бином»:

- внедрение методов работы с инновациями и нововведениями;

- создание плана по внедрению системы распределения ответственности;

- использование групповой работы, как средство регуляции социально-психологического и организационного климата;

- по разработке программы развития бренда «Бином»;

- по разработке стратегии расширения рынка сбыта.

Эффективность разработанного комплекса мер во многом зависит от решений, принятых руководством предприятия. Проведенный всесторонний анализ с использованием современных методик исследования позволил сделать вывод о том, что изложенные в работе предложения приведут к повышению эффективности внедрения инноваций в компании.

Кроме того, данные рекомендации будут способствовать установлению комфортного психологического климата, повышению лояльности сотрудников и развитию системы управления.

Постоянный анализ внешней среды и внутренней среды, использование передового опыта, с учётом уровня развития отечественного бизнеса и наших национальных особенностей, предполагающего непрерывный процесс подготовки организации к грядущим изменениям, позволят компании добиться большей эффективности при внедрении нововведений, а также увеличить гибкость всей системы. Что в современном мире, является основополагающим фактором не только выживания организации, но и обеспечения ее жизнеспособности в долгосрочном периоде.

Литература

- 1 Адизес И.К. Управляя изменениями. Как эффективно управлять изменениями в обществе, бизнесе и личной жизни. Москва: МИФ, 2014. 700 с.
- 2 Адизес И.К. Управление жизненным циклом корпораций. М.: МИФ 2019. 230 с.
- 3 Бурко Р.А., Соколкова В.Д. Выбор и обоснование организационной структуры предприятия // Молодой ученый. 2019. № 7. С. 313–315.
- 4 Верк В.В. Типы организационных изменений. Москва: МИФ, 2020. 270 с.
- 5 Ганус Ю. Не всякое изменение является развитием, но всякое развитие является изменением // Управление продажами. 2001. № 3. С. 2–5.
- 6 Гурина М.А. Концепция управления персоналом на основе ценностей ответ на вызовы цифровой трансформации // Цифровые трансформации в развитии экономики и общества: материалы XV Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2021. С. 375–382.
- 7 Демьяненко В. Особенности управления изменениями в России. Москва: Издательские решения, 2018. 554 с.
- 8 Донцова Л.В. Бенчмаркинг как инструмент оценки эффективности системы внутреннего контроля. Москва: Проспект, 2016. 248 с.
- 9 Коляда А.А. Эффективные инструменты стратегического анализа. Как принять верное решение о стратегии развития предприятия. Н. Новгород: Издательство Бизнес-школы EMAS, 2015. 289 с.
- 10 Келлер С., Прайс К. Больше, чем эффективность. М.: Альпина, 2016.
- 11 Коттер Д.П. Ускорение изменений. Москва: Юрайт, 2019. 190 с.
- 12 Кришталь Е.А. Модель Ларри Грейнера. // NovaInfo, 2014. № 27. URL: <https://novainfo.ru/article/2570>
- 13 Логан Д., Кинг Д., Фишер-РайтХ. Лидер и племя. Пять уровней корпоративной культуры. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020.
- 14 Ньюстром Д.В., Девис К. Организационное поведение. Поведение человека на рабочем месте. СПб.: Питер, 2000. 447 с.
- 15 Saeed S. Business strategies and approaches for effective engineering management. IGI Global, 2013. doi: 10.4018/978-1-4666-3658-3.ch002
- 16 Black J., Gregersen H. Leading strategic change: Breaking through the brain barrier. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2002.
- 17 Gurina M.A., Moiseev A.D., Rumyantseva Yu.V., Shurupova A.S. Improvement of the quality and availability of public services of multifunctional centers based on lean manufacturing // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied sciences and Technologies. 2021. V. 12. № 4. P. 1–11. URL: http://TuEngr.com/Vol12_4.html
- 18 Ashton-James C.E., Ziadni M.S. Uncovering and Resolving Social Conflicts Contributing to Chronic Pain: Emotional Awareness and Expression Therapy // Journal of Health Service Psychology. 2020. V. 46. №. 3. P. 133-140. doi: 10.1007/s42843-020-00017-y
- 19 Wenzel M., Koch J. From entity to process: toward more process-based theorizing in the field of organizational change // Journal of Accounting & Organizational Change. 2018. V. 14. №. 1. P. 80–98. doi: 10.1108/JAOC-11-2016-0064/
- 20 Smith A.C., Skinner J., Read D. Philosophies of Organizational Change: Perspectives, Models and Theories for Managing Change. Edward Elgar Publishing, 2020. 328 p.
- 21 Vladoš C. Change management and innovation in the “living organization”: The Stra. Tech. Man approach // Management Dynamics in the Knowledge Economy. 2019. V. 7. №. 2. P. 229-256.
- 22 Zhao L., Peng Z. Analysis and Design of a Context-Aware Smart Home System // 2020 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS). IEEE, 2020. P. 716-719. doi: 10.1109/ICITBS49701.2020.00158
- 23 Sadeghi J.K., Struckell E., Ojha D., Nowicki D. Absorptive capacity and disaster immunity: the mediating role of information quality and change management capability // Journal of Knowledge Management. 2021. V. 25. №. 4. P. 714–742. doi: 10.1108/JKM-06-2020-0404


References

1. Adizes I.K. Managing change. How to effectively manage change in society, business and personal life. Moscow, MIF, 2014. 700 p. (in Russian).
2. Adizes I.K. Corporate life cycle management. Moscow, MIF, 2019. 230 p. (in Russian).
3. Burko R.A., Sokolkova V.D. Selection and justification of the organizational structure of the enterprise. Young scientist. 2019. no. 7. pp. 313–315. (in Russian).
4. Verk V.V. Types of organizational change. Moscow, MIF, 2020. 270 p. (in Russian).
5. Ganus Yu. Not every change is a development, but every development is a change. Sales Management. 2001. no. 3. pp. 2–5. (in Russian).
6. Gurina M.A. The concept of value-based personnel management is a response to the challenges of digital transformation. Digital transformations in the development of the economy and society: materials of the XV International scientific and practical conference. Voronezh, 2021. pp. 375–382. (in Russian).
7. Demyanenko V. Features of change management in Russia. Moscow, Publishing Solutions, 2018. 554 p. (in Russian).
8. Dontsova L.V. Benchmarking as a tool for evaluating the effectiveness of the internal control system. Moscow, Prospekt, 2016. 248 p. (in Russian).
9. Kolyada A.A. Effective tools for strategic analysis. How to make the right decision about the development strategy of the enterprise. Nizhny Novgorod, EMAS Business School Publishing House, 2015. 289 p. (in Russian).
10. Keller S., Price K. More than efficiency. Moscow, Alpina, 2016. (in Russian).
11. Kotter D.P. Accelerating change. Moscow, Yurayt, 2019. 190 p. (in Russian).


12. Krishtal E.A. Model Larry Grainer. NovaInfo, 2014. no. 27. Available at: <https://novainfo.ru/article/2570> (in Russian).
13. Logan D., King D., Fisher-Reith. Leader and tribe. Five levels of corporate culture. Moscow, Mann, Ivanov and Ferber, 2020. (in Russian).
14. Newstrom DV, Davis K. Organizational behavior. Human behavior in the workplace. St. Petersburg, Piter, 2000. 447 p. (in Russian).
15. Saeed S. Business strategies and approaches for effective engineering management. IGI Global, 2013. doi: 0.4018/978-1-4666-3658-3.ch002
16. Black J., Gregersen H. Leading strategic change: Breaking through the brain barrier. Upper Saddle River, NJ, Prentice-Hall, 2002.
17. Gurina M.A., Moiseev A.D., Rummyantseva Yu.V., Shurupova A.S. Improvement of the quality and availability of public services of multifunctional centers based on lean manufacturing. International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied sciences and Technologies. 2021. vol. 12. no. 4. pp. 1–11. Available at: http://TuEngr.com/Vol12_4.html
18. Ashton-James C.E., Ziadni M.S. Uncovering and Resolving Social Conflicts Contributing to Chronic Pain: Emotional Awareness and Expression Therapy. Journal of Health Service Psychology. 2020. vol. 46. no. 3. pp. 133-140. doi: 10.1007/s42843-020-00017-y
19. Wenzel M., Koch J. From entity to process: toward more process-based theorizing in the field of organizational change. Journal of Accounting & Organizational Change. 2018. vol. 14. no. 1. pp. 80–98. doi: 10.1108/JAOC-11-2016-0064/
20. Smith A.C., Skinner J., Read D. Philosophies of Organizational Change: Perspectives, Models and Theories for Managing Change. Edward Elgar Publishing, 2020. 328 p.
21. Vladoš C. Change management and innovation in the “living organization”: The Stra. Tech. Man approach. Management Dynamics in the Knowledge Economy. 2019. vol. 7. no. 2. pp. 229-256.
22. Zhao L., Peng Z. Analysis and Design of a Context-Aware Smart Home System. 2020 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS). IEEE, 2020. pp. 716-719. doi: 10.1109/ICITBS49701.2020.00158
23. Sadeghi J.K., Struckell E., Ojha D., Nowicki D. Absorptive capacity and disaster immunity: the mediating role of information quality and change management capability. Journal of Knowledge Management. 2021. vol. 25. no. 4. pp. 714–742. doi: 10.1108/JKM-06-2020-0404

Сведения об авторах


Мария А. Гурина к.э.н., доцент, кафедра государственной, муниципальной службы и менеджмента, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Липецкий филиал, ул. Интернациональная, 3, г. Липецк, 398050, Россия, mag30@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1454-1046>

Светлана И. Васильева к.с.н., доцент, кафедра государственной, муниципальной службы и менеджмента, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Липецкий филиал, ул. Интернациональная, 3, г. Липецк, 398050, Россия, kuchmieva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0745-414X>

Анна С. Шурупова к.э.н., доцент, кафедра государственной муниципальной службы и менеджмента, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Липецкий филиал, ул. Интернациональная, 3, г. Липецк, 398050, Россия, shurupova2011@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6490-2079>

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


Mariya A. Gurina Cand. Sci. (Econ.), associate professor, state, municipal service and management department, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, International St., 3, Lipetsk, 398050, Russia, mag30@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1454-1046>

Svetlana I. Vasileva Cand. Sci. (Sociol.), associate professor, state, municipal service and management department, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, International St., 3, Lipetsk, 398050, Russia, kuchmieva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0745-414X>

Anna S. Shurupova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, state, municipal service and management department, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, International St., 3, Lipetsk, 398050, shurupova2011@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6490-2079>

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 20/12/2021

После редакции 24/01/2022





Принята в печать 16/02/2022

Received 20/12/2021

Accepted in revised 24/01/2022

Accepted 16/02/2022

Вклад социального аудита в социальную эффективность компаний





Халед Б. В. Джиббури	khaled.djebb@gmail.com	 0000-0002-2230-9637
Амин Бутуату	boutouatouamine66@gmail.com	 0000-0002-4579-5201
Александр И. Хорев	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Максим Н. Ивлиев	max1m@mail.ru	 0000-0002-8754-2608

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

Аннотация. Современный экономический климат, характеризующийся глобализацией и либерализацией, заставил современные рынки и компании существовать в условиях жесткой конкуренции. В этой нестабильной и неопределенной среде компания должна оптимизировать имеющиеся у нее ресурсы, и в частности, человеческий капитал, который является фундаментальным источником создания стоимости. Человеческий фактор - это стратегический рычаг конкурентоспособности, который компании должны принимать во внимание. Небольшие фирмы также не остаются в стороне: как и все компании в мире, они также должны быть осведомлены о важности этого фактора и его непосредственном влиянии на организационную эффективность. Это достигается за счет более эффективного управления человеческим капиталом с помощью различных инструментов, например, социального аудита. Этот подход является наиболее привилегированным для внедрения, поскольку он позволяет провести инвентаризацию функции управления персоналом с целью снижения социальных рисков, с которыми сталкиваются компании. Данное исследование представляет собой аналитический обзор литературы по социальному аудиту и социальной эффективности. Целью исследования является получение ответа на вопрос о вкладе социального аудита в социальные показатели компании путем анализа различных теоретических моделей, учитывающих взаимосвязь социального аудита и социальной эффективности.

Ключевые слова: социальный аудит, социальная эффективность, человеческие ресурсы, компания, человеческий фактор

The contribution of social audit to the social performance of companies

Khaled B.W. Djebbouri	khaled.djebb@gmail.com	 0000-0002-2230-9637
Amine Boutouatou	boutouatouamine66@gmail.com	 0000-0002-4579-5201
Aleksandr I. Khorev	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Maksim N. Ivliev	max1m@mail.ru	 0000-0002-8754-2608

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

Abstract. Today's economic climate, characterized by globalization and market liberalization, has forced modern markets, forced modern companies to live in a highly competitive environment. Therefore, in this volatile and uncertain environment, a company must optimize its available resources, and in particular human capital, which is a fundamental source of value creation and value and wealth creation. Human capital is a strategic lever of competitiveness that companies must take into account. Site Companies are not left out; like all companies in the world, they must also be aware of the importance of this factor and its direct impact on organizational effectiveness. This is achieved through better management of human capital and through various tools, in this case the social audit. This tool is the most privileged to implement because it allows an inventory of the human resource management function and remains the best ally for reducing the social risks faced by companies. This tool is the most privileged to implement because it allows an inventory of the human resources management function and remains the best ally to reduce the social risks faced by companies. Our study serves to offer an overview of the literature on social auditing and social performance. Thus, we seek to answer the question of the contribution of social audit to a company's social performance by revealing different theoretical models that understand this relationship (social audit and social performance).

Keywords: social audit, social efficiency, human resources, company, human factor

Введение

Социальный аудит как практика HRM является частью логики создания стоимости и вклада в социальные результаты и социальные показатели. Фактически социальный аудит представляет собой "профессиональную проверку, основанную на соответствующих стандартах, чтобы выразить мнение о различных аспектах вклада отдела кадров в достижение общих целей предприятия и давать рекомендации по улучшению качества управления человеческими ресурсами".

Для цитирования

Джиббури Х.Б.В., Бутуату А., Хорев А.И., Ивлиев М.Н. Вклад социального аудита в социальную эффективность компаний // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 324–328. doi:10.20914/2310-1202-2022-1--328

Интерес данной исследовательской работы носит как теоретический, так и управленческий характер. С «теоретической» точки зрения целью данного исследования является анализ влияния практики социального аудита в управлении человеческими ресурсами на социальные показатели компании. «Управленческая» составляющая работы будет полезна и интересна для HR-менеджеров, поскольку дает представление о средствах, которые необходимо мобилизовать (в данном случае социальный аудит), чтобы понять социальные

For citation

Djebbouri Kh.B.V., Boutouatou A., Khorev A.I., Ivliev M.N. The contribution of social audit to the social performance of companies. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022.vol. 84. no. 1. pp. 324–328. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-324-328

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

трудности, возникающие в компании, а также диагностировать причины обнаруженных проблем и принять необходимые меры. Кроме того, предлагаемая методика позволяет производить оценку эффективности работы человеческих ресурсов.

Методы

В нашем исследовании использовались теоретические модели, направленные на анализ влияния практики социального аудита в управлении человеческими ресурсами на социальные показатели компании.

Социальный аудит и эффективность компании.

Для обсуждения целей компаний в отношении социального аудита существуют две школы мысли. Первая школа связана с именем Фридмана (1970), который отдает предпочтение прочтению, сосредоточенному на экономическом аспекте, в котором проблемы собственников включаются в их функции как инвесторов. Впоследствии Фриман (1984) развивает систему оценки эффективности, чтобы включить все измерения, в которые могут быть включены вопросы владельцев и других субъектов, вовлеченных в деятельность компании. М. Ферон (2005) обобщил логику экономической эффективности Фридмана, что может быть представлено в общем виде следующей таблицей.

Таблица 1.

Основы подходов, ориентированных на поиск конкурентных преимуществ за счет цены

Table 1.

The foundations of approaches focused on the search for a competitive advantage through price

Логика разминирования Demining logic	Использование распределения ресурсов Use of resource allocation
Ключевое слово Keyword	Эффективность Efficiency
Конкурентоспособный Competitive	Имеют самые низкие цены Have the lowest price
Производительность Productivity	Снижение стоимости труда Reduce the cost of work
Рентабельность Profitability	Имеют самые низкие цены Have the lowest prices
Создание стоимости Value creation	Делать лучше с меньшим Do better with less
Постулировать Postulate	Деятельность длится дольше, чем люди Activities last longer than people

В таком контексте социальный аудит рассматривается как инструмент контроля структуры затрат, таких как динамика фонда заработной платы, текучесть кадров или абсентеизм.

Параллельно с этим можно выделить вторую школу мысли, связанную с поиском конкурентоспособности через диверсификацию. Чтобы подвести итог, следует взять те же

характеристики, что и у подхода, представленного в предыдущем параграфе. В таблице 2 ниже представлены основы подходов, ориентированных на поиск конкурентных преимуществ через диверсификацию.

Таблица 2.

Основы подходов, фокусирующихся на поиске конкурентных преимуществ через диверсификацию

Table 2.

The foundations of approaches focused on the search for a competitive advantage through diversification

Логика разминирования Demining logic	Изменение структуры ресурсов Change in the resource structure
Ключевое слово Keyword	Иновация Innovation
Конкурентоспособный Competitive	Быть первым на рынке To be first to market
Производительность Productivity	Чтобы иметь максимум инноваций, пригодных для использования | To have a maximum of usable innovations
Рентабельность Profitability	Генерировать высокую маржу в начале жизненного цикла продукта generate high margins at the beginning of the product life cycle
Создание стоимости Value creation	Поступать иначе Do things differently
Постулировать Postulate	Люди длятся дольше, чем деятельность People last longer than activities

В обоих случаях роль социального аудита заключается в увеличении вклада человеческих ресурсов в результаты деятельности компании путем концентрации внимания на человеческом капитале, контроле инвестиций и приобретений, удержания и развития портфеля компетенций в соответствии со стратегией. Конкретными примерами такого подхода являются инструменты для одновременного управления социальным и экономическим проектом, социальный учет или проекты управления на основе компетенций.

Социальный аудит в соответствии с глобальной логикой эффективности

Важное значение социального аудита проявляется в улучшении практики управления человеческими ресурсами в компаниях и в разработке оценочной диагностики рисков и возможностей организации. Компании вынуждены проводить программы, связанные с управлением персоналом, направленные на повышение стратегических навыков с целью достижения эффективности на рынке труда и гармонизации экономических и обменных отношений.

Следует отметить тот факт, что аудиторские проверки функций управления персоналом стали довольно частым явлением.

Как отмечают Гийяр и Руссель, "функция "человеческих ресурсов" будет определять, с одной стороны, качество партнерства, которое

должно быть установлено между двумя сторонами, а с другой стороны, движущую силу для достижения синергетического эффекта".

Процесс реорганизации компании придает особое значение краткосрочному плану карьеры, так как позволяет адаптироваться к ограничениям, возникающим в результате оценки стратегических потребностей в персонале, а также определить навыки, необходимые для достижения стратегий и организационного видения, управления наймом и интеграцией сотрудников и менеджеров, продвижения, обучения, оценки результатов деятельности и управления эффективностью. Именно в этом контексте компании стремятся перераспределить свои ресурсы через стратегические отношения.

Модель М. Эльмусадика (2018).

Автор показал вклад социального аудита в улучшение социальных показателей компании. Результаты его исследования согласуются с исследованиями (Ферон, 2005; Бенрайсс, Некка, Перрети, 2014; Эль-Кандусси и Эль-Абуби, 2009; Лаалу и Бакадир, 2014; Лаалу и Гассем; Перрети, Игаленс, Фирмусс, 2016) и социально-экономической теорией Савалл и Зардет, в которой говорится, что обнаружение дисфункций, связанных со скрытыми затратами, с помощью инструментов управления позволяет согласовать социальные показатели. Отметим также, что Эльмусадик (2018) считает, что подбор персонала, развитие навыков, приверженность сотрудников и вознаграждение являются ключевыми переменными социальной эффективности.

Модель Х. Тигуит (2019).

По мнению автора, социальный аудит является генератором социального имиджа компании. Это позволяет оценить социальную эффективность. В настоящее время человеческий капитал стал объектом внимания исследователей. Социальный аудит – это практика, которая выдвигает на первый план человеческий капитал, побуждая компанию привлекать, мобилизовывать и ценить его. Однако такая практика может оказать не только хорошее влияние на социальные показатели любой организации. Отношения между социальным и экономическим всегда были спорными. Однако социальный аудит пришел, чтобы возобновить эти отношения, но на этот раз с новым позитивом. Это прямая связь в положительном смысле между социальным аудитом и общими экономическими показателями.

Модель Ю. Хилми (2016).

Автор утверждает, что социальный аудит активно способствует развитию человеческих ресурсов и оказывает положительное влияние на общие показатели деятельности компании, включая социальные и экономические показатели. По мнению автора, компания должна восприни-

мать социальный аудит как важную возможность, а не как «тяжелое бремя». Социальный аудит должен стать обычной практикой, которая требует поддержки всех участников. По результатам своего исследования, охватившего кредитные учреждения, он заявил, что социальный аудит прогрессивно участвует в позитивном развитии человеческих ресурсов, а также вносит большой вклад в глобальные и экономические показатели. Он также позволяет кредитным учреждениям все лучше и лучше соответствовать действующим нормам.

Результаты и обсуждение

В свете обзора литературы и в соответствии с моделями, представленными для понимания взаимосвязи между социальным аудитом и управлением человеческими ресурсами, а также взаимосвязи между социальным аудитом и социальными показателями, можно сказать, что социальный аудит оказывает положительное влияние на управление человеческими ресурсами в той мере, в какой он позволяет выявить недостатки, связанные с практикой управления человеческими ресурсами, чтобы предложить корректирующие и предупреждающие действия, способные разрешить эти дисфункции.

Компания считается социально успешной, если она способна внедрить практику управления человеческими ресурсами, которая позволит ей определить роль каждого человека в компании таким образом, чтобы он или она были мотивированы, ценимы и привязаны к компании.

Для более эффективного управления социальной деятельностью компании доступны несколько инструментов, часто дополняющих друг друга, и она сама должна выбрать соответствующие инструменты, адаптированные к ее деятельности и контексту.

Заключение

Основная цель данной публикации – обобщить обзор литературы, посвященной социальному аудиту и социальной эффективности. Внедрение инструмента управления человеческими ресурсами, рассматриваемого как ключ к социальной эффективности и адаптации человеческого капитала, выделяется как перво-степенный элемент, несмотря на то, что большинство компаний не выбирают эту практику.

По результатам выполненного анализа библиографических материалов установлено, что социальный аудит:

- оказывает положительное влияние на практику управления человеческими ресурсами;
- считается эффективным средством выявления социальных показателей;
- положительно влияет на улучшение социальных характеристик.

Литература


- 1 Аллин О.Н., Сакв Н.И. Кадры для эффективного бизнеса. Подбор и мотивация персонала. М.: Генезис, 2014. 91 с.
- 2 Ловчева М.В., Галкина Е.Н., Гурова Е.В. Управление персоналом: теория и практика. Делопроизводство в кадровой службе. 2020.
- 3 Guerraou S., EL Amili O. The practices of social management control: a factor methods for improving the company's performance // *Revue Française des sciences de Gestion*. 2020. V. 1. № 3. P. 216–231.
- 4 Guerrero S. HR Tools: Essential HRM know-how. 2019. 215 p.
- 5 Guillot-Soulez C. Human resources management. Gualino, Issy-les-Moulineaux, 2016.
- 6 Peretti J.M. Collectif The encyclopedia of social auditing and social responsibility. EMS Editions, 2012. 98p.
- 7 Peretti J.M. Human resources management. Paris, 2012.
- 8 Joras M., Jonquières M. Glossaire of the social audit. EMSEditions, 2015. P. 19–20.
- 9 Чуланова О.Л. Концепция компетентностного подхода в управлении персоналом // Вестник евразийской науки. 2013. №. 5 (18). С. 8.
- 10 Карташова Л.В. Управление человеческими ресурсами. М.: «ИНФРА-М», 2012. 235 с.
- 11 Ларионов В.Г. Контроллинг системы управления персоналом // *Инновации в менеджменте*. 2014. №. 1. С. 74-78.
- 12 Максимова Л.В. Управление персоналом: основы теории и деловой практик. М.: «ИНФРА-М», 2012. 256 с.
- 13 Scouarnec A., Vénard A. Manager: A changing profession? Retrospective reading essay to draw the contours of the manager's profession and HR accompaniments necessary // *Human Resources Management*. 2015. № 3. P. 3–16.
- 14 Терещенко Ю.В. Трактовка основных показателей вариабельности ритма сердца // Новые медицинские технологии на службе первичного звена здравоохранения: материалы межрегиональной конференции, Омск, 10–11 апреля, 2010. С. 3–11.
- 15 Tiguit H. Social auditing as a tool for improving business performance: theoretical analysis. *CCA Review*, 2019.
- 16 Feron M. The diversity of CSR-oriented policies and practices: between universality and contingency // *Proceedings of the first international meetings on the challenges of diversity*. 2005.
- 17 Hayo-Villeneuve S. Towards an integrative model of quality approaches in the hospital: the contribution of management tools // *Management Review*. 2017.
- 18 Hilmi Y., Naji F. Social audit and company performance: a study empirical within the Moroccan organizational field // *Review of Multidisciplinary Studies*. 2016.
- 19 Elmusadik M. Impact of social auditing practices on social performance and organizational of companies: Case of companies labeled CSR. 2018.
- 20 Николаева Г.Н. Развитие организационной культуры как фактор повышения эффективности управления персоналом // *Известия Байкальского государственного университета*. 2006. №. 3. С. 68-70.

References


- 1 Allin O.N., Sakv N.I. Personnel for effective business. Selection and motivation of personnel. Moscow, Genesis, 2014. 91 p. (in Russian).
- 2 Lovcheva M.V., Galkina E.N., Gurova E.V. Personnel management: theory and practice. Office work in the personnel department. 2020. (in Russian).
- 3 Guerraou S., EL Amili O. The practices of social management control: a factor methods for improving the company's performance. *Revue Française des sciences de Gestion*. 2020. vol. 1. no. 3. pp. 216–231.
- 4 Guerrero S. HR Tools: Essential HRM know-how. 2019. 215 p.
- 5 Guillot-Soulez C. Human resources management. Gualino, Issy-les-Moulineaux, 2016.
- 6 Peretti J.M. Collect if The encyclopedia of social auditing and social responsibility. EMS Editions, 2012. 98 p.
- 7 Peretti J.M. Human resources management. Paris, 2012.
- 8 Joras M., Jonquières M. Glossaire of the social audit. EMS Editions, 2015. pp. 19–20.
- 9 Chulanova O.L. The concept of competence-based approach in personnel management. *Bulletin of the Eurasian Science*. 2013. no. 5 (18). pp. 8. (in Russian).
- 10 Kartashova L.V. Human resource management. Moscow, "INFRA M", 2012. 235 p. (in Russian).
- 11 Larionov V.G. Controlling the personnel management system. *Innovations in management*. 2014. no. 1. pp. 74-78. (in Russian).
- 12 Maksimova L.V. Personnel management: fundamentals of theory and business practice. Moscow, "INFRA M", 2012. 256 p. (in Russian).
- 13 Scouarnec A., Vénard A. Manager: A changing profession? Retrospective reading essay to draw the contours of the manager's profession and HR accompaniments necessary. *HumanResourcesManagement*. 2015. no. 3. pp. 3–16.
- 14 Tereshchenko Yu.V. Interpretation of the main indicators of heart rate variability. New medical technologies in the service of primary health care: materials of the interregional conference, Omsk, April 10–11, 2010. pp. 3–11. (in Russian).
- 15 Tiguit H. Social auditing as a tool for improving business performance: theoretical analysis. *CCA Review*, 2019.
- 16 Feron M. The diversity of CSR-oriented policies and practices: between universality and contingency. *Proceedings of the first international meetings on the challenges of diversity*. 2005.
- 17 Hayo-Villeneuve S. Towards an integrative model of quality approaches in the hospital: the contribution of management tools. *Management Review*. 2017.
- 18 Hilmi Y., Naji F. Social audit and company performance: a study empirical within the Moroccan organizational field. *Review of Multidisciplinary Studies*. 2016.
- 19 Elmusadik M. Impact of social auditing practices on social performance and organizational of companies: Case of companies labeled CSR. 2018.
- 20 Nikolaeva G.N. Development of organizational culture as a factor in improving the efficiency of personnel management. *Bulletin of the Baikal State University*. 2006. no. 3. pp. 68-70.

Сведения об авторах


Халед Б. В. Джиббури аспирант, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, khaled.djebb@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2230-9637>


Амин Бутуату аспирант, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, boutouatouamine66@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4579-5201>

Александр И. Хорев д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, al.khorev@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>

Максим Н. Ивлиев к.т.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, max1m@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8754-2608>

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


Khaled B.W. Djebbouri graduate student, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, khaled.djebb@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2230-9637>


Amine Boutouatou graduate student, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, boutouatouamine66@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4579-5201>

Aleksandr I. Khorev Dr. Sci. (Econ.), professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, al.khorev@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>

Maksim N. Ivliev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, higher mathematics and information technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, max1m@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8754-2608>

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 17/01/2022	После редакции 01/02/2022	Принята в печать 25/02/2022
Received 17/01/2022	Accepted in revised 01/02/2022	Accepted 25/02/2022

Влияние инноваций на экономический рост в странах БРИКС с использованием оценивания панельных данных





Халед Б. В. Джиббури ¹	khaled.djebb@gmail.com	 0000-0002-2230-9637
Амин Бутуату ¹	boutouatouamine66@gmail.com	 0000-0002-4579-5201
Александр И. Хорев ¹	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Максим Н. Ивлиев ¹	max1m@mail.ru	 0000-0002-8754-2608

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

Аннотация. Цель исследования - выяснить, как инновации влияют на экономический рост в странах БРИКС. Для сбора данных использовалась база данных WorldBank 2021 World Development Indicators, охватывающая период с 2000 по 2019 год. Существует три способа количественной оценки инноваций: исследования и разработки, патенты и торговые марки. В данном исследовании рассматривается, как ВВП стран БРИКС реагирует на исследования и разработки, патенты и торговые марки. Тесты на стационарность проводятся с использованием панельных корней единиц. В рамках исследования авторы использовали как множественную регрессию для каждой страны, так и оценку регрессии панельных данных для стран БРИКС. Результаты исследования показывают, что исследования и разработки, патенты и товарные марки являются важными факторами инноваций и, следовательно, роста ВВП в регионе БРИКС

Ключевые слова: экономический рост, инновации, панельные данные, БРИКС, экономическое развитие

The effect of innovation on economic growth in the BRICS countries using Panel Data estimation

Khaled B.W. Djebbouri ¹	khaled.djebb@gmail.com	 0000-0002-2230-9637
Amine Boutouatou ¹	boutouatouamine66@gmail.com	 0000-0002-4579-5201
Aleksandr I. Khorev ¹	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Maksim N. Ivliev ¹	max1m@mail.ru	 0000-0002-8754-2608

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

Abstract. The aim of the study is to find out how innovation affects economic growth in the BRICS countries. The World Bank 2021 World Development Indicators database, covering the period from 2000 to 2019, was used to collect data. There are three ways to quantify innovation: research and development, patents, and trademarks. This study looked at how the GDP of the BRICS countries responds to the hit from research and development, patents, and trademarks. Stationarity tests are conducted using panel unit-roots. For the study, the authors used both multiple regression for each country and panel data regression estimates for the BRICS countries. The authors suggest several compelling factors for BRICS economies to examine the development of innovation, especially in research and development, patents, and trademarks, as a potential opportunity to accelerate economic growth. Furthermore, the authors found that the overall impact of research and development, patents, and trademarks on economic growth is significant and growing rapidly among the BRICS economies, demonstrating that innovation contributes significantly to economic growth. The results of this study show that research and development, patents, and trademarks are important drivers of innovation and, therefore, GDP growth in the BRICS region.

Keywords: economic growth, innovation, panel data, BRICS, economic development

Введение

Понятие «экономический рост» является достаточно сложным и характеризуется множеством различных факторов. По мнению ряда авторов, рост населения, накопление капитала и технологический прогресс можно отнести к числу трех наиболее важных факторов [1, 2]. Новые теории роста подчеркивают важность инноваций как инструмента экономического роста в настоящее время. Согласно определенным

взглядам и истории, инновации являются одним из основных источников экономического развития и роста в мире.

В настоящее время ученые все больше интересуются взаимосвязью между экономическим ростом и инновациями [1, 3]. Экзогенные элементы в экономической системе стимулируют экономический рост, который характеризуется постепенной и устойчивой трансформацией экономики [3, 4]. Это улучшение способности экономики производить товары и услуги

Для цитирования

Джиббури Х.Б.В., Бутуату А., Хорев А.И., Ивлиев М.Н. Влияние инноваций на экономический рост в странах БРИКС с использованием оценивания панельных данных // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 329–336. doi:10.20914/2310-1202-2022-1--336

For citation

Djebbouri H.B.V., Boutouatou A., Khorev A.I., Ivliev M.N. The effect of innovation on economic growth in the BRICS countries using Panel Data estimation. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 329–336. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-329-336

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

посравнению с другим периодом времени [5]. Рост, развитие и конкурентоспособность как в развивающихся, так и в развитых странах являются примером инноваций [6]. Когда речь идет о снижении производственных затрат, страны и компании должны активизировать использование местных инноваций и передачу знаний [7, 8]. Таким образом, инновации являются ключевым фактором для повышения производительности, получения конкурентных преимуществ, экономического прогресса и, что наиболее важно, достижения экономического роста [9].

В последнее время инновации играют большую роль внутри страны, особенно среди стран БРИКС [10]. Увеличение инвестиций стран БРИКС в исследования и разработки, торговые марки и патенты повышает их способность к инновациям [9, 10]. По показателю ВВП на душу населения можно судить о динамике распределения научных исследований в странах БРИКС, с целью определения насколько большая часть их ресурсов была направлена на инновации. О том, в какой степени страны БРИКС перенаправили ресурсы на инновации, можно судить по динамике распределения средств на научные исследования, а также по уровню инвестиций в исследования и разработки, патенты и торговые марки в их ВВП [9, 10].

Кроме того, большинство исследовательских усилий сосредоточено в богатых и промышленно развитых странах. В этом же контексте некоторые авторы выделяют для БРИКС связь как с ростом, так и с инновациями, и пытаются утверждать, что на экономику влияет уровень инновационного роста, который рассчитывается извне [11]. Появление стран БРИКС отражает объективное возрождение новых мировых игроков, как развитых, так и развивающихся стран. Отсутствие инноваций и мощной политики характерно для многих развивающихся стран. Также было показано, что экономика БРИКС может конкурировать с экономикой развитых стран, а инновации, созданные БРИКС, как ожидается, будут играть более значительную роль в мировой экономике в ближайшие несколько лет (Всемирный банк, 2011). Однако, несмотря на то, что страны БРИКС недавно заявили о том, что они имеют сильную экономику, основной феномен их экономического роста все еще направлен на инновации.

Многие эмпирические исследования доказали, что существует положительная связь между инновациями и экономическим ростом [3, 8, 11, 13], и что инновации в настоящее время стали основным компонентом глобального экономического роста. Используя макро-

и микроэкономические показатели, литература указывает на связь между экономическим ростом, инновациями (определяемыми как расходы на исследования и разработки, патенты и торговые марки) в промышленно развитых и развивающихся странах [6, 9, 14]. Несмотря на ускорение экономического роста стран БРИКС, связь между экономическим ростом и инновациями в странах БРИКС остается неясной. В большинстве этих исследований использовались средние эконометрические оценки: векторная модель коррекции ошибок, объединенные обыкновенные наименьшие квадраты и полностью модифицированные обыкновенные наименьшие квадраты. Эти методы оценки используют средние показатели для прогнозирования результатов, но не позволяют наблюдать взаимосвязь во времени. Во многих случаях неубедительные выводы могут быть результатом использования авторами разных подходов и методов, основанных на средних значениях. В данном исследовании была использована панельная модель векторной авторегрессии, которая учитывает неоднородность, эндогенность и ненаблюдаемые фиксированные эффекты, не зависящие от времени. В отличие от методов оценки на основе средних значений, панель позволяет наблюдать поведение переменных во времени благодаря условной дисперсии и функции импульсного отклика. В результате могут быть раскрыты детали и тенденции, что будет важно для принятия политических решений [15].

Общая цель данного исследования – изучить влияние исследований и разработок, патентов и торговых марок на экономический рост в странах БРИКС. Эта цель была разделена на две подцели. Первая – с помощью панельного метода оценить, как экономическое развитие стран БРИКС реагирует на исследования и разработки, патенты и товарные знаки в период 2000–2019 годов. Вторая – выяснить, различается ли реакция экономического роста на исследования и разработки, патенты и товарные знаки между странами БРИКС.

Предоставляя эмпирические данные о том, как исследования и разработки, торговые марки и патенты влияют на экономический рост, данное исследование пополняет литературу по инновациям и росту. С другой стороны, данное исследование рассматривает страны БРИКС в течение определенного периода времени. Это позволяет сравнить инновационное поведение с точки зрения результатов роста в странах БРИКС. Однако за тот же период времени маргинальное влияние БРИКС снизилось. Данное исследование показывает, что научные исследования и разработки будут оказывать меньшее

влияние на долгосрочный экономический рост стран БРИКС. В отличие от средних оценок, которые могли дать средний результат, панель дает результаты, позволяющие отслеживать поведение ряда [16].

Обзор литературы

Взаимосвязь между экономическим ростом и инновациями вызывает интерес исследователей, и эта концепция стала предметом многочисленных дискуссий в научной литературе. Эта теория берет свое начало в работе Солоу [17], который показал, что экономический рост и инновации имеют долгосрочную взаимосвязь. Экономический рост и развитие – это разные понятия [3, 17]. Экономический рост по Солоу представляет собой постепенную трансформацию экономической системы под воздействием внешних факторов, в то время как развитие он рассматривает как результат скачкообразных внутренних изменений, происходящих в результате экономических инноваций. Эмпирические исследования выявили корреляцию между экономическим ростом, инновациями, расходами на исследования и разработки как на развитых, так и на развивающихся рынках.

В 2004 году Улку использовал панельную модель, основанную на методологии GMM, для изучения связи между экономическим ростом, расходами на исследования и разработки и инновациями для 20 стран ОЭСР и 10 стран, не входящих в ОЭСР, в период с 1981 по 1997 год. Исследование показало, что инвестиции в исследования и разработки увеличивают количество изобретений, что, в свою очередь, приводит к росту ВВП в долгосрочной перспективе. Результаты исследования показывают, что инновации оказывают благоприятное влияние на ВВП как в развитых, так и в развивающихся странах.

Взаимосвязь между экономическим ростом и инновациями рассматривалась с акцентом на роль расходов в связи с инновациями и экономическим ростом в Швеции и Ирландии [18]. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии существенной связи между расходами на исследования и разработки и экономическим ростом, а также о том, что инновационная стратегия должна учитывать сложности процесса экономического роста путем добавления других показателей в дополнение к расходам на исследования и разработки.

В отличие от них, другие авторы рассматривали, как исследования и разработки влияют на экономический рост в слаборазвитых странах. Для исследования была выбрана выборка из 30 развивающихся стран за период с 2000 по 2006 год. Согласно их исследованиям,

низкие расходы на исследования и разработки в слаборазвитых странах не оказывают существенного влияния на экономический рост [19].

Влияние инновационной деятельности на экономический рост на развивающихся рынках было предметом исследования, проведенного в период с 1991 по 2013 годы [20]. Исследователи использовали многомерную регрессионную модель, которая в итоге показала отсутствие статистически значимой связи между инновациями и экономическим ростом в Великобритании.

Согласно Пече, существует положительная связь между экономическим ростом и инновациями в странах Центральной и Восточной Европы – Польше, Чешской Республике и Венгрии [3]. Для демонстрации этой связи они используют переменные инноваций, такие как количество патентов, количество торговых марок и расходы на исследования и разработки.

Кроме того, Лонг исследовал влияние экологических инноваций на экономические и экологические показатели деятельности корейских компаний в Китае [21]. В результате проведенного исследования было показано, что экологическое инновационное поведение оказывает большее влияние на экологические показатели, чем на экономические.

Разработана модель мультилинейной регрессии с панельными данными для определения зависимости основных центрально-восточных детерминант от экономического развития Европы. Они также исследуют, сохраняется ли устойчивость центральноевропейских показателей. Шесть статистических гипотез были проверены с помощью модели множественной регрессии, которая была создана с помощью статистического программного обеспечения EViews 11 и подтверждена. С 2010 по 2017 год исследование проводилось в 27 странах Европейского союза. Эконометрический анализ данных, полученных в ходе исследования, показывает, что циркулярная экономика способствует устойчивому экономическому росту во всем Европейском союзе.

Для изучения факторов, влияющих на расходы на исследования и разработки и патенты, а также взаимосвязи между инновациями и экономическим ростом, использовалась панельная модель, основанная на данных по 19 странам ОЭСР. Исследования показывают, что фискальные стимулы и государственная поддержка исследований и разработок и патентных прав стимулируют инновации.

Экономический рост и инновации были исследованы в панельной модели [22]. Согласно

их выводам, основной поддержкой для инноваций является уровень экономического развития, выраженный в выделении ресурсов на исследование и разработки. Исследование показало, что экономика стран Центральной и Восточной Европы росла быстрыми темпами, но этот рост не был основан на инновациях. Инновации рассматриваются как догоняющая деятельность по сравнению с темпами роста.

Методология: переменные и данные

Экономический рост и инновации – это переменные, которые нас больше всего интересуют. В данном исследовании экономический рост измерялся в терминах (gdp), а инновации – в терминах исследований и разработок (rd), товарных знаков (tm) и патентов (patent). Инновации среди прочего могут быть представлены как расходы на исследования и разработки, подача патентов и регистрация торговых марок [3, 20, 23]. Кроме того, это удовлетворяет теоретическим соображениям, связанным с экономическим ростом и развитием. Влияние исследований и разработок на экономический рост также было продемонстрировано в [1]. Кроме того, торговая марка и патент были определены как важные факторы экономического развития [3].

В выборку данного исследования включены данные по странам БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай и ЮАР) в период с 2000 по 2019 год. В данном исследовании использовались панельные данные. Данные были собраны из базы данных показателей мирового развития (WorldBank 2021), а также Всемирной интеллектуальной собственности (WIPO). Чтобы избежать гетероскедастичности и чрезмерной внутригрупповой дисперсии, авторы использовали преобразование натурального логарифма для всех переменных [24].

Таблица 1. Статистическое описание

Table 1. Statistical description

Страны БРИКС | BRICS countries					
Variable Переменная	Наблюдение Obs	Среднее Mean	Стд. откл. Std. dev	Мин Min	Макс Max
lgdp	100	27.8319	1.0880	25.5837	30.2898
lrd	96	0.0350	0.3083	-0.4308	0.7884
lpatent	100	10.5009	1.4137	8.1001	14.2485
ltm	100	11.7967	1.3659	9.9216	15.8738

Таблица 2. Корреляционная матрица

Table 2. Correlation matrix

Страны БРИКС | BRICS countries				
	lgdp	lrd	lpatent	ltm
lgdp	1.0000			
lrd	0.6830	1.0000		
lpatent	0.8967	0.8001	1.0000	
ltm	0.8923	0.6816	0.9173	1.0000

Таблица 1 показывает, что страны БРИКС имеют более высокий ВВП (M=27,831; SD=1,088), высокие средние значения по всем переменным, за исключением исследований и разработок, которые имеют низкое среднее значение. В результате этого в странах БРИКС было зарегистрировано больше товарных знаков нерезидентов. Интеркорреляции между переменными показаны в корреляционной матрице. В матрице обнаружено отсутствие мультиколлинеарности объясняющих переменных (таблица 2).

Результаты

С целью недопущения ложной регрессии в панельной модели необходимо провести тест на единичные корни переменных, чтобы убедиться в их стационарности. Тесты Им-Песарана-Шина (IPS) и Фишера относятся к числу панельных тестов на единичные корни. Для данного набора данных эти тесты подходят ввиду того, что они способны работать с несбалансированными наборами данных и с разнородными панелями. Результаты теста на единичный корень представлены в таблице 3.

Таблица 3. Тесты на единичный корень

Table 3. Unit root tests

Страны БРИКС | BRICS countries				
	Тест на уровне Test at Level		Тест на первое отличие Test at First difference	
	IPS	Fisher	IPS	Fisher
lgdp	-0.50640	-0.53805	-3.18008	-3.17715
Lrd	-0.57694	-0.61919	-4.38682	-4.20700
lpatent	-2.99254	-3.59235	-2.82583	-3.26414
Ltm	3.09604	-5.34607	3.21527	-5.08301

Панельные тесты на единичные корни показывают (таблица 3), что панели содержат единичные корни для всех переменных на проверенном уровне, за исключением (lpatent), которая отвергает нулевую гипотезу. Это говорит о том, что обычная регрессия по методу наименьших квадратов даст ложную регрессию. Нулевая гипотеза о единичных корнях отвергается на 1% уровне значимости при первой разности, что указывает на то, что все переменные являются стационарными при первой разности.

В результате необходимо оценить панельную модель на основе первой разницы переменных.

Регрессионное оценивание. После проведения регрессионного анализа для каждой страны, были получены результаты, свидетельствующие об отсутствии значимости. Большинство R^2 не превышает 35% (Бразилия с $R^2 = 28\%$, Россия с $R^2 = 33\%$, Индия с $R^2 = 9,75\%$ и ЮАР с $R^2 = 23,62\%$), что означает отсутствие объяснения независимыми переменными. Несмотря на это, в результатах по Китаю мы имеем значимость, которая может объяснить влияние инноваций на экономический рост ($R^2 = 72\%$).

Панельное оценивание. Когда речь идет о модели стран БРИКС, авторы использовали панельный регрессионный анализ, который показал $R^2 = 76,5\%$ и указал на высокую степень способности объяснения экономического роста независимыми переменными. После проведения панельных регрессий с фиксированным эффектом и случайным эффектом, мы применили тест Хаусмана для выбора подходящей модели и получили следующие результаты:

Таблица 4.
Оценивание модели с фиксированным эффектом

Table 4.
Fixed effect model estimation

D.lgdp	Коэффициент Coefficient	Стд. откл Std. dev	t	P>|t|
D.lrd	-0.7032	0.2515	-2.80	0.006
lpatent	-0.0575	0.0256	-2.24	0.027
D.ltm	0.2639	0.1300	2.03	0.046
Constant	0.6876	0.2728	2.52	0.014
$R^2 =$ 0.765	F (3,82) = 5.23	Prob > F = 0.0024	Obs = 90	Groups = 5

В таблице 4 представлено описание результатов панельной оценки. Для уравнения исследования и разработки, патенты и торговые марки являются статистически значимыми в соответствии с их P-значением. Как показано, $R^2 = 0,765$, что означает наличие сильной положительной корреляции между экономическим ростом и инновационными факторами.

С экономической точки зрения, коэффициенты переменных «Исследования и разработки» и «Патент» отрицательны, что приводит к отрицательной связи между ними и экономическим ростом. В то время как коэффициент товарного знака является положительным, что может дать положительную оценку этой связи.

Однако в странах БРИКС государственные процедуры по оформлению патентов и регистрации товарных знаков сложны, что мешает людям регистрировать свои инновационные разработки [25]. Например, в результате эконо-

мического кризиса 2008–2009 годов, охватившего весь мир, входы и выходы глобального инновационного индекса пострадали в большинстве развивающихся экономик, включая страны БРИКС [6].

Заключение

Важность инноваций для экономического роста и развития была осознана современной экономикой [13]. Данное исследование направлено на анализ влияния инноваций на экономический рост в странах БРИКС за 2000–2019 годы с использованием множественной регрессии для каждой страны и регрессии панельных данных для стран БРИКС в целом. По мнению авторов, увеличение начальных значений исследований и разработок, патентов и торговых марок для стран БРИКС приведет к увеличению текущего уровня ВВП и исследований и разработок. Кроме того, увеличение начальных значений всех переменных в БРИКС приведет к увеличению текущего уровня патента. Кроме того, рост торговой марки приведет к увеличению текущего уровня БРИКС.

Кроме того, авторы обнаружили, что общее влияние исследований и разработок, патентов и торговых марок на экономический рост является значительным, и оно быстро растет среди стран БРИКС, демонстрируя, что инновации вносят значительный вклад в экономический рост. Кроме того, данные показали, что не только изменения в исследованиях и разработках, патентах и товарных знаках могут влиять на ВВП на душу населения в странах нашей выборки, но и наоборот.

В свете результатов исследования предлагаются следующие перспективные практические рекомендации. Прежде всего, тот факт, что инновации оказывают различное влияние на экономический рост в странах БРИКС, предполагает, что политикам следует пересмотреть свои планы экономического роста и перестроить их с учетом различных аспектов инноваций.

Авторы предлагают несколько убедительных аргументов для экономик стран БРИКС изучить развитие инноваций, особенно в области исследований и разработок, патентов и торговых марок, как потенциальную возможность ускорения экономического роста.

Кроме того, страны БРИКС должны не только выступать за улучшение соблюдения патентов и торговых марок путем принятия более сильных законов, но и сместить фокус политических переговоров. Это может привести к появлению более позитивных идей, способных внести вклад в экономический рост страны.

Литература

- 1 Bayarcelik E.B., Taşel F. Research and development: source of economic growth // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2012. V. 58. P. 744-753. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.1052
- 2 Hammar N., Belarbi Y. R&D, innovation and productivity relationships: Evidence from threshold panel model // *International Journal of Innovation Studies*. 2021. V. 5. №. 3. P. 113-126. doi: 10.1016/j.ijis.2021.06.002
- 3 Pece A.M., Simona O.E.O., Salisteanu F. Innovation and economic growth: An empirical analysis for CEE countries // *Procedia Economics and Finance*. 2015. V. 26. P. 461-467. doi: 10.1016/s2212-5671(15)00874-6
- 4 Schumpeter J., Backhaus U. The theory of economic development // *Joseph Alois Schumpeter*. Springer, Boston, MA, 2003. P. 61-116. doi: 10.1007/0-306-48082-4_3
- 5 Broughel J., Thierier A. D. Technological innovation and economic growth: A brief report on the evidence // *Mercatus Research Paper*. 2019. doi: 10.2139/ssrn.3346495
- 6 Franco C., de Oliveira R. H. Inputs and outputs of innovation: analysis of the BRICS: Theme 6–innovation technology and competitiveness // *RAI Revista de Administração e Inovação*. 2017. V. 14. №. 1. P. 79-89. doi: 10.1016/j.rai.2016.10.001
- 7 Long X., Kim S., Dai Y. FDI and convergence analysis of productivity across Chinese prefecture-level cities through bootstrap truncation regression // *The Singapore Economic Review*. 2021. V. 66. №. 03. P. 837-853. doi: 10.1142/S0217590819500425
- 8 Zhu X., Du J., Boamah K.B., Long X. Dynamic analysis of green investment decision of manufacturer // *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. V. 27. №. 14. P. 16998-17012. doi: 10.1007/s11356-020-08144-1.
- 9 Sesay B., Yulin Z., Wang F. Does the national innovation system spur economic growth in Brazil, Russia, India, China and South Africa economies? Evidence from panel data // *South African Journal of Economic and Management Sciences*. 2018. V. 21. №. 1. P. 1-12. doi: 10.4102/sajems.v21i1.1647.
- 10 Stiglingh A. Financial development and economic growth in BRICS and G 7 countries: a comparative analysis. 2015. 126 p.
- 11 Inglesi-Lotz R., Pouris A. The influence of scientific research output of academics on economic growth in South Africa: an autoregressive distributed lag (ARDL) application // *Scientometrics*. 2013. V. 95. №. 1. P. 129-139. doi: 10.1007/s11192-012-0817-3.
- 12 Dittrich K., Duysters G. Networking as a means to strategy change: the case of open innovation in mobile telephony // *Journal of product innovation management*. 2007. V. 24. №. 6. P. 510-521. doi: 10.1111/j.1540-5885.2007.00268.x
- 13 Castaño M. S., Méndez M. T., Galindo M. Á. The effect of public policies on entrepreneurial activity and economic growth // *Journal of Business Research*. 2016. V. 69. №. 11. P. 5280-5285. doi: 10.1016/j.jbusres.2016.04.125.
- 14 Rabiei M. An empirical research on the relationship between entrepreneurship and economic growth // *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2011. V. 5. №. 8. P. 1060-1065.
- 15 Mostafa G., Mahmood M. The rise of the BRICS and their challenge to the G7 // *International Journal of Emerging Markets*. 2015. V. 34. №. 1. P. 1-5.
- 16 Love I., Zicchino L. Financial development and dynamic investment behavior: Evidence from panel VAR // *The Quarterly Review of Economics and Finance*. 2006. V. 46. №. 2. P. 190-210. doi: 10.1016/j.qref.2005.11.007.
- 17 Masoud N. A contribution to the theory of economic growth: Old and New // *Journal of Economics and International Finance*. 2014. V. 6. №. 3. P. 47-61. doi: 10.5897/JEIF2013.0518
- 18 Pessoa A. Innovation and Economic Growth: What is the actual importance of R&D? Universidade do Porto, Faculdade de Economia do Porto, 2007. №. 254.
- 19 Samimi A.J., Ledary R.B. Ict and economic growth: New evidence from some developing countries // *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2010. V. 4. №. 8. P. 3086-3091.
- 20 Vuckovic M. The relationship between innovation and economic growth in emerging economies. URL: http://fhoarep.fh-oe.at/bitstream/123456789/738/1/130_323_Vuckovic_FullPaper_en_Final.pdf
- 21 Long X., Chen Y., Du J., Oh K. et al. Environmental innovation and its impact on economic and environmental performance: evidence from Korean-owned firms in China // *Energy Policy*. 2017. V. 107. P. 131-137. doi: 10.1016/j.enpol.2017.04.044
- 22 Petrariu I.R., Bumbac R., Ciobanu R. Innovation: a path to competitiveness and economic growth. The case of CEE countries // *Theoretical & Applied Economics*. 2013. V. 20. №. 5.
- 23 Block J., Sandner P. Necessity and opportunity entrepreneurs and their duration in self-employment: evidence from German micro data // *Journal of Industry, Competition and Trade*. 2009. V. 9. №. 2. P. 117-137. doi: 10.1007/s10842-007-0029-3
- 24 Charfeddine L., Khediri K.B. Financial development and environmental quality in UAE: Cointegration with structural breaks // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. V. 55. P. 1322-1335. doi: 10.1016/j.rser.2015.07.059.
- 25 Hatemi-J A., Ajmi A.N., El Montasser G., Inglesi-Lotz R. et al. Research output and economic growth in G7 countries: new evidence from asymmetric panel causality testing // *Applied Economics*. 2016. V. 48. №. 24. P. 2301-2308. doi: 10.1080/00036846.2015.1117052


References

- 1 Bayarcelik E.B., Taşel F. Research and development: source of economic growth. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2012. vol. 58. pp. 744-753. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.1052
- 2 Hammar N., Belarbi Y. R&D, innovation and productivity relationships: Evidence from threshold panel model. *International Journal of Innovation Studies*. 2021. vol. 5. no. 3. pp. 113-126. doi: 10.1016/j.ijis.2021.06.002


- 3 Pece A.M., Simona O.E.O., Salisteanu F. Innovation and economic growth: An empirical analysis for CEE countries. *Procedia Economics and Finance*. 2015. vol. 26. pp. 461-467. doi: 10.1016/s2212-5671(15)00874-6
- 4 Schumpeter J., Backhaus U. The theory of economic development. Joseph Alois Schumpeter. Springer, Boston, MA, 2003. pp. 61-116. doi: 10.1007/0-306-48082-4_3
- 5 Broughel J., Thierer A. D. Technological innovation and economic growth: A brief report on the evidence. *Mercatus Research Paper*. 2019. doi: 10.2139/ssrn.3346495
- 6 Franco C., de Oliveira R. H. Inputs and outputs of innovation: analysis of the BRICS: Theme 6—innovation technology and competitiveness. *RAI Revista de Administração e Inovação*. 2017. vol. 14.no. 1. pp. 79-89. doi: 10.1016/j.rai.2016.10.001
- 7 Long X., Kim S., Dai Y. FDI and convergence analysis of productivity across Chinese prefecture-level cities through bootstrap truncation regression. *The Singapore Economic Review*. 2021. vol. 66.no. 03. pp. 837-853. doi: 10.1142/S0217590819500425
- 8 Zhu X., Du J., Boamah K.B., Long X. Dynamic analysis of green investment decision of manufacturer. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. vol. 27.no. 14. pp. 16998-17012. doi: 10.1007/s11356-020-08144-1.
- 9 Sesay B., Yulin Z., Wang F. Does the national innovation system spur economic growth in Brazil, Russia, India, China and South Africa economies? Evidence from panel data. *South African Journal of Economic and Management Sciences*. 2018. vol. 21.no. 1. pp. 1-12. doi: 10.4102/sajems.v21i1.1647.
- 10 Stiglingh A. Financial development and economic growth in BRICS and G 7 countries: a comparative analysis. 2015. 126 p.
- 11 Inglesi-Lotz R., Pouris A. The influence of scientific research output of academics on economic growth in South Africa: an autoregressive distributed lag (ARDL) application. *Scientometrics*. 2013. vol. 95.no. 1. pp. 129-139. doi: 10.1007/s11192-012-0817-3.
- 12 Dittrich K., Duysters G. Networking as a means to strategy change: the case of open innovation in mobile telephony. *Journal of product innovation management*. 2007. vol. 24.no. 6. pp. 510-521. doi: 10.1111/j. 1540-5885.2007.00268.x
- 13 Castaño M. S., Méndez M. T., Galindo M. Á. The effect of public policies on entrepreneurial activity and economic growth. *Journal of Business Research*. 2016. vol. 69.no. 11. pp. 5280-5285. doi: 10.1016/j.jbusres.2016.04.125
- 14 Rabiei M. An empirical research on the relationship between entrepreneurship and economic growth. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2011. vol. 5.no. 8. pp. 1060-1065.
- 15 Mostafa G., Mahmood M. The rise of the BRICS and their challenge to the G7. *International Journal of Emerging Markets*. 2015. vol. 34.no. 1. pp. 1-5.
- 16 Love I., Zicchino L. Financial development and dynamic investment behavior: Evidence from panel VAR. *The Quarterly Review of Economics and Finance*. 2006. vol. 46.no. 2. pp. 190-210. doi: 10.1016/j.qref.2005.11.007.
- 17 Masoud N. A contribution to the theory of economic growth: Old and New. *Journal of Economics and International Finance*. 2014. vol. 6.no. 3. pp. 47-61. doi: 10.5897/JEIF2013.0518
- 18 Pessoa A. Innovation and Economic Growth: What is the actual importance of R&D? Universidade do Porto, Faculdade de Economia do Porto, 2007. no. 254.
- 19 Samimi A.J., Ledary R.B. Ict and economic growth: New evidence from some developing countries. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2010. vol. 4.no. 8. pp. 3086-3091.
- 20 Vuckovic M. The relationship between innovation and economic growth in emerging economies. Available at: http://ffhoarep.fh-ooe.at/bitstream/123456789/738/1/130_323_Vuckovic_FullPaper_en_Final.pdf
- 21 Long X., Chen Y., Du J., Oh K. et al. Environmental innovation and its impact on economic and environmental performance: evidence from Korean-owned firms in China. *Energy Policy*. 2017. vol. 107. pp. 131-137. doi: 10.1016/j.enpol.2017.04.044
- 22 Petrariu I.R., Bumbac R., Ciobanu R. Innovation: a path to competitiveness and economic growth. The case of CEE countries. *Theoretical & Applied Economics*. 2013. vol. 20.no. 5.
- 23 Block J., Sandner P. Necessity and opportunity entrepreneurs and their duration in self-employment: evidence from German micro data. *Journal of Industry, Competition and Trade*. 2009. vol. 9.no. 2. pp. 117-137. doi: 10.1007/s10842-007-0029-3
- 24 Charfeddine L., Khediri K.B. Financial development and environmental quality in UAE: Cointegration with structural breaks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. vol. 55. pp. 1322-1335. doi: 10.1016/j.rser.2015.07.059.
- 25 Hatemi-J A., Ajmi A.N., El Montasser G., Inglesi-Lotz R. et al. Research output and economic growth in G7 countries: new evidence from asymmetric panel causality testing. *Applied Economics*. 2016. vol. 48.no. 24. pp. 2301-2308. doi: 10.1080/00036846.2015.1117052

Сведения об авторах

Халед Б. В. Джиббури аспирант, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, khaled.djebb@gmail.com


 <https://orcid.org/0000-0002-2230-9637>

Амин Бутуату аспирант, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, boutouatouamine66@gmail.com


 <https://orcid.org/0000-0002-4579-5201>

Information about authors


Khaled B.W. Djebbouri graduate student, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, khaled.djebb@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2230-9637>


Amine Boutouatou graduate student, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, boutouatouamine66@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4579-5201>


Александр И. Хорев д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, al.khorev@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>


Максим Н. Ивлиев к.т.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, max1m@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8754-2608>

Aleksandr I. Khorev Dr. Sci. (Econ.), professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, al.khorev@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>

Maksim N. Ivliev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, higher mathematics and information technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, max1m@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8754-2608>

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 14/01/2022	После редакции 08/02/2022	Принята в печать 02/03/2022
Received 14/01/2022	Accepted in revised 08/02/2022	Accepted 02/03/2022

Прогнозирование уровня урожайности сельскохозяйственных культур в Кабардино-Балкарской Республике

Анжела А. Акбашева¹ anzhela-akbasheva@mail.ru  0000-0003-1609-8957
Ирина Ш. Дзахмишева² irina_dz@list.ru  0000-0002-7324-5338
Милана А. Дзуганова¹ m.koshieva@mail.ru  0000-0002-0081-9337




¹ Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Карачаево-Черкесский филиал, пр-т Ленина, 83, г. Черкесск, 369000, Россия

² Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в., г. Нальчик, 360030, Россия

Аннотация. В научной статье определены существенные показатели экономической эффективности сельскохозяйственного производства, в частности растениеводства, в число которых входит, в первую очередь, урожайность. Исследована структура производства основных видов продукции растениеводства в Кабардино-Балкарской Республике по категориям хозяйств в процентах от общего объема производства. Установлено, что основными видами растениеводческой продукции являются зерно, семена подсолнечника, картофель и овощи. В 2020 году Кабардино-Балкарской Республики увеличился объем производства основных видов продукции растениеводства в хозяйствах всех категорий к предыдущему году. Урожайность представляется как существенный показатель, который определяет уровень реальной интенсификации производства сельскохозяйственной продукции. От оптимального и рационального планирования и прогнозирования степени урожайности сельхозкультур в значительной степени зависит качественный показатель планового экономического уровня. Анализ урожайности в хозяйствах всех категорий Кабардино-Балкарской Республики в 2020 году позволил установить, что наибольшим темпом роста урожайности отличается подсолнечник, одновременно с этим производство овощей снизилось значительной степени. Производство картофеля и овощей в хозяйствах населения в 2020 году увеличилось в общем объеме произведенной продукции сельского хозяйства. Зерно и овощи, произведенные хозяйствами индивидуальных предпринимателей и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами в 2020 году снизились в общем объеме производства сельскохозяйственной продукции. В целом, в хозяйствах всех категорий Кабардино-Балкарской Республики прогнозируется дополнительная прибавка урожайности за счет внедрения инновационных технологий в растениеводстве.

Ключевые слова: резервы, урожайность, сельскохозяйственные культуры, экономическая эффективность, инновационные технологии, сельское хозяйство

Forecasting the level of crop yields in the Kabardino-Balkarian Republic

Anzhela A. Akbasheva¹ anzhela-akbasheva@mail.ru  0000-0003-1609-8957
Irina Sh. Dzakhmishева² irina_dz@list.ru  0000-0002-7324-5338
Milana A. Dzuganova¹ m.koshieva@mail.ru  0000-0002-0081-9337

¹ Moscow Financial and Industrial University Sinergiya, Karachay-Cherkess branch, Lenin Ave, 83, Cherkessk, 369000, Russia

² Kabardino-Balkarian State Agricultural University of V.M. Kokov, Lenin Ave., 1 of century, Nalchik, 360030, Russia

Abstract. Scientific article defines the most important indicators of the economic efficiency of crop production and agricultural production, including productivity. The structure of production of the main types of crop production in the Kabardino-Balkarian Republic by categories of farms as a percentage of the total production has been studied. It has been established that the main types of crop production are grain, sunflower seeds, potatoes, and vegetables. The volume of production of the main types of crop production in farms of all categories of the Kabardino-Balkarian Republic in 2020 increased compared to the previous year. Productivity is the most important indicator reflecting the level of intensification of agricultural production. The quality of the planned economic level largely depends on the correct planning and forecasting of the level of crop yields. An analysis of yields in farms of all categories of the Kabardino-Balkarian Republic in 2020 made it possible to establish that sunflower has the highest yield growth rate, and vegetable production has significantly decreased. The production of potatoes and vegetables in households in 2020 increased in relation to the volume of agricultural production. The production of grain and vegetables in peasant (farmer) households and individual entrepreneurs in 2020 decreased in relation to the volume of agricultural production. In farms of all categories of the Kabardino-Balkarian Republic, an additional increase in productivity is predicted due to the introduction of innovative technologies in crop production.

Keywords: reserves, productivity, economic efficiency, agricultural crops, innovative technologies, agriculture

Введение

Растениеводство представляется как составная часть продовольственно-производственного комплекса, нацеленная на более полное удовлетворение общественных и личных потребностей хозяйств и населения в ценных пищевых продуктах, не имеющих субститутов, какими являются результаты растениеводческого подкомплекса. Данный подкомплекс является межотраслевой интегрированной системой,

в которой в объединенном воспроизводственном процессе экономически взаимосвязаны различные предприятия и хозяйствующие субъекты, производящие растениеводческую продукцию, одновременно осуществляя их переработку и реализующие потребителям конечную продукцию. Производство растениеводческой продукции обеспечивает население необходимыми продуктами питания, отрасли промышленности – сырьем растительного происхождения, а животноводство – кормами.

Для цитирования

Акбашева А.А., Дзахмишева И.Ш., Дзуганова М.А. Прогнозирование уровня урожайности сельскохозяйственных культур в Кабардино-Балкарской Республике // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 337–343. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-337-343

For citation

Akbasheva A.A., Dzakhmishева I.Sh., Dzuganova M.A. Forecasting the level of crop yields in the Kabardino-Balkarian Republic. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 337–343. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-337-343

Кабардино-Балкарская Республика является одним из ведущих регионов страны по производству продукции растениеводства. Это обусловлено ее благоприятными природно-климатическими, зональными и почвенными условиями, отличительными признаками которых являются: достаточно мягкая зима, длительные безморозные периоды (от 160 до 200 дней), с преобладающей площадью почв горно-лугового, горно-степного черноземовидного вида и т. д.

Важнейшим результативным показателем растениеводческого подкомплекса и в целом сельскохозяйственного производства является урожайность [1–3]. Уровень урожайности отражает прямое либо косвенное воздействие экономических, климатических и иных природных условий, в которых развивается сельскохозяйственное производство и качество организационно-управленческой и хозяйственной деятельности любого хозяйствующего субъекта. Общий объем производства сельскохозяйственной продукции характеризует урожай, вместе с тем, урожайность определяется продуктивностью этой культуры в конкретных условиях ее возделывания. Самое пристальное внимание при этом уделяется анализу и оценке урожайности в силу того, что при относительно неизменном значении посевной площади производство продукции растениеводства будет зависеть, в первую очередь, от степени урожайности, на которую влияет целый комплекс факторов. Соответственно, для полной характеристики общего состояния и развития процесса производства сельскохозяйственных культур

в хозяйстве, важно определить наличие посевной площади под сельскохозяйственные культуры и урожайность.

Цель работы – определение резервов повышения урожайности, как одного из показателей экономической эффективности и развития сельскохозяйственного производства продукции растениеводства.

Объекты и методы

Объектом исследования является растениеводство. На стадии исследования использовались современные методы: системный, статистический, экономико-математический, диалектический; формально-логический, сравнительный.

Результаты и обсуждение

Общий объем продукции растениеводства, произведенной во всех категориях хозяйств Кабардино-Балкарской Республики в 2020 году увеличился на 34683,0 млн. руб., а в фактически действовавших в данном году ценах, в процентах к предыдущему году (в сопоставимых ценах) – 111,1% [4].

Индекс процесса производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий в Кабардино-Балкарской Республике в 2020 году составил 110,0% к предыдущему году, в том числе продукции растениеводства – 111,1% к предыдущему году, продукции животноводства – 108,5% к предыдущему году. На факт повышения индекса процесса производства продукции сельского хозяйства в Кабардино-Балкарской Республике повлияло увеличение индекса производства продукции растениеводства на 5,3% (таблица 1).

Таблица 1.

Индексы производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий в Кабардино-Балкарской Республике (в сопоставимых ценах; в процентах к предыдущему году)

Table 1.

Indices of agricultural production in farms of all categories in the Kabardino-Balkarian Republic (in comparable prices; as a percentage of the previous year)

Годы Years	Производство сельского хозяйства Agricultural products	Производство растениеводства Crop production	Производство животноводства Livestock products
2010	110,0	112,7	106,9
2011	109,2	107,9	111,0
2012	104,6	104,2	105,1
2013	104,7	109,0	99,5
2014	100,0	92,9	109,4
2015	104,3	105,1	103,3
2016	105,3	109,1	100,7
2017	104,7	107,9	101,0
2018	103,1	102,9	103,4
2019	104,9	105,8	103,9
2020	110,0	111,1	108,3

Объем производства основных видов продукции растениеводства, выращенный хозяйствами всех категорий Кабардино-Балкарской Республики в 2020 году увеличился

к предыдущему году за счет увеличения зерна в весе после доработки на 57,2 тыс. тонн и составил 1193,3 тыс. тонн, семян подсолнечника – на 3,7 тыс. тонн и составил 29,8 тыс. тонн

(таблица 2). Положительные темпы роста зерна и семян подсолнечника в Кабардино-Балкарской Республике в 2020 году связаны с увеличением объема производства продукции растениеводства, выращенной сельскохозяйственными

организациями. Производство картофеля в 2020 году снизилось к предыдущему году на 15,3 тыс. тонн и составило 180,7 тыс. тонн, овощей – на 85,8 тыс. тонн и составило 318,6 тыс. тонн (таблица 2).

Таблица 2.
Производство основных видов продукции растениеводства по категориям хозяйств
в Кабардино-Балкарской Республике (тысяч тонн)

Table 2.

Production of the main types of crop production by categories of farms
in the Kabardino-Balkarian Republic (thousand tons)

Продукция растениеводства Crop production	Годы Years										Изменение change (+,-) 2020/2019
	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Хозяйства всех категорий Farms of all categories											
Зерно (в весе после доработки) Grain (in weight after finishing)	398,7	645,1	1077,8	938,2	947,5	1150,3	1157,3	1128,1	1136,1	1193,3	+57,2
Семена подсолнечника Sunflower seeds	20,6	44,2	36,3	35,4	24,3	39,6	28,4	32,9	26,1	29,8	+3,7
Картофель | Potato	188,4	226,1	221,7	225,4	234,2	240,4	184,9	182,9	196,0	180,7	-15,3
Овощи | Vegetables	277,8	338,6	343,2	347,5	406,8	433,1	498,9	470,4	404,4	318,6	-85,8

Исследование структуры произведенных видов растениеводческой продукции в Кабардино-Балкарской Республике по категориям хозяйств в процентах от общего объема производства позволило установить, что основными видами растениеводческой продукции являются зерно, семена подсолнечника, картофель, овощи. Производство картофеля и овощей в сельскохозяйственных организациях в 2020 году снизилось к общему объему производства продукции сельского хозяйства соответственно на 8,5%, 16,8% к 2019 году, а зерна возросло на 1,1% к предыдущему году и составило 23,3% от общего объема производства продукции сельского хозяйства (таблица 3). Таким образом, к основным более развитым направлениям растениеводческого подкомплекса в Кабардино-Балкарской Республике, согласно производственной классификации, можно включить отрасль по выращиванию зерновых культур, в которой доминирует выращивание пшеницы, ячменя и кукурузы; зернобобовых культур, в которой в основном выращивается горох, фасоль, чечевица и нут; отрасль по возделыванию масличных культур (подсолнечника); а также картофелеводство, овощеводство (открытого и защищенного грунта).

Производство картофеля и овощей в хозяйствах населения в 2020 году увеличилось к общему объему производства продукции сельского хозяйства на 1,3% и 1,9% соответственно к предыдущему году (таблица 3).

Объем зерна и овощей, произведенный крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и индивидуальными предпринимателями в 2020 году снизился в объеме производства сельскохозяй-

ственной продукции на 1,1% и 16,8% соответственно и составил 76,4% и 47,5% соответственно от общего объема производства, а удельный вес производства картофеля увеличился на 7,2% и составил в 2020 году 45,7% от общего объема производства (таблица 3). Крестьянскими (фермерскими) хозяйствами производится зерна в 3,3 раз больше, чем сельскохозяйственными организациями. Наибольший объем производства картофеля приходится на хозяйства населения. Основная доля овощей в 2020 году производится сельскохозяйственными организациями и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами.

Одним из существенных показателей эффективности производственной деятельности продукции растениеводства является их урожайность.

Урожайность выступает как важнейший показатель, отображающий уровень интенсификации производственной деятельности при выращивании сельскохозяйственной продукции. От оптимального и рационального планирования и прогнозирования уровня урожайности сельскохозяйственных культур в большей степени зависит качество прогнозного экономического уровня многих экономических категорий, в число которых входят такие как себестоимость, трудоотдача, рентабельность, оборачиваемость и другие экономические показатели [5]. Значит, урожайность культур в каждом хозяйствующем субъекте занимает значимое место, и каждый производитель сельскохозяйственной продукции должен стремиться к непрерывному и стабильному повышению урожайности возделываемых культур.

Таблица 3.

Структура производства основной продукции, выращенной в сельском хозяйстве по категориям хозяйств в Кабардино-Балкарской Республике (в процентах от общего объема производства)

Table 3.

Structure of production of main agricultural products by categories of farms in the Kabardino-Balkarian Republic (as a percentage of total production)

Продукция растениеводства Crop production	Годы Years									Изменение change (+,-) 2020/2019
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		
Сельскохозяйственные организации | Agricultural organizations										
Зерно (в весе после доработки) Grain (in weight after finishing)	36,4	35,1	32,6	30,7	27,5	29,6	22,2	23,3		+1,1
Семена подсолнечника | Sunflower seeds	54,0	51,4	49,3	47,0						
Картофель | Potato	5,7	5,4	5,5	8,6	15,9	15,2	14,5	6,0		-8,5
Овощи | Vegetables	18,9	27,6	28,6	41,0	62,6	67,9	64,3	47,5		-16,8
Хозяйства населения | Households of the population										
Зерно (в весе после доработки) Grain (in weight after finishing)	0,8	0,8	0,8	0,7	0,3	0,4	0,3	0,3		0
Семена подсолнечника | Sunflower seeds	0,2	0,3	0,4	0,3						
Картофель | Potato	73,4	72,3	69,9	68,4	51,4	52,0	47,0	48,3		+1,3
Овощи | Vegetables	39,7	39,5	33,9	31,9	16,5	16,4	19,2	21,1		+1,9
Крестьянские (фермерские) хозяйства (включая индивидуальных предпринимателей) Peasant (farming) households (including individual entrepreneurs)										
Зерно (в весе после доработки) Grain (in weight after finishing)	62,9	64,1	66,6	68,6	72,2	70,1	77,5	76,4		-1,1
Семена подсолнечника | Sunflower seeds	45,7	48,3	50,3	52,8						
Картофель | Potato	20,9	22,3	24,5	23,0	32,7	32,9	38,5	45,7		+7,2
Овощи | Vegetables	41,4	32,9	37,5	27,1	20,9	67,9	64,3	47,5		-16,8

Проанализируем, как изменялись за анализируемый период урожайность продукции растениеводства в Кабардино-Балкарской Республике в хозяйствах всех категорий.

В 2020 году урожайность зерновых и зернобобовых культур составила 56,7 ц/га, что на 1,9 ц/га или 3,6% больше аналогичного показателя в 2019 году. В сравнении с 2010 годом урожайность зерновых и зернобобовых культур и подсолнечника в 2020 году увеличилась в 1,5 раза (таблица 4).

Урожайность подсолнечника в Кабардино-Балкарской Республике в 2020 году составила 20,9 ц/га, что на 2,5 ц/га или 13,6% больше аналогичного показателя в 2019 году (таблица 4).

Урожайность картофеля и овощей в Кабардино-Балкарской Республике в 2020 году составила 236 ц/га и не изменилась к предыдущему году (таблица 4). Урожайность овощей в Кабардино-Балкарской Республике в 2020 году составила 213 ц/га и снизилась на 47,0 ц/га или 18,1% к предыдущему году (таблица 4).

Таблица 4.

Урожайность (в весе после доработки) культур сельского хозяйства в Кабардино-Балкарской Республике (в хозяйствах всех категорий; ц с 1 га убранной площади)

Table 4.

Productivity (in weight after processing) of agricultural crops in the Kabardino-Balkarian Republic (on farms of all categories; centners per 1 ha of harvested area)

Виды сельскохозяйственных культур Types of crops	Годы Years											Изменение change 2020/2019	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Абс. +,-	Отн. %
Зерно (в весе после доработки) Grain (in weight after finishing)	37,4	40,6	42,5	52,0	46,3	45,8	56,6	56,3	54,1	54,8	56,7	+1,9	103,6
Семена подсолнечника Sunflower seeds	14,4	16,1	14,6	16,3	16,9	14,6	19,2	16,5	18,8	18,4	20,9	+2,5	113,6
Картофель Potato	166,9	168,6	169,2	168,9	171,9	168,6	175,5	204	217	236	236	0	
Овощи Vegetables	177,0	176,4	180,8	187,5	192,8	188,7	211,7	259	290	260	213	-47,0	81,9

Расчет плановой урожайности сельскохозяйственных культур в Кабардино-Балкарской Республике

Таблица 5.

Table 5.

Calculation of planned crop yields in the Kabardino-Balkarian Republic

Плановые мероприятия по каждой с\х культуре Planned activities for each agricultural crop	Фактическая площадь посева в среднем за 3 года, тыс га Actual crop area in average for 3 years, thousand ha	В том числе под мероприятия Therein including under Events	Средний уровень урожайности, ц/га Average level productivity, c/ha	Нормативная прибавка урожайности, ц/га Regulatory increase productivity, c/ha	Валовой сбор за счет прибавки, тыс тонн Gross fee for check increments, thousand tons	Дополнительная прибавка урожайности от мероприятий, ц/га Additional yield increase from events, c/ha	Плановая урожайность, ц/га Planned productivity, c/ha
Зерновые культуры Повышение классности семян Cereal crops Increasing the class of seeds	218	950	55,2	2,3	1152,5	1,5	57,5
Внесение 1 ц мин. удобрений Application 1 c min. fertilizer				2,0	1900	1,7	
Сокращение сроков уборки Reduction of terms cleaning				3,5	3325	3,0	
Картофель Внесение 1 ц мин. удобрений Potato Application 1 c min. fertilizer	7,7	500	229,6	3,2	180,7	6,4	239,2
Сокращение сроков уборки Reduction of terms cleaning				1,7	850	1,1	14,9
Подсолнечник Внесение 1 ц мин удобрений sunflower Application 1 q min fertilizer	15,7	450	19,4	2,5	29,8	1,5	23,4
Сокращение сроков уборки Reduction of terms cleaning				3,8	1710	2,7	
Итого посевов Total crops	241,4	1900	-	-	1363	-	-

Анализ урожайности в хозяйствах всех категорий Кабардино-Балкарской Республики в 2020 году позволил установить, что наибольшим темпом роста урожайности отличается подсолнечник, вместе с тем производство овощей существенно уменьшилось.

Многие ученые отмечают, что резервом повышения урожайности являются: рациональное внесение удобрений [6–7], систематическое улучшение агротехники [8], селекционирование [9], сортообновление, [10] своевременное выполнение технологических операций [11–12], сокращение сроков посевных и уборочных работ [13], а также составление оптимальной структуры посевной площади и рациональное освоение научно-обоснованных и актуализированных к реальным условиям севооборотов [13–20].

Рассмотрим эффективность прибавки урожайности за счет организационных и агротехнических мероприятий в хозяйствах всех категорий Кабардино-Балкарской Республики (таблица 5).

Заключение

В хозяйствах всех категорий Кабардино-Балкарской Республики прогнозируется дополнительная прибавка к существующему уровню урожайности зерновых культур 57,56 ц/га, подсолнечника – 23,4 ц/га, картофеля -239,2 ц/га.

В Кабардино-Балкарской Республике необходимо активизировать инновационные технологии в растениеводстве. Это позволит поднять эффективность сельскохозяйственного производства и уровень конкурентоспособности продукции растениеводческого подкомплекса.

Литература

- 1 Векленко В.И., Солошенко В.М., Пигорев И.Я. Внутренние резервы повышения устойчивости производства продукции растениеводства в сельскохозяйственных организациях // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. №. 4.
- 2 Шоль В.В. и др. Резервы повышения экономической эффективности производства продукции растениеводства // Экономика и предпринимательство. 2018. №. 5. С. 1116–1120.
- 3 Чумакова Н.В., Кузьменко О.В. Резервы повышения эффективности производства продукции растениеводства // Научный альманах. 2015. №. 4. С. 74.
- 4 Статистический сборник. Кабардино-Балкария в цифрах. 2021.
- 5 Тогаев Х. Резервы повышения экономической и экологической эффективности в теплицах // Архив Научных Публикаций JSPI. 2020.
- 6 Абашев В.Д. и др. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна яровой пшеницы // Пермский аграрный вестник. 2017. №. 1 (17).
- 7 Романова И.Н. и др. Урожайность зерновых культур и уровень плодородия почвы в зависимости от внесения минеральных удобрений, типа почв в системе севооборота // Зерновое хозяйство России. 2018. №. 2. С. 57–61.
- 8 Якушев В.П., Михайленко И.М., Драгавцев В.А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожая зерновых культур в России // Сельскохозяйственная биология. 2015. №. 5.
- 9 Баскаков И.В. и др. Озонирование семенного материала-резерв повышения урожайности зерновых культур // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве. 2017. С. 10–16.
- 10 Васильев А.А. Резервы повышения урожайности картофеля за счет адаптивности // Агропродовольственная политика России. 2014. №. 10. С. 37–40.
- 11 Плещачёв Ю.Н., Кошечев И.А., Кандыбин С.С. Влияние способов основной обработки почвы на урожайность зерновых культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. №. 1 (99).
- 12 Гулянов Ю.А. и др. Резервы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы и их зависимость от гетерогенности посевов в условиях степной зоны Оренбургского Предуралья // Юг России: экология, развитие. 2020. №. 1 (54). С. 79–88.
- 13 Хугаева Р.И. Интенсивное ведение отрасли растениеводства-основной резерв повышения эффективности // Перспективы развития АПК в современных условиях. 2020. С. 303–306.
- 14 Логинов Ю.П., Казак А.А., Якубышина Л.И. Резервы повышения урожайности зерновых культур в лесостепи Тюменской области // Сельскохозяйственные науки-агропромышленному комплексу России: матер. междунар. науч.-практич. конф. Челябинск. 2017. С. 65–76.
- 15 Qader S.H., Dash J., Atkinson P.M. Forecasting wheat and barley crop production in arid and semi-arid regions using remotely sensed primary productivity and crop phenology: A case study in Iraq // Science of the Total Environment. 2018. V. 613. P. 250–262.
- 16 Raseduzzaman M.D., Jensen E.S. Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis // European Journal of Agronomy. 2017. V. 91. P. 25–33.
- 17 Yang X. et al. Potential benefits of climate change for crop productivity in China // Agricultural and Forest Meteorology. 2015. V. 208. P. 76–84.
- 18 Vanlauwe B. et al. A fourth principle is required to define conservation agriculture in sub-Saharan Africa: the appropriate use of fertilizer to enhance crop productivity // Field Crops Research. 2014. V. 155. P. 10–13.
- 19 Lobell D.B. Climate change adaptation in crop production: Beware of illusions // Global Food Security. 2014. V. 3. №. 2. P. 72–76.
- 20 Mustafa A. et al. Perspectives of using l-tryptophan for improving productivity of agricultural crops: A review // Pedosphere. 2018. V. 28. №. 1. P. 16–34.

References

- 1 Veklenko V.I., Soloshenko V.M., Pigorev I.Ya. Internal reserves for increasing the sustainability of crop production in agricultural organizations. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2016. no. 4. (in Russian).
- 2 Shol V.V. et al. Reserves for increasing the economic efficiency of crop production. Economics and Entrepreneurship. 2018. no. 5. pp. 1116–1120. (in Russian).

- 3 Chumakova N.V., Kuzmenko O.V. Reserves for increasing the efficiency of crop production. Scientific almanac. 2015. no. 4. pp. 74. (in Russian).
- 4 Statistical compendium. Kabardino-Balkaria in numbers. 2021. (in Russian).
- 5 Togaev H. Reserves for increasing economic and environmental efficiency in greenhouses. JSPI Scientific Publications Archive. 2020. (in Russian).
- 6 Abashev V.D. et al. Influence of mineral fertilizers on the yield of spring wheat. Permskiy agrarian vestnik. 2017. no. 1 (17). (in Russian).
- 7 Romanova I.N. Yield of grain crops and the level of soil fertility depending on the application of mineral fertilizers, soil type in the crop rotation system. Grain Economy of Russia. 2018. no. 2. pp. 57–61. (in Russian).
- 8 Yakushev V.P., Mikhailenko I.M., Dragavtsev V.A. Agrotechnological and breeding reserves for increasing the yield of grain crops in Russia. Agricultural biology. 2015. no. 5. (in Russian).
- 9 Baskakov I.V. Ozonization of seed material as a reserve for increasing the yield of grain crops. Modern trends in the development of technologies and technical means in agriculture. 2017. pp. 10–16. (in Russian).
- 10 Vasiliev A.A. Reserves for increasing the yield of potatoes due to adaptability. Agro-food policy of Russia. 2014. no. 10. pp. 37–40. (in Russian).
- 11 Pleskachev Yu.N., Koshcheev I.A., Kandybin S.S. Influence of methods of basic tillage on the productivity of grain crops. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2013. no. 1 (99). (in Russian).
- 12 Gulyanov Yu.A. and other Reserves for increasing the yield and quality of winter wheat grain and their dependence on the heterogeneity of crops in the steppe zone of the Orenburg Cis-Urals. South of Russia: ecology, development. 2020. no. 1 (54). pp. 79–88. (in Russian).
- 13 Khugaeva R.I. Intensive management of the plant growing industry is the main reserve for increasing efficiency. Prospects for the development of the agro-industrial complex in modern conditions. 2020, pp. 303–306. (in Russian).
- 14 Loginov Yu.P., Kazak A.A., Yakubyshina L.I. Reserves for increasing the yield of grain crops in the forest-steppe of the Tyumen region. Agricultural sciences for the agro-industrial complex of Russia: mater. intl. scientific-practical. conf. Chelyabinsk. 2017. pp. 65–76. (in Russian).
- 15 Qader S.H., Dash J., Atkinson P.M. Forecasting wheat and barley crop production in arid and semi-arid regions using remotely sensed primary productivity and crop phenology: A case study in Iraq. Science of the Total Environment. 2018. vol. 613. pp. 250–262.
- 16 Raseduzzaman M.D., Jensen E.S. Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. European Journal of Agronomy. 2017. vol. 91. pp. 25–33.
- 17 Yang X. et al. Potential benefits of climate change for crop productivity in China. Agricultural and Forest Meteorology. 2015. vol. 208. pp. 76–84.
- 18 Vanlauwe B. et al. A fourth principle is required to define conservation agriculture in sub-Saharan Africa: the appropriate use of fertilizer to enhance crop productivity. Field Crops Research. 2014. vol. 155. pp. 10–13.
- 19 Lobell D.B. Climate change adaptation in crop production: Beware of illusions. Global Food Security. 2014. vol. 3. no. 2. pp. 72–76.
- 20 Mustafa A. et al. Perspectives of using l-tryptophan for improving productivity of agricultural crops: A review. Pedosphere. 2018. vol. 28. no. 1. pp. 16–34.

21

Сведения об авторах

Анжела А. Акбашева к.э.н., заведующая кафедрой, кафедра экономического анализа и учета, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Карачаево-Черкесский филиал, пр-т Ленина, 83, г. Черкесск, 369000, Россия, anzhela-akbasheva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1609-8957>

Ирина Ш. Дзахмишева д.э.н., профессор, кафедра товароведения, туризма и права, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в., г. Нальчик, 360030, Россия, irina_dz@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7324-5338>

Милана А. Дзуганова зав. лаборатории, кафедра товароведения, туризма и права, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в., г. Нальчик, 360030, Россия, m.koshieva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0081-9337>

Вклад авторов

Анжела А. Акбашева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Ирина Ш. Дзахмишева консультация в ходе исследования, обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Милана А. Дзуганова выполнила расчеты, оформила графический материал

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Anzhela A. Akbasheva Cand. Sci. (Econ.), managing department, economic analysis and account department, Moscow Financial and Industrial University "Sinergiya", Karachay-Cherkess branch, Lenin Ave, 83, Cherkessk, 369000, Russia, anzhela-akbasheva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1609-8957>

Irina Sh. Dzakhmishcheva Dr. Sci. (Econ.), professor, merchandizing, tourism and right department, Kabardino-Balkarian State Agricultural University of V.M. Kokov, Lenin Ave., 1 of century, Nalchik, 360030, Russia, irina_dz@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7324-5338>

Milana A. Dzukanova head laboratories, merchandizing, tourism and right department, Kabardino-Balkarian State Agricultural University of V.M. Kokov, Lenin Ave., 1 of century, Nalchik, 360030, Russia, m.koshieva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0081-9337>

Contribution

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

Irina Sh. Dzakhmishcheva consultation during the study

Milana A. Dzukanova performed computations

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 27/12/2021	После редакции 25/01/2022	Принята в печать 14/02/2022
Received 27/12/2021	Accepted in revised 25/01/2022	Accepted 14/02/2022

Исследование взаимосвязи индексов человеческого развития, качества городской среды, качества жизни и валового регионального продукта методом главной компоненты


Тамара Н. Орловская¹ e-tamara@mail.ru  0000-0002-8428-931X

¹ Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 12-я Красноармейская ул., 4, г. Санкт-Петербург, 190005, Россия

Аннотация. В настоящее время бесспорной является актуальность рассмотрения проблем комфортности и безопасности жизнедеятельности населения мегаполисов и регионов. Особое внимание уделяется вопросам применения для оценки различных показателей – индекса человеческого развития, индекса качества городской среды, индекса качества жизни, валового регионального продукта на душу населения и других индикаторов. Предметом исследования являются индексы социально-экономического развития субъектов РФ. Целью исследования является выявление взаимосвязи между показателями, позволяющими оценить комфортность и безопасность среды жизнедеятельности, обеспечивающие стандарты качества жизни и качества городской среды и имеющие приоритетное значение для формирования высокого уровня человеческого капитала в регионах и мегаполисах. Была выдвинута гипотеза, о том, что исследование мегаполисов с использованием вышеуказанных показателей может быть описано с помощью меньшего количества факторов, поскольку между показателями должна существовать зависимость. Сделано предположение, что все указанные показатели содержат достаточно большое количество схожих индикаторов, теснота связи между которыми может быть выявлена методами корреляционного анализа. Сравнение пяти указанных индексов проведено с применением экономико-математических методов, регрессионного анализа. С помощью метода главной компоненты, выявлено статистически значимое уравнение регрессии, описывающее зависимость рассматриваемых показателей. По результатам проведенных расчетов установлено, что величина влияния показателей на изменение индекса человеческого развития составляет 84%. Доказана гипотеза о том, что основными факторами, оказывающими влияние на изменение индекса человеческого развития, являются качество городской среды, качество жизни населения, валовый региональный продукт на душу населения.

Ключевые слова: индекс, человеческое развитие, городская среда, качество жизни, региональный продукт, население, развитие территории, субъекты РФ

Research interconnection of indices of human development, quality of the urban environment, quality of life and gross regional product by the method of the main component

Tamara N. Orlovskaya¹ e-tamara@mail.ru  0000-0002-8428-931X

¹ Saint Petersburg State University of Architecture and Civic Engineering, 2-ya Krasnoarmeiskaya ul., 4 St. Petersburg, 190005, Russia

Abstract. Currently, the urgency of considering the problems of comfort and life safety of the population of megalopolises and regions is indisputable. Particular attention is paid to the use of various indicators for assessing - the human development index, the urban environment quality index, the quality of life index, the gross regional product per capita and other indicators. The subject of the research is the indices of socio-economic development of the constituent entities of the Russian Federation. The aim of the study is to identify the relationship between indicators that make it possible to assess the comfort and safety of the living environment, ensuring the quality of life and quality of the urban environment standards and having a priority value for the formation of a high level of human capital in regions and megacities. It was hypothesized that the study of megalopolises using the above-mentioned indicators can be described using fewer factors, since there should be a relationship between the indicators. It is assumed that all of these indicators contain a fairly large number of similar indicators, the tightness of the relationship between which can be revealed by the methods of correlation analysis. Comparison of these five indices was carried out using economic and mathematical methods, regression analysis. Using the principal component method, a statistically significant regression equation was found that describes the dependence of the indicators under consideration. According to the results of the calculations, it was found that the magnitude of the impact of indicators on the change in the human development index is 84%. The hypothesis has been proved that the main factors influencing the human development index change are the quality of the urban environment, the quality of life of the population, and the gross regional product per capita.

Keywords: index, human development, urban environment, quality of life, regional product, population, territory development, subjects of the Russian Federation

Введение

На современном этапе развития общества важнейшими и наиболее часто используемыми статистическими показателями, позволяющими оценивать уровень экономической безопасности и социопространственного развития территории, являются индекс человеческого развития

Для цитирования

Орловская Т.Н. Исследование взаимосвязи индексов человеческого развития, качества городской среды, качества жизни и валового регионального продукта методом главной компоненты // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 344–350. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-344-350

(далее – ИЧР) и индекс развития человеческого потенциала (далее – ИЧРП), индекс качества жизни (далее – ИКЖ), индекс качества городской среды (далее – ИКГС). Опираясь на значение показателя ИЧР (ИЧРП), ученые проводят сравнительные исследования регионов, определяя уровень прогресса и человеческого развития.

For citation

Orlovskaya T.N. Research interconnection of indices of human development, quality of the urban environment, quality of life and gross regional product by the method of the main component. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 344–350. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-344-350

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

Главными составляющими показателя являются экономическая, в виде валового внутреннего продукта или валового регионального продукта (далее – ВРП) на душу населения, и социальная, определяющая уровень развития социума посредством включения в расчеты различных индикаторов (уровень грамотности населения, охват населения образованием, ожидаемая продолжительность жизни). Несмотря на то, что российские [1–3] и зарубежные ученые [4, 5] предлагают опираться на различные подходы к оценке индикатора и совершенствовать методику и инструментарий оценки, общее мнение по поводу его значимости для развития социума и экономики однозначно [1]. Однако, справедливо и мнение ученых что «не во всех случаях ИЧРП адекватно отражает степень развития конкретного общества, что в определенной степени является следствием сознательной редукции числа компонентов индекса» [6].

Не менее значимым, чем показатель ИЧР, является близкий ему по сути, но более емкий по содержанию, показатель ИКЖ [7, 6]. Российские ученые разделяют понятия уровня жизни и качества жизни [8], относя к уровню жизни показатели, характеризующие, в том числе, и качество среды жизнедеятельности [8]. Важным моментом является отмеченное учеными наличие «тесной органической связи» [8] между качеством и уровнем жизни. Вместе с тем в работах [8] отмечено влияние модели территориального управления на уровень и качество жизни. Также, как и ИЧР, показатель позволяет оценить уровень жизни и сложившуюся социально-экономическую ситуацию в мегаполисе (регионе) [9, 10]. Значимость «характеристик социальной среды, состояния социального пространства...» [11] является не менее важной в оценке уровня и качества жизни. В свою очередь ВВП (ВРП) является «признанным обобщающим показателем уровня жизни» [11]. По мнению [12] «именно развитие человека, повышение качества и уровня жизни населения является наивысшим приоритетом государственной социально-экономической политики...».

В настоящее время задача выравнивания региональных различий по уровню и качеству жизни [10] остается актуальной. Показатель ИКГС, используемый для оценки уровня развития территории, в том числе и для «обеспечения высоких стандартов жизни» [11], позволяет установить уровень комфортности проживания и безопасности жизнедеятельности [13, 14]. Заложенные в расчет данного показателя составляющие, по сути, относят его к важнейшим, обеспечивающим благоприятные условия жизнедеятельности [10, 14]. По мнению российских ученых этот показатель может быть оценен как

Стандарт качества жизни [6, 7, 13, 14], при этом очевидна взаимосвязь управления качеством городской среды и уровнем качества жизни населения [13–14].

Более глубокое исследование сущности и содержания индекса человеческого развития позволяет утверждать, что имеет место сходство целей ранжирования мегаполисов и регионов по данному показателю и показателям качества жизни, качества городской среды, валового регионального продукта и иных социально-экономических индикаторов. Как было ранее отмечено в работе [9, 13] справедлив вывод ученых [10] о взаимосвязи экономических, социальных и пространственных факторов и их влиянии на устойчивое развитие территории.

Несмотря на то, что в основу рассмотренных выше показателей положены различные индикаторы с различными единицами измерения, с различными критериями оценки и методиками расчета [1, 15], все они (показатели) позволяют оценить, хотя и с разных позиций, достигнутый в мегаполисе или регионе уровень человеческого развития. Все вышеуказанное подводит к необходимости исследовать взаимосвязи факторов между собой, их влияние на результирующий фактор. Работы российских и зарубежных ученых подтверждают актуальность и целесообразность дальнейшего развития экономико-математического инструментария оценивания в области социопро пространственного развития. В связи с этим перспективным направлением дальнейших научных исследований является совершенствование методов, позволяющих проводить сравнительные исследования человеческого развития в российских мегаполисах и регионах. Главной целью исследования стало выявление зависимости между показателями, позволяющими оценить качество среды жизнедеятельности, обеспечивающие стандарты качества жизни и качества городской среды и имеющие приоритетное значение для формирования высокого уровня человеческого капитала в регионах.

Материалы и методы

Наиболее сложным при выборе метода исследования является возможность интерпретации и использования получаемых результатов для дальнейших разработок [16–18]. При проведении исследования был использован подход, позволяющий уменьшить размерность первичного набора данных и «свернуть» те из них, которые находятся в тесной связи. Применение метода главных компонент позволяет снизить избыточность параметров, если она присутствует в исходных данных, сохранив при этом наиболее значимую и ценную информацию.

Основными этапами исследования методом главной компоненты являются [16]:

- построение матрицы корреляционной зависимости между основными факторами;
- выделение в многомерном пространстве групп коррелирующих факторов путем нормализации исходных данных и перенесения их в новую систему координат;
- вычисление главных компонент с целью сокращения размерности пространства и переходу к новой компоненте в новой системе координат.

Важным является то, что в процессе моделирования методом главной компоненты не значим порядок вводимых факторов, поскольку конечный результат от него не зависит. Использование указанного метода позволяет перейти к новой системе координат, минимизируя потери первичной информации и сохранив связь скорректированных переменных с первичными данными. Кроме того, использование метода главных компонент позволяет путем нормализации данных привести используемые для различных факторов единицы измерения к единой размерности, позволяя проверять выдвинутые гипотезы.

В качестве исходных данных взята официально опубликованная информация за 2018 год, представленная на сайтах Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации (ИЧР), Министра России (ИКГС); Агентства РИА Рейтинг (ИКЖ); Госкомстата (ВРП на душу населения) [19–22]: Y – ИЧР; X_1 – ИКГС; X_2 – ИКЖ; X_3 – ВРП на душу населения, руб.

Была выдвинута гипотеза, о том, что исследование мегаполисов с использованием показателей ИЧР, ИКЖ, ИКГС или ВРП может быть описано с помощью меньшего количества факторов, поскольку между показателями должна существовать зависимость. Сделано предположение, что все указанные показатели

содержат достаточно большое количество схожих индикаторов, теснота связи между которыми может быть выявлена методами корреляционного анализа.

По исходным данным проведено исследование влияния факторов X_i на результат Y и исследована взаимозависимость (мультиколлинеарность) факторов X_i в регрессионной модели, полученной с помощью коэффициентов парной корреляции.

Результаты

Создание безопасной и комфортной городской среды, выравнивание благоприятных условий жизнедеятельности в регионах и мегаполисах России представляет актуальную задачу для органов власти. На фоне усиления негативных тенденций, связанных с последствиями пандемии новой коронавирусной инфекции, все более увеличивающейся концентрации населения в мегаполисах, важной теоретической задачей, имеющей практическое значение, выступает необходимость уточнения взаимовлияния и тесноты связи основных оценочных индикаторов – ИЧР, ИКЖ, ИКГС, ВРП на душу населения.

На основе данных [18–22] проведено исследование тесноты связи между показателями ИЧР, ИКГС, ИКЖ, ВРП на душу населения в российских мегаполисах по состоянию на 01.01.2018.

Для оценки влияния результирующих факторов (X_1, X_2, X_3) на результирующий показатель (Y) и наличие мультиколлинеарности с помощью пакета *Excel* (анализ данных, корреляция) построена матрица коэффициентов парной корреляции, результаты вычислений приведены ниже (Таблица 1).

Таблица 1.
Матрица парной корреляции между показателями ИЧР, ИКГС, ИКЖ, ВРП на душу населения в российских мегаполисах (по состоянию на 01.01.2018)

Table 1.
Matrix of paired correlation between indicators of HDI, UEQI, LQI, GRP per capita in Russian megacities (as of 01.01.2018)

Показатель | Parameter	Y	X_1	X_2	X_3
Y	1			
X_1	0,807202	1		
X_2	0,853023	0,80958	1	
X_3	0,878253	0,836467	0,675745	1

По результатам корреляционного анализа выявлено, что имеет место высокая теснота связи между факторами Y и X_1, X_2, X_3 .

Тип связи: прямая – между Y и X_1, X_2, X_3 .

Наибольшее влияние на результирующий показатель Y оказывает фактор X_3 (ВРП на душу населения).

Поскольку имеет место тесная связь между всеми результирующими показателями,

выявлено наличие мультиколлинеарности. Следовательно, необходимо уменьшить размерность данных для исключения влияния мультиколлинеарности и построения уравнения регрессии, позволяющей сделать выводы о характере влияния входных факторов на

результативный показатель. Одним из таких методов является метод главных компонент [16].

Для определения главных компонент были проведены следующие расчеты:

Построена матрица парных коэффициентов корреляции (далее – R) (Таблица 2).

Таблица 2.

Матрица парных коэффициентов корреляции (R)

Table 2.

Matrix of paired correlation coefficients (R)

Фактор | Factor	X_1	X_2	X_3
X_1	1	0,80958	0,836467
X_2	0,80958	1	0,675745
X_3	0,836467	0,675745	1

Далее рассчитаны собственные числа λ_i матрицы R и собственные вектора V_i каждого собственного числа (Таблица 3).

$\lambda_1 = 0,1247$
 $\lambda_2 = 0,3254$
 $\lambda_3 = 2,5499$

Таблица 3.

Собственные вектора V_i для каждого собственного числа

Table 3.

Eigenvectors V_i for each eigenvalue

Коэффициент | Coefficient	$\lambda_1 = 2,5499$	$\lambda_2 = 0,3254$	$\lambda_3 = 0,1247$
X_1	0,6005	0,0576	-0,79752
X_2	0,5618	-0,74	0,36946
X_3	0,5690	0,6699	0,47693

На следующем этапе рассчитан вклад каждой главной компоненты в суммарную дисперсию (Таблица 4) и константы главных

компонент (Таблица 5), построена матрица факторных нагрузок (Таблица 6).

Таблица 4.

Вклад каждой главной компоненты в суммарную дисперсию

Table 4.

Contribution of each main component to the total variance

Показатель | parameter	PC_1	PC_2	PC_3
λ_i	2,5499	0,3254	0,12473
доля объясненной вариации | share of variation explained	0,850	0,108	0,042
накопленная доля объясненной вариации accumulated share of the explained variation	0,850	0,958	1,000

Таблица 5.

Константы главных компонент

Table 5.

Constants of the main components

	PC_1	PC_2	PC_3
Константы | Constants	1,0	1,0	1,0

Таблица 6.

Матрица факторных нагрузок

Table 6.

Matrix of factor loads

Показатель | Parameter	PC_1	PC_2	PC_3
X_1	0,9589	0,0329	-0,28167
X_2	0,8971	-0,422	0,13048
X_3	0,9086	0,3821	0,1684

Анализ матрицы факторных нагрузок позволил выявить корреляцию между исходными факторами X_i и главными компонентами PC_i и установить, что наибольшее влияние на результативный показатель оказывает главная компонента PC_1 . Выявлено сильное прямое влияние всех трех факторов: X_1 , X_2 и X_3 .

Влияние главных компонент PC_2 и PC_3 незначительно, как по величине вклада каждой компоненты в результативный показатель ($PC_2 - 0,108$ и $PC_3 - 0,042$) (Таблица 4), так и по уровню тесноты связи (Таблица 6).

Использование метода главных компонент позволило выйти на качественно иной уровень входных данных. Новая компонента – PC_1 позволяет учесть влияние всех трех факторов (ИКГС; ИКЖ; ВРП на душу населения) на результирующий показатель (ИЧР).

На следующем этапе определения уравнения регрессии применен метод стандартизации показателей с использованием данных по средней и стандартному отклонению результирующих показателей (Таблица 7). Результаты стандартизации переменных приведены ниже (Таблица 8).

Таблица 7.

Стандартизация входных факторов X_1 , X_2 , X_3

Table 7.

Standardization of input factors X_1 , X_2 , X_3

Показатель | Parameter	X_1	X_2	X_3
Средняя | Average	176,13	56,14	552 049,37
Стандартное отклонение | Standard deviation	42,33	10,95	280 420,06

Таблица 8.

Стандартизация переменных

Table 8.

Standardization of variables

№	Мегаполис РФ | Megacity of Russia	Y	X_1	X_2	X_3	PC_1
1	Москва	0,959	2,3590	1,9395	3,1080	4,2747
2	Санкт-Петербург	0,951	1,4614	1,7857	0,8172	2,3458
3	Екатеринбург	0,891	0,3512	0,0484	-0,0888	0,1876
4	Самара	0,892	-0,3102	-0,1762	-0,2791	-0,4441
5	Казань	0,921	0,3276	1,4902	0,2912	1,1996
6	Волгоград	0,871	-1,4205	-0,8073	-0,7602	-1,7391
7	Воронеж	0,885	-0,5228	0,4216	-0,5250	-0,3759
8	Красноярск	0,901	0,3039	-0,9029	0,8592	0,1642
9	Омск	0,882	-1,7039	-1,3213	-0,7235	-2,1772
10	Челябинск	0,881	-0,3811	-0,3387	-0,4604	-0,6811
11	Нижний Новгород	0,874	0,3276	-0,0974	-0,4563	-0,1176
12	Новосибирск	0,888	-0,3575	-0,4471	-0,3687	-0,6756
13	Пермь	0,879	-0,5465	-0,8673	-0,1720	-0,9132
14	Ростов-на-Дону	0,874	0,0441	-0,1844	-0,7440	-0,5005
15	Уфа	0,874	0,0677	-0,5428	-0,4975	-0,5474

Используя функцию *Excel* (анализ данных, регрессия) с помощью метода главных компонент получено уравнение регрессии с новым результирующим показателем PC_1 (1)

$$Y = -0,25 + 0,532 PC_1 \quad (1)$$

где Y – ИЧР, PC_1 – переменная, включающая факторы X_1 , X_2 , X_3 (соответственно, ИКГС; ИКЖ; ВРП на душу населения) и описываемая следующим уравнением (2)

$$PC_1 = -0,9589X_1 + 0,8971X_2 + 0,9086X_3 \quad (2)$$

Полученное уравнение регрессии (1) статистически значимо по следующим критериям: $R^2 = 0,8401$; по критерию Фишера ($F_{расч.} > F_{табл.}$).

Обсуждение

Полученное уравнение позволяет выявить зависимость между индексами человеческого развития, качеством жизни и качеством городской среды. Проведенное исследование также доказывает влияние экономического фактора (ВРП на душу населения) на индекс человеческого развития. Поскольку влияние рассмотренных факторов на человеческое развитие доказано, можно утверждать, что имеет место нацеленность на политику эффективного социопро странственного развития мегаполисов (регионов), в первую очередь ориентированную на повышение качественных характеристик жизнедеятельности, что означает интенсификацию

социопро пространственных процессов, ориентирующих органы власти на рост человеческого капитала, предопределяющих рост продолжительности жизни населения и дальнейшее усиление безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности населения, важнейшим из которых становится комфортность городской среды.

По полученному уравнению регрессии можно утверждать, что более 84% влияния на политику развития человеческого капитала оказывают рассмотренные нами факторы.

Проведенные автором исследования позволили сделать вывод о необходимости дальнейшей работы в области исследования сущности и взаимовлияния важнейших показателей оценки человеческого развития и эффективности социально-экономического развития мегаполисов и регионов, пространственного развития территорий.

Заключение

По результатам проведенных расчетов выявлено, что на 84,0% дисперсия прироста ИЧР определяется дисперсией PC_1 . То есть на 84,0% изменение индекса человеческого развития зависит от изменения ИКГС, ИКЖ, ВРП на душу населения.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что основными факторами, оказывающими влияние на изменение ИЧР, являются качество городской среды, качество жизни населения валовый региональный продукт на душу населения.

Предложенная последовательность исследования позволяет более глубоко исследовать сущность происходящих социально-экономических и пространственных процессов, выявить наиболее тесные взаимосвязи и взаимозависимости, существенно сократить объемы необходимой для проведения расчетов информации.


Литература

- 1 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
- 2 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. doi: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-253-259>
- 3 Капущева А.Р. Тенденции развития человеческого капитала в регионах России // Фундаментальные исследования. 2017. № 9–1. С. 184–188.
- 4 Martin V.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.
- 5 Fitzsimons P. Human capital theory and education // Encyclopedia of educational philosophy and theory. 2015. P. 1–4.
- 6 Ахременко А.С., Евтушенко С.А. Качество жизни регионов России: политологический аспект, методология и методика измерения // Вестник Московского университета. (12. Политические науки). 2010. № 1. С. 67–83.
- 7 Кузнецов С.В., Растова Ю.И., Растов М.А. Рейтинг как мера оценки качества жизни в российских регионах // Экономика региона. 2017. Т. 13. № 1. С. 137–146. doi:10.17059/2017-1-13.
- 8 Кузнецов С.В., Межевич Н.М. Новые практики территориального управления в России и вопросы управления качеством жизни // Управленческое консультирование. 2015. № 7. С. 25–34.
- 9 Orlovskaya T. Comparative researches on strategic priorities of Russian megalopolises and global cities // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. Т. 463. № 3. P. 032037. doi:10.1088/1757-899X/687/5/055067.
- 10 Окрепилов В.В., Кузнецов С.В., Межевич Н.М., Свириденко М.В. Процессы урбанизации в контексте закономерностей пространственного развития муниципальных образований, находящихся в зоне влияния крупных мегаполисов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12. № 4. С. 42–52. doi: 10.15838/esc.2019.4.64.3.
- 11 Кузнецов С.В., Иванов С.А. Национальные приоритеты в экономической и социальной стратегии макрорегиона «Северо-Запад» // Экономика и управление. 2015. № 11 (121). С. 22–29.
- 12 Плотников В.А., Шамахов В.А. Стратегии территориального развития и качество жизни // Управленческое консультирование. 2015. № 7. С. 57–64.
- 13 Герцберг Л.Я. Качество городской среды: проблемы проектирования и реализации // Градостроительство. 2013. № 1 (23). С. 28–32.
- 14 Orlovskaya T. Research of socio-spatial aspect of economic security of megacities: risk zones and conflict nodes // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. V. 753. № 1. P. 022083 doi:10.1088/1757-899X/753/2/022083
- 15 Зеляк Е.Ф., Богданова М.С., Лучшева В.В. Компонента «достойный уровень жизни» индекса человеческого развития // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2019. № 7–1. С. 188–192. doi:10.24411/2500-1000-2019-11398
- 16 Фомина Е.Е. Факторный анализ и категориальный метод главных компонент: сравнительный анализ и практическое применение для обработки результатов анкетирования // Гуманитарный вестник. 2017. № 10(60). С. 3.
- 17 Афанасьев М.Ю., Кудров А.В., Лысенкова М.А. Сравнение индексов инновационного развития в пространстве характеристик региональной дифференциации // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 340–346. doi:10.20914/2310-1202-2020-4-340-346
- 18 Астахин А.С., Трегьякова Л.А. Управление моделированием жизнедеятельности региональных социально-экономических систем // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 4. С. 218–225. doi:10.20914/2310-1202-2019-4-218-225.
- 19 Индекс человеческого развития – 2018. // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. URL: <https://ac.gov.ru/publications/?period=-1>
- 20 Об утверждении Методики формирования индекса качества городской среды: распоряжение Правительства РФ от 23.03.2019 № 510-р. URL: <https://xn--dtbccdtsyapbxk.xn--p1ai/#/results>
- 21 Качество жизни в российских регионах – рейтинг 2018. // Агентство РИА Рейтинг. URL: <https://riarating.ru/regions/20190219/630117442.html>
- 22 Регионы России. Социально-экономические показатели – 2020 г. URL: https://gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm

References

- 1 Serebryakova N.A., Volkova S.A., Volkova T.A. Human capital of the region assessment methodology. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 375–380. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-375-380 (in Russian).
- 2 Serebryakova N.A., Volkova S.A., Volkova T.A., Shendrikova O.O. 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. doi: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-253-259. (in Russian).
- 3 Kappusheva A.R. Tendencies of development of the human capital in regions of Russia. Fundamental Research. 2017. no. 9 (1). pp. 184–188. (in Russian)
- 4 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.
- 5 Fitzsimons P. Human capital theory and education. Encyclopedia of educational philosophy and theory. 2015. pp. 1–4. (in Russian).
- 6 Achremenko A.S., Evtushenko S.A. Quality of life in Russian regions: political aspect, method and methodology of measurement. Moscow University Bulletin. Series 12. Political Science. 2010. no. 1. pp. 67–83. (in Russian).
- 7 Kuznetsov S.V., Rastova J.I., Rastov M.A. Rating Evaluation of the Quality of Life in Russian Regions. Economy of Region. 2017. vol. 13. no.1. pp. 137–146. doi: 10.17059/2017-1-13. (in Russian).
- 8 Kuznetsov S.V., Mezhevich N.M. New Practices of Territorial Governance in Russia and Quality of Life Management Issues. Administrative Consulting. 2015. no. 7. pp. 25–34. (in Russian).
- 9 Orlovskaya T. Comparative researches on strategic priorities of Russian megalopolises and global cities. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. vol. 463. no. 3. pp. 032037. doi:10.1088/1757-899X/687/5/055067
- 10 Okrepilov V.V., Kuznetsov S.V., Mezhevich N.M., Sviridenko M.V. Urbanization processes in the context of spatial development patterns of municipalities in the zone of influence of megacities. Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2019. vol. 12. no. 4. pp. 42–52. doi: 10.15838/esc.2019.4.64.3. (in Russian).
- 11 Kuznetsov S.V., Ivanov S.A. National Priorities for Economic and Social Strategy of the North-West Macroregion. Economics and Management. 2015. no. 11 (121). pp.22–29. (in Russian).
- 12 Plotnikov V.A., Shamakhov V.A. Strategies of Territorial Development and Quality of Life. Administrative Consulting. 2015. no. 7. pp. 57–64. (in Russian).
- 13 Gertsberg L. Ya. The Quality of the Urban Environment: Issues of Planning and Implementation. City and Town Planning. 2013. no. 1 (23). pp. 28–32. (in Russian).
- 14 Orlovskaya T. Research of socio-spatial aspect of economic security of megacities: risk zones and conflict nodes. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. vol. 753. no. 1. pp. 022083 doi:10.1088/1757-899X/753/2/022083
- 15 Zelyak E.F., Bogdanova M.S., Luchsheva V.V. Worthy standard of living component of the human development index. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2019. vol. 7 (1). pp. 188–192. doi:10.24411/2500-1000-2019-11398. (in Russian).
- 16 Fomina E.E. Factor analysis and categorial principal component analysis: comparative analysis and practical application for processing of questionnaire survey results. Humanities Bulletin of BMSTU. 2017. no. 10 (60). pp.3–16. doi: http://dx.doi.org/10.18698/2306-8477-2017-10-473 (in Russian).
- 17 Afanasiev M. Yu., Kudrov A.V., Lysenkova M.A. Comparison of innovative development indexes in the space of regional differentiation characteristics. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 340–346. doi:10.20914/2310-1202-2020-4-340-346. (in Russian).
- 18 Astakhin A.S., Tretiakova L.A. Management of life modelling of regional socio-economic systems. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 4. pp. 218–225. doi:10.20914/2310-1202-2019-4-218-225 (in Russian).
- 19 Analytical Center for the Government of the Russian Federation. Human Development Index – 2018. (in Russian) Available at: <https://ac.gov.ru/publications?period=-1>
- 20 On Approval of the Methodology for the Formation of the Urban Environment Quality Index: decree of the Government of the Russian Federation No. 510-r dated March 23, 2019. Available at: https://gorodsreda.ru/documents/indeks_kachestva_gorsredy (in Russian)
- 21 RIA Rating Media Agency. Quality of life in Russian regions – 2018 Ranking. Available at: <https://riarating.ru/regions/20190219/630117442.html> (in Russian)
- 22 Federal State Statistics Service. Russian Regions. Socioeconomic indicators – 2020. Available at: https://gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm (in Russian)

Сведения об авторах

Тамара Н. Орловская к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2-ая Красноармейская ул., 4, Санкт-Петербург, 190005, Россия, e-tamara@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8428-931X>


Вклад авторов

Тамара Н. Орловская написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Tamara N. Orlovskaya Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security department, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2-ya Krasnoarmeiskaya ul., 4 St. Petersburg, 190005, Russia, e-tamara@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8428-931X>

Contribution

Tamara N. Orlovskaya 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 07/01/2022	После редакции 31/01/2022	Принята в печать 22/02/2022
Received 07/01/2022	Accepted in revised 31/01/2022	Accepted 22/02/2022

Совершенствование организационно-экономического механизма обеспечения комплексности застройки жилых территорий мегаполисов

Светлана А. Шишелова¹ s.shishelova@ya.ru

¹ Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение «Научно-исследовательский и проектный Центр Генерального плана Санкт-Петербурга», Зодчего Росси ул., д. 1-3, г. Санкт-Петербург, 191023, Россия

Аннотация. Обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности населения, комфортной городской среды является одной из приоритетных задач, решение которой требуется в районах массовой жилой застройки. Нарастающие объемы строительства жилья вызывают пропорциональный рост потребности в объектах социальной инфраструктуры. Одним из инструментов решения указанной проблемы может стать совершенствование организационно-экономического механизма участия застройщика жилья в строительстве объектов социальной инфраструктуры, обеспечивающих комплексность застройки жилых территорий мегаполисов. Определены критерии формирования перечня объектов социальной инфраструктуры, строительство которых может быть возложено на застройщика как социальное обременение. Сформирован перечень объектов социальной инфраструктуры, в первую очередь, обеспечивающих комплексность жилой застройки мегаполисов, строительство которых можно возложить на застройщика в рамках социальных обременений. С целью удовлетворения потребности в выбранных объектах социальной инфраструктуры: детских садах, школах и амбулаторно-поликлинических учреждениях, разработана методика расчета объемов финансовых обязательств застройщика на развитие объектов социальной инфраструктуры, приведены результаты такого расчета. По укрупненным расчетам количественное значение показателя объема участия застройщика в строительстве важнейших объектов социальной инфраструктуры, влияющих на качество городской среды, составит 14311 руб./кв.м общей площади квартир. Предложенная модель расчета может быть положена в основу финансово-экономического обоснования эффективности принятия управленческих решений в области градостроительства. В рамках совершенствования организационно-экономического механизма участия застройщика в строительстве объектов социальной инфраструктуры сформулировано предложение о создании отдельной организационной структуры – Фонда социальных обязательств, который позволит обеспечить аккумулирование денежных средств застройщиков и справедливое и эффективное их распределение в соответствии с очередностью ввода жилья и в рамках заключенных с застройщиками соглашений.

Ключевые слова: организационно-экономический механизм, социальная инфраструктура, обязательства застройщика, условия жизнедеятельности, жилищная застройка, мегаполис

Improvement of the organizational and economic mechanism for ensuring the complexity of the development of residential areas of megacities

Svetlana A. Shishelova¹ s.shishelova@ya.ru

¹ St. Petersburg State Institution «Scientific Research and Design Center of the Master Plan of St. Petersburg», Zodchego Rossi street, 1-3, St. Petersburg, 191023, Russia

Abstract. Ensuring favorable living conditions of the population and a comfortable urban environment is one of the priority tasks, the solution of which is required in areas of mass residential development. The increasing volume of housing construction causes a proportional increase in the need for social infrastructure facilities. One of the tools for solving this problem can be the improvement of the organizational and economic mechanism of the housing developer's participation in the construction of social infrastructure facilities that ensure the complexity of the development of residential areas of megacities. The criteria for the formation of a list of social infrastructure facilities the construction of which can be assigned to the developer as a social burden, are defined. A list of social infrastructure facilities has been formed, first of all, ensuring the complexity of residential development of megacities, the construction of which can be entrusted to the developer within the framework of social encumbrances. In order to meet the needs for selected social infrastructure facilities: kindergartens, schools and outpatient clinics, the author's methodology for calculating the amount of financial obligations of the developer for the development of social infrastructure facilities has been developed, the results of such calculation are presented. According to the enlarged calculations, the quantitative value of the indicator of the volume of the developer's participation in the construction of the most important social infrastructure facilities affecting the quality of the urban environment will amount to 14311 rubles/sq.m of the total area of apartments. The proposed calculation model can be used as a basis for financial and economic justification of the effectiveness of managerial decision-making in the field of urban planning. As part of the improvement of the organizational and economic mechanism of the developer's participation in the construction of social infrastructure facilities, a proposal has been formulated to create a separate organizational structure – the Social Obligations Fund, which will ensure the accumulation of developers' funds and their fair and efficient distribution in accordance with the order of housing commissioning and within the framework of agreements concluded with developers

Keywords: organizational and economic mechanism, social infrastructure, obligations of the developer, living conditions, residential development, metropolis

Для цитирования

Шишелова С.А. Совершенствование организационно-экономического механизма обеспечения комплексности застройки жилых территорий мегаполисов // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 351–355. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-351-355

For citation

Shishelova S.A. Improvement of the organizational and economic mechanism for ensuring the complexity of the development of residential areas of megacities. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 351–355. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-351-355

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

Введение

В настоящее время вопросы строительства социальной инфраструктуры на территориях массовой жилой застройки приобретают особую актуальность. По данным Минстроя России [1] ввод жилья на территории Российской Федерации в 2017 году составил 78,6 млн кв. м, из них МКД – 45,9 млн кв. метров, что составляет 58,4% от общего объема ввода жилья. В Санкт-Петербурге строительство жилья также осуществляется высокими темпами. За 2020 год за счет всех источников финансирования было введено в эксплуатацию 3369,59 тыс. кв. м жилья, 1332 дома и 71904 квартиры, включая индивидуальное жилищное строительство [2]. И уже на 1 ноября текущего года в Санкт-Петербурге введено в эксплуатацию уже 2847,07 кв. м жилья [3].

Указанные темпы строительства жилья сопровождаются ростом потребности в строительстве объектов социальной, коммунальной, транспортной инфраструктур, обеспечивающих благоприятные условия жизнедеятельности населения, создание комфортной городской среды, в значительных объемах,

Существующий дисбаланс между объемами возводимого жилья и объектами социальной инфраструктуры вызван, в первую очередь, ограниченными возможностями бюджетного финансирования. В связи с чем одним из вариантов решения проблемы создания комфортной городской среды в районах массовой жилой застройки может стать участие застройщика жилья в строительстве объектов социальной инфраструктуры, необходимых для обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности жителей новостроек.

Материалы и методы

Подготовка теоретической части статьи осуществлялась на основании работ российских и зарубежных авторов, исследующих проблематику комплексной застройки в мегаполисе, в частности, [4–11].

Для расчетной части статьи автором были использованы нормативные акты, устанавливающие требования к размещению объектов социальной инфраструктуры, а также устанавливающие стоимость конкретных объектов социальной инфраструктуры. Так, для расчета объемов финансовых обязательств застройщика на развитие объектов социальной инфраструктуры учтены расчетные показатели минимально допустимого уровня обеспеченности населения Санкт-Петербурга объектами регионального значения, установленные в составе нормативов градостроительного проектирования города федерального значения Санкт-Петербурга, а также

показатель средней жилищной обеспеченности на одного жителя Санкт-Петербурга [12].

В модели расчета затрат застройщика на социальные обременения при жилой застройке использованы удельные укрупненные затраты на капитальное строительство объектов социальной инфраструктуры: детских садов (далее также – ДОО), школ (далее также – ОО) и поликлиниках (далее также – АПУ), рассчитанные автором по объектам бюджетного финансирования, включенные в соответствующие государственные программы Санкт-Петербурга [13, 14], строительство которых запланировано не ранее 2021 года.

Результаты и обсуждение

С точки зрения инвестиционной привлекательности – как таковые объекты социальной инфраструктуры являются малопривлекательными для инвесторов и застройщиков. Как отмечается авторами [10] особенностью жилищно-гражданского строительства является то, что «строительство объектов инфраструктуры – сфера деятельности, которая является затратной, некупаемой, но приносит пользу».

Как отмечается в научной литературе [11], на сегодняшний день единой методики расчета затрат инвестора на строительство инфраструктурных объектов не существует.

В этой связи, в первую очередь, необходимо проработать и предложить застройщикам понятный инвестиционный механизм участия в строительстве подобных объектов, увеличивающий привлекательность для застройщика создания такого объекта. При подготовке предложений по формированию данного механизма необходимо произвести ориентировочный расчет укрупненных затрат застройщика на строительство объектов социальной инфраструктуры механизма, подлежащих строительству в районах массовой жилой застройки в первую очередь.

Отбор показателей, обеспечивающих комплексность жилой застройки, на наш взгляд, необходимо проводить на основании ранжирования объектов социальной инфраструктуры по частоте востребованности населением, исходя из которой должен быть сформирован перечень объектов, обеспечивающих качество жилой среды.

При этом при определении перечня объектов социальной инфраструктуры, строительство которых может быть возложено на застройщика как социальное обременение, необходимо учитывать следующие показатели объектов социальной инфраструктуры:

— условия доступности (по времени, затрачиваемом населением для доступа к объекту социальной инфраструктуры): пешеходная, пешеходно-транспортная, транспортная доступность;

— частота востребованности объектов социальной инфраструктуры населением: повседневная, периодическая, эпизодическая;

— иерархия элементов планировочной структуры: территории предполагаемого размещения объектов социальной инфраструктуры – квартал (микрорайон), район, город.

В перечень объектов, отражающих наиболее значимые для создания благоприятных и безопасных условий жизнедеятельности населения при жилой застройке, целесообразно включение следующих объектов социальной инфраструктуры:

- дошкольные образовательные организации;
- общеобразовательные организации;
- амбулаторно-поликлинические учреждения;
- уличные площадки для занятия молодежи экстремальными видами спорта;
- спортивные залы для занятий с молодежью;
- подростково-молодёжные клубы;
- предприятия торговли;
- предприятия общественного питания.

При этом, устанавливая минимальный уровень обязательств застройщика по строительству социальной инфраструктуры, нами принимается во внимание нормы действующего законодательства, которые позволяют застройщику при строительстве объектов социальной инфраструктуры в рамках заключенных договоров долевого участия расходовать денежных средства с расчетного счета застройщика только на строительство объектов социальной инфраструктуры, предназначенных для размещения детских дошкольных учреждений, общеобразовательных школ, поликлиник [15].

Исходя из указанных требований, автором рассчитан укрупненный размер затрат на создание указанных объектов социальной инфраструктуры.

При этом расчет объемов финансовых обязательств застройщика на развитие объектов социальной инфраструктуры следует проводить пропорционально объемам возводимого застройщиком жилья. Расчет потребности в строительстве таких объектов необходимо осуществлять на основании нормативно установленных расчетных показателей обеспеченности населения такими объектами, которые должны быть утверждены в каждом субъекте Российской Федерации и в каждом муниципальном образовании в составе нормативов градостроительного проектирования в соответствии с требованиями законодательства [16].

Для расчета суммы социального обременения застройщика на строительство объектов социальной инфраструктуры использованы следующие исходные данные:

1. показатель средней жилищной обеспеченности на одного жителя Санкт-Петербурга – 28 кв. м;
2. расчетные показатели обеспеченности:
 - дошкольными образовательными организациями – 61 место на 1000 чел.
 - образовательными организациями – 120 мест на 1000 чел.
 - амбулаторно-поликлиническими учреждениями – 26,33 посещения в смену на 1000 чел.
3. стоимость строительства объектов социальной инфраструктуры:
 - ДОО – 2050 тыс. руб./место;
 - ОО – 1916 тыс. руб./место;
 - АПУ – 1726 тыс. руб./посещение в смену.
4. общая площадь квартир, предполагаемых к строительству – 100000 кв. м.

На основании указанных исходных данных автором проведен расчет количества жителей на 100 тыс. кв. м. общей площади квартир, который составил 3571 чел. Исходя из указанного значения количества жителей и укрупненной стоимости строительства данных объектов социальной инфраструктуры рассчитаны потребность в объектах социальной инфраструктуры на 100 тыс. кв. м. общей площади квартир и укрупненная стоимость затрат на обеспечение указанной потребности:

- потребность в ДОО – 218 мест стоимостью 446 900 000 руб.;
- потребность в ОО – 429 мест стоимостью 821 964 000 руб.;
- потребность в АПУ – 94 пос./смену стоимостью 162 244 000 руб.

Таким образом, сумма затрат на обеспечение местами в объекте социальной инфраструктуры в расчете на 1 кв. м общей площади квартир составит:

- для ДОО – 4469 руб./кв. м общей площади квартир;
- для ОО – 8220 руб./кв. м общей площади квартир;
- для АПУ – 1622 руб./кв. м общей площади квартир.

Таким образом, расчетный показатель объема участия застройщика в строительстве важнейших объектов социальной инфраструктуры, влияющих на качество городской среды, составит по укрупненным расчетам 14311 руб./кв. м общей площади квартир. Указанный расчет может быть положен в основу расчета финансово-экономического обоснования эффективности

принятия управленческого решения по градостроительному преобразованию территории, например, в рамках подготавливаемой документации по планировке территории, о необходимости которого указывалось в научной литературе [17–20].

В целях создания организационно-экономического механизма участия инвестора в строительстве объектов социальной инфраструктуры автором высказывается предложение о необходимости создания организационной структуры – Фонда социальных обязательств – для обеспечения справедливого и разумного распределения средств застройщиков на строительство объектов социальной инфраструктуры в районах массовой жилой застройки. Предполагается, что застройщики будут отчислять денежные средства в указанный Фонд прямо пропорционально общей площади квартир в строящихся объектах недвижимости. Средства Фонда целевым образом будут расходоваться на те объекты социальной инфраструктуры, которые предусмотрены в рамках заключаемых соглашений между Фондом и застройщиком. Тем самым государство будет контролировать очередность строительства объектов социальной инфраструктуры, финансируя строительство социальных объектов в зависимости от выдаваемых органом государственной власти разрешений на строительство и разрешений на ввод объектов в эксплуатацию жилых домов.

В соответствии с концептуальными положениями разрабатываемого автором организационно-экономического механизма исполнение застройщиками социальных обязательств предлагается только в отношении обеспечения расчетного количества жителей, планируемых к заселению в условные 100 тыс. кв. м общей площади квартир, местами в дошкольных образовательных организациях, школах и поликлиниках.

Заключение

Детальная проработка предложенной модели организационно-экономического механизма участия инвесторов в строительстве объектов социальной инфраструктуры требует проведения дальнейших исследований. Однако уже сейчас становится очевидным, что создание комфортной городской среды, обеспеченной всеми необходимыми объектами социальной инфраструктуры в районах массовой жилой застройки в мегаполисах становится для органов власти задачей первоочередной, но труднореализуемой. В связи с чем поддержка частного капитала в разумных, экономически обоснованных и юридически закреплённых рамках становится необходимой мерой, направленной на обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности населения, сбалансированного учета экономических, социальных и иных факторов, а также соблюдения сбалансированности государственных и частных интересов при строительстве жилья.

Литература

- 1 Минстрой России. Мониторинг объемов жилищного строительства. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/zhilishnaya-politika/8/>
- 2 Администрация Санкт-Петербурга. Развитие экономической, социальной и иных сфер деятельности. Ввод жилья за 2020 г. URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/komstroy/statistic/development/>
- 3 Администрация Санкт-Петербурга. Развитие экономической, социальной и иных сфер деятельности. Ввод жилья за 2021 г. URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/komstroy/statistic/development/>
- 4 Ершова С.А. Комплексная жилая застройка: сущность и тенденции // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 01 (60). С. 294–302.
- 5 Ershova S.A., Orlovskaya T.N. Differentiation of Russian megacities by the level of investment in comprehensive residential development. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. V. 687. №. 5. P. 055069. doi: 10.1088/1757-899X/687/5/055069
- 6 Бачуринская И.А., Васильева Н.В., Максимов С.Н. Проблемы формирования земельно-имущественных комплексов в жилищной сфере крупного города (на примере Санкт-Петербурга) // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 527–534
- 7 Taylor P. World city network: A global urban analysis. London: Routledge, 2004. 254 p.
- 8 Федосеев И.В., Юденко М.Н. Проблемы и перспективы развития социальной инфраструктуры в Санкт-Петербурге // Строительный комплекс: экономика, управление, инвестиции. 2020. С. 46–54.
- 9 Шишелова С.А. Строительство объектов социальной инфраструктуры в целях обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности: проблемы и пути решения // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 1 (60). С. 312–320.
- 10 Бузырев В.В., Господинова А., Березин А.О., Монеv П. и др. Определение приоритетов в территориальном планировании городов на примере России и Болгарии. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2016. 143 с.
- 11 Бузырев В.В., Юденко М.Н. Эффективность инфраструктуры жилищного строительства в предпринимательской деятельности хозяйствующих субъектов // Экономика строительства. 2014. № 6 (30). С. 32–37
- 12 Об утверждении нормативов градостроительного проектирования Санкт-Петербурга: постановление Правительства Санкт-Петербурга от 11.04.2017 № 257. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456056520>
- 13 О государственной программе Санкт-Петербурга «Развитие здравоохранения в Санкт-Петербурге»: постановление Правительства Санкт-Петербурга от 30 июня 2014 года № 553. URL: <https://docs.cntd.ru/document/822403757>
- 14 О государственной программе Санкт-Петербурга «Развитие образования в Санкт-Петербурге»: постановление Правительства Санкт-Петербурга от 04.06.2014 № 453. URL: <https://docs.cntd.ru/document/822403530>
- 15 Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 30.12.2004 № 214-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51038/

16 Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/

17 Ершова С.А., Шишелова С.А., Орловская Т.Н. Экономические и правовые аспекты оценки эффективности градостроительных преобразований территории // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 9. С. 1308–1320. doi: 10.22227/1997-0935.2020.9.1308-1320

18 Asibey M. O., Poku-Boansi M., Adutwum I. O. Residential segregation of ethnic minorities and sustainable city development. Case of Kumasi, Ghana // Cities. 2021. V. 116. P. 103297. doi: 10.1016/j.cities.2021.103297

19 Troy L., Randolph B., Pinnegar S., Crommelin L. et al. Vertical sprawl in the Australian city: Sydney’s high-rise residential development boom // Urban Policy and Research. 2020. V. 38. №. 1. P. 18-36. doi: 10.1080/08111146.2019.1709168

20 Bonenberg W. Public space in the residential areas: the method of social-spatial analysis // Procedia Manufacturing. 2015. V. 3. P. 1720-1727. doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.493

References

1 Ministry of Construction of Russia. Monitoring of volumes of housing construction. Available at: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/zhilishnaya-politika/8/> (in Russian).

2 Administration of St. Petersburg. Development of economic, social and other spheres of activity. Commissioning of housing for 2020. Available at: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/komstroy/statistic/development/> (in Russian).

3 Administration of St. Petersburg. Development of economic, social and other spheres of activity. Commissioning of housing for 2021. Available at: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/komstroy/statistic/development/> (in Russian).

4 Ershova S.A. Complex residential development: essence and trends. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2017. no. 01 (60). pp. 294–302. (in Russian).

5 Ershova S.A., Orlovskaya T.N. Differentiation of Russian megacities by the level of investment in comprehensive residential development. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. vol. 687. no. 5. pp. 055069. doi: 10.1088/1757-899X/687/5/055069

6 Bachurinskaya I.A., Vasilyeva N.V., Maksimov S.N. Problems of formation of land and property complexes in the housing sector of a large city (on the example of St. Petersburg). Modern problems of science and education. 2014. no. 6. pp. 527–534. (in Russian).

7 Taylor P. World city network: A global urban analysis. London, Routledge, 2004. 254 p.

8 Fedoseev I.V., Yudenko M.N. Problems and prospects for the development of social infrastructure in St. Petersburg. Building complex: economics, management, investments. 2020. pp. 46–54. (in Russian).

9 Shishelova S.A. Construction of social infrastructure facilities in order to ensure favorable conditions for life: problems and solutions. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2017. no. 1 (60). pp. 312–320. (in Russian).

10 Buzyrev V.V., Gospodinova A., Berezin A.O., Monev P. et al. Determination of priorities in territorial planning of cities on the example of Russia and Bulgaria. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Economics, 2016. 143 p. (in Russian).

11 Buzyrev V.V., Yudenko M.N. Efficiency of housing construction infrastructure in the entrepreneurial activity of economic entities. Construction Economics. 2014. no. 6 (30). pp. 32–37. (in Russian).

12 On approval of urban design standards for St. Petersburg: Decree of the Government of St. Petersburg dated April 11, 2017 no. 257. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/456056520> (in Russian).

13 On the state program of St. Petersburg "Development of healthcare in St. Petersburg: Decree of the Government of St. Petersburg dated June 30, 2014 no. 553. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/822403757> (in Russian).

14 On the state program of St. Petersburg "Development of education in St. Petersburg": Decree of the Government of St. Petersburg dated 04.06.2014 no. 453. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/822403530> (in Russian).

15 On Participation in Shared Construction of Apartment Buildings and Other Real Estate and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation: Federal Law no. 214 FZ dated December 30, 2004. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51038

16 Town Planning Code of the Russian Federation dated December 29, 2004 no. 190 FZ. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (in Russian).

17 Ershova S.A., Shishelova S.A., Orlovskaya T.N. Economic and legal aspects of evaluating the effectiveness of urban planning transformations of the territory. Vestnik MGSU. 2020. vol. 15. no. 9. pp. 1308–1320. doi: 10.22227/1997-0935.2020.9.1308-1320 (in Russian).

18 Asibey M. O., Poku-Boansi M., Adutwum I. O. Residential segregation of ethnic minorities and sustainable city development. Case of Kumasi, Ghana. Cities. 2021. vol. 116. pp. 103297. doi: 10.1016/j.cities.2021.103297

19 Troy L., Randolph B., Pinnegar S., Crommelin L. et al. Vertical sprawl in the Australian city: Sydney’s high-rise residential development boom. Urban Policy and Research. 2020. vol. 38. no. 1. pp. 18-36. doi: 10.1080/08111146.2019.1709168

20 Bonenberg W. Public space in the residential areas: the method of social-spatial analysis. Procedia Manufacturing. 2015. vol. 3. pp. 1720-1727. doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.493

Сведения об авторах

Светлана А. Шишелова начальник отдела, отдел научно-методических разработок, Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение «Научно-исследовательский и проектный Центр Генерального плана Санкт-Петербурга», Зодчего Росси ул., д. 1-3, г. Санкт-Петербург, 191023, Россия, s.shishelova@ya.ru

Вклад авторов

Светлана А. Шишелова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Svetlana A. Shishelova head of department professor, department of scientific and methodological developments, St. Petersburg State Institution «Scientific Research and Design Center of the Master Plan of St. Petersburg», Zodchego Rossi street, 1-3, St. Petersburg, 191023, Russia, s.shishelova@ya.ru

Contribution

Svetlana A. Shishelova 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 17/01/2022	После редакции 10/02/2022	Принята в печать 01/03/2022
Received 17/01/2022	Accepted in revised 10/02/2022	Accepted 01/03/2022


Проектное планирование в современном образовании

Геннадий Г. Егоров¹

egorov@vgi.volsu.u

 0000-0002-5969-1171Елена Ю. Дубовикова²

dubovikovae@rambler.ru

 0000-0002-1666-1423

¹ Волжский филиал «Волгоградский государственный университет», ул. 40 лет Победы д. 11, г. Волжский, 404133, Россия

² Филиал НИУ «Московский энергетический институт» в г. Волжском, пр-т Ленина, 69, г. Волжский, 404110, Россия


Аннотация. Проведенное исследование посвящено анализу процесса формирования квалификационного уровня специалистов в сфере экономических отношений, базирующемуся на профильных навыках подготовки и работы с проектами. Авторы на основе проанализированных источников проводят анализ процесса проектирования любой природы (социально-экономических, физических, технических, технологических и др.), в результате которого изменяются материально-вещественные, потребительские (функциональные), социальные и др. свойства системы. Цель работы – осуществить научный анализ проектной студенческой деятельности и самого процесса проектирования. Объектом изучения выступили организационные формы обеспечения деятельности будущих специалистов при формировании практических, экономико-зависимых, навыков будущих специалистов, основанных на проектной деятельности. В работе применяли общепринятые методы исследования, описание, критического анализа, апробации, экспертно-аналитического обзора, инженерно-технического анализа, ориентированного на экономические показатели эффективности будущих проектов. Результатом исследования является анализ использования как в аудиторном формате, так и с помощью иммерсивных технологий метода управления проектом PRINCE2 (PROjects IN Controlled Environments) базирующегося на принципах непрерывности, практического опыта, распределения ролей, поэтапности управления, кризисном вмешательстве в проект, фокусировки на конечном результате и адаптации к внешней среде. Данные критерии представляют особую актуальность для экономических форм обоснования проекта, организации реализации, контролю качества, планированию, анализу рисков, прогрессу. По результатам исследований можно отметить стадии реализации эффективных, с позиции экономической обоснованности, проектов: запуск, инициация, управление проектами, управлением стадиями, результатами, границами и завершение инициативы. Отмеченное является неотъемлемой частью подготовки будущих профильных специалистов по различным направлениям подготовки.

Ключевые слова: проект, планирование, стадии проекта, формы обеспечения, планирование проектов, риски.


Project planning in modern education

Gennadiy G. Egorov¹

egorov@vgi.volsu.u

 0000-0002-5969-1171Elena Yu. Dubovikova²

dubovikovae@rambler.ru

 0000-0002-1666-1423

¹ Volzhsky branch of the Volgograd State University, st. 40 Years of Victory, 11, Volzhsky, 404133, Russia

² Branch of the National Research University Moscow Power Engineering Institute in Volzhsky, Lenin Ave., 69, Volzhsky, 404110, Russia

Abstract. The conducted research is devoted to the analysis of the process of formation of the qualification level of specialists in the field of economic relations, based on the specialized skills of preparation and work with projects. Based on the analyzed sources, the authors analyze the design process of any nature (socio-economic, physical, technical, technological, etc.), as a result of which the material, consumer (functional), social, and other properties of the system change. The purpose of the work is to carry out a scientific analysis of student project activities and the design process itself. The object of study was the organizational forms of ensuring the activities of future specialists in the formation of practical, economic-dependent, skills of future specialists based on project activities. The work used generally accepted methods of research, description, critical analysis, approbation, expert-analytical review, engineering analysis focused on the economic performance of future projects. The result of the study is an analysis of the use, both in the classroom format and with the help of immersive technologies, of the project management method PRINCE2 (PROjects IN Controlled Environments) based on the principles of continuity, practical experience, distribution of roles, phased management, crisis intervention in the project, focusing on the final result and adaptation to the external environment. These criteria are of particular relevance to the economic forms of project justification, organization of implementation, quality control, planning, risk analysis, and progress. According to the results of the research, it is possible to note the stages of implementation of effective, from the standpoint of economic feasibility, projects: launch, initiation, project management, management of stages, results, boundaries and completion of the initiative. The above is an integral part of the training of future specialized specialists in various areas of training.

Keywords: project, planning, project stages, forms of support, project planning, risks.

Введение

При формировании квалификационного уровня специалистов в сфере экономических отношений, неотъемлемой частью профильной подготовки всегда выступают навыки подготовки и работы с проектами [1].

Проект – динамическая система, включающая в себя определенные элементы, находящиеся во взаимосвязи, в которой протекают внутрисистемные процессы, при этом следует помнить что проект существует ограниченный

период времени. Деятельность элементов проекта как системы направлена на достижение определенной цели (полезного результата).

При этом проектирование – зачастую выступает в качестве процесса целенаправленного изменения систем любой природы (социально-экономических, физических, технических, технологических и др.) [2], в результате которого изменяются материально-вещественные, потребительские (функциональные), социальные и др. свойства системы. Проект и проектирование –

Для цитирования

Егоров Г.Г., Дубовикова Е.Ю. Проектное планирование в современном образовании // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 356–364. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-356-364

For citation

Egorov G.G., Dubovikova E.Yu. Project planning in modern education. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 356–364. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-356-364

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

не тождественные понятия. Если проект – это динамическая система, то проектирование – это процесс.

Множество элементов проекта и связей между ними образуют структуру проекта. Для того, чтобы определить основные составляющие проект элементы и подсистемы, осуществляется пространственная декомпозиция. Пространственная декомпозиция и выделение элементов и подсистем проекта может осуществляться с различной степенью детализации [3]. К основным элементам проекта относятся: 1) проектная документация; 2) производственный объект; 3) технологическое оборудование и оснастка; 4) технология; 5) продукт (предполагается результат проекта); 6) исполнители и руководители и 7) ресурсы, которые возможны к использованию в рамках проектной деятельности.

Управление проектом – самостоятельный процесс, который, в свою очередь, включает в себя следующие направления деятельности [4]:

- Формирование бюджета проекта (расчет проектной сметы)
- Поиск необходимых ресурсов: фандрайзинг, формирование проектной команды
- Планирование проекта
- Организация проекта
- Разработка системы стимулирования проектной команды
- Управление проектными рисками и изменениями
- Контрактное управление проектом

Отдельным аспектом при анализе проектной деятельности выступает т. к. называемый "жизненный цикл проекта". Все методы построения жизненного цикла проекта можно подразделить на группы: Линейные – выделение стадий, которые последовательно проходит проект (исследование рынка, анализ внешней среды, собственно проектирование, реализация проекта, контроль результатов проекта и каждого этапа проекта) [5].

Циклические – на каждой последующей стадии осуществляется возврат к предыдущей на основе обратной связи.

Адаптивные – все работы и стадии проекта по мере его разработки и реализации пересматриваются и корректируются в зависимости от полученных результатов. При этом работы, если это возможно, выполняются параллельно.

Прежде, чем изучить, какие стадии жизненного цикла проходит проект, рассмотрим стандартные стадии жизненного цикла любой организации (рисунок 1).

Жизненный цикл организации – это период времени существования организации на рынке, с момента выхода на рынок с какой-либо продукцией или услугой до момента ухода с рынка (ликвидация, банкротство, слияние, поглощение, продажа и др.) [4]



Рисунок 1. Стадии жизненного цикла проекта

Figure 1. Project life cycle stages

Стадии жизненного цикла проекта с позиции управления проектом:

1. Стадия инициации проекта (идея) (initiating);
2. Стадия прогнозирования и планирования (planning);
3. Реализация, исполнение проекта (executing);
4. Мониторинг проекта и контроль результатов (controlling and monitoring);
5. Закрытие проекта (closing).

Жизненный цикл продукции – это период времени от замысла изделия до снятия его с производства и продажи. Выделяют следующие его стадии, представленные на рисунке:

- Зарождение: НИОКР; производство экспериментальных образцов, опытной партии, проектирование производственных мощностей и технологического оснащения.
- Рост: вывод продукции на рынок, формирование спроса, модификация конструктивных и технологических параметров конструкции с учетом опыта эксплуатации изделия.
- Зрелость: серийное или массовое производство.
- Насыщение рынка данным видом продукции.
- Снижение объемов производства и продаж продукции: прекращение производство данного вида продукции или ее модификация.

Введение нового проекта не возможна без научно-технической подготовки производства (НТПП) – это непрерывный процесс последовательного преобразования одного и того же целевого объекта (продукта, услуги, новой техники и технологии, результата проекта) на различных стадиях процесса «исследование-разработка-производство», представляемого в форме знаний, модели и материального продукта. Включающие в себя три взаимосвязанных элемента: научная подготовка производства; конструкторская подготовка производства; технологическая подготовка производства [6].

Также используются различные аспекты научно-исследовательских работ (НИР) – это комплекс теоретических и (или) экспериментальных исследований, проводимых с целью получения обоснованных исходных данных, изыскания принципов и путей создания (модернизации) продукции. И опытно-конструкторских разработок (ОКР) – это комплекс работ по разработке конструкторской документации на инновационную продукцию, опытный образец (прототип), его производство, тестирование

К основным этапам ОКР относятся [7]: 1) постановка цели, отражаемой в техническом задании на ОКР. Техническое задание устанавливает основное назначение, технические, эксплуатационные, эргономические параметры изделия; содержит технико-экономические и специальные требования к изделию, состав конструкторской документации. 2) Проектирование конструкции, включающих: составление технического предложения; составление эскизного проекта; составление технического проекта; разработку рабочей конструкторской документации для изготовления опытного образца и серии; 3) Изготовление и экспериментальное исследование образцов изделия в период производственного освоения.

Опытно-технологические работы (ТР) – это комплекс работ по разработке технологической документации на инновационную продукцию, технологическое оснащение и его производство, на стадиях проектирования, прототипирования и производства.

Первая ступень реализации любого проекта – это его планирование. Однако и планирование реализуется не одновременно, а также в несколько стадий. Первая стадия планирования проекта называется предварительная. Планирование проекта: предварительная стадия. Включающая в себя: Определение направления и темы проекта; Формирование основной цели проекта [4]. Целевая декомпозиция и формирование дерева целей; Формирование основных этапов выполнения проектных работ и перечня работ.

Составление плана привлечения специалистов для выполнения проекта (по трудоемкости работ, потребности в конкретных профессиях).

Целеполагание, постановка цели проекта – это важнейшая составляющая любого процесса проектирования. Следует помнить, что цель представляет собой логическое завершение проекта, исследования или разработки [10]. Цель должна быть определенной, конкретной, измеримой, осуществимой. Как правило, цель проекта вытекает из конкретных задач, которые ставятся перед разработчиками или из технического задания. Если работы выполняются по инициативе или для нужд организации,

то необходимо четко понимать, для чего нужны данные исследования или разработки, как они впоследствии будут использоваться на предприятии. Фактически целью проекта является тот результат (или совокупность результатов), которые следует достигнуть в ходе реализации проекта. Для цели проекта также стоит разработать систему качественных и количественных показателей, которые позволят определить, достигнута или нет поставленная цель по окончании работ [4].

Одним из наиболее эффективных методов формирования целей проекта является метод дерева целей.

Дерево – это один из методов исследования графов и циклов. Для построения дерева необходимо иметь перечень проектных целей (функций, задач, работ), знать их последовательность и взаимосвязь.

В любом проекте всегда есть базовые блоки, которые должны найти свое отражение в дереве целей. Это собственно исследование и разработка, финансовое обеспечение проекта, должно быть реализовано коммерческое управление, то есть организация работ по проекту, заключение договоров, проведение переговоров, ресурсное обеспечение, вывод инновации на рынок, организация продаж и другие работы. Проекты также требуют и грамотного юридического сопровождения, юристы должны отслеживать условия заключаемых контрактов, обеспечивать сохранность интеллектуальной собственности и соблюдать другие интересы проектировщиков.

Построение дерева целей – это разбиение конечной цели проекта на подцели и подзадачи, или, целевая декомпозиция [10].

При формулировке целей следуйте следующим правилам:

– Цели должны быть конкретными, реально достижимыми, соответствующими ключевым ценностям компании (команды), критерии достижения целей – количественно измеримыми. Цели, которые ставятся в рамках проектирования, должны иметь четкие сроки достижения.

– Для определения целей необходимо понять, с чего проект будет генерировать деньги, то есть определить точки прибыли.

– В соответствии с определенными целями, подцелями, задачами и подзадачами проектный менеджер осуществляется распределение работ между исполнителями и отделами предприятия. Основой распределения работ является дифференциация функций на отдельные подфункции, задачи и операции, подлежащие выполнению каждым сотрудником. При этом важно учитывать трудоемкость выполняемых работ,

которые могут быть определены на основании среднестатистических данных или самостоятельных расчетов. Учитывая специфику проектной деятельности, общая трудоемкость работ должна соответствовать заданным срокам выполнения проекта [5].

Для целевого распределения работ необходимо [11]:

1. Спроектировать организационную структуру проектной группы, то есть определить уровни иерархии, подчиненность исполнителей. Наиболее оптимальным методом распределения работ и формирования структуры является метод, основанный на целевой декомпозиции. Для этого необходимо осуществить разработку системы целей (то есть построение дерева целей) проектной группы и разработать критерии достижения целей.

2. Составить дерево целей для проектной группы.

3. Определить критерии достижения цели.

4. Организовать работу и распределение работ по заданным функциям-задачам для каждого исполнителя.

Привлечение персонала для выполнения проектных работ строится на дифференцированной основе: собственно проект (инженерное творчество, разработка, прототипирование) и производство (промышленный инжиниринг, производственный менеджмент)

Необходимо определить трудоемкость выполнения проектных работ, осуществить расчет численности привлекаемого персонала с учетом профессионально – квалификационных характеристик и степени загрузки каждого исполнителя

Вторая стадия планирования проекта – собственно планирование. Здесь составляются основные планы выполнения работ по проекту с разбивкой по объемам и срокам выполнения работ, по каждому исполнителю, этапу и стадии проекта. Планирование включает в себя: сетевое планирование, построение сетевого графа, календарный план проектных работ.

Календарный план реализации проекта отражает последовательность выполнения работ по каждому проектному этапу (начиная от строительства зданий и монтажа оборудования до выхода на полную проектную мощность или коммерциализации проекта) [12, 13, 14].

Любой проект связан с рисками. А инновационный – тем более.

Риск – это ситуация, которая вынуждает вас действовать не по ранее сформированному плану, а импровизировать. Управление рисками включает в себя: принятие риска; снижение

вероятности возникновения неблагоприятной ситуации; минимизация потерь от ее наступления.

К основным видам проектных рисков относятся: коммерческие проектные риски (рыночные / потребительские, конкурентные/риски; эксплуатационные риски; риск транспортировки; досрочное расторжение контрактов; задержки в сроках выполнения работ подрядчиками и субподрядчиками; поставка материалов, оборудования, выполнение работ ненадлежащего качества; финансовые риски / неопределенность финансовых рисков/; правовые риски); собственно проектные риски (риск незавершения проекта в заданные сроки; риск выхода за установленную проектную смету; ошибки / ошибки процесса проектирования, ошибки в оценке сроков выполнения работ, ошибки в расчетах проектной сметы/; непрофессионализм специалистов проектной команды; непредвиденные условия выполнения и организации работ; наличие сложно контролируемых или неконтролируемых факторов; внешнее воздействие / давление со стороны государственных органов, законодательства и т. п.) [4].

Управление рисками – сложный процесс, который включает в себя множество активностей проектного менеджера в том числе: идентификацию рисков, то есть «опознание» рисков и их описание; анализ рисков: качественный и количественный, то есть их описание и оценка, расчет вероятности и ранжирование; планирование действий по преодолению рисков и снижению негативного влияния рисков («поймать и обезвредить»); мониторинг рисков, то есть постоянная «слежка» за идентифицированными рисками и идентификация новых, разработка новых планов по реагированию и оценка существующих планов; предотвращение негативного влияния рисков на проект (превентивные «меры пресечения»).

При подготовки проектов всегда необходимо производить оценку их эффективности, которая осуществляется в несколько последовательных операций и проведения следующих расчетов [15]: 1) составление общей сметы (или бюджета) проекта; 2) расчет эффективности, оценка экономической эффективности и коммерческой целесообразности исследований, НИР; оценка экономической эффективности конструкции на стадии проектирования; ТЭО технологических процессов на стадии проектирования (проектируемой технологии и оснастки); расчет эффективности проектных инвестиций; прибыль не является целью проекта или предпринимательской деятельности [16]. Это лишь результат.

Теперь рассмотрим, из чего состоит смета затрат на проект, который планируется реализовать в рамках предпринимательской деятельности. Следует обратить внимание, что перечисленные статьи расходов являются наиболее общими, и какие-то затраты могут отсутствовать в конкретном проекте, а какие-то возникнуть дополнительно: материалы основные и вспомогательные, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов), используемые при проектировании; содержание, ремонт и эксплуатация специального оборудования для проведения проектных работ; амортизация основных средств и нематериальных активов; специальный инструмент и оснастка; транспортно-заготовительные расходы; основная и дополнительная заработная плата научно-производственного персонала, включая рабочих экспериментальных и опытных подразделений; отчисления во внебюджетные социальные фонды; затраты на энергоносители; накладные расходы; общехозяйственные расходы; производственные командировки; научно-производственные командировки; прочие научно-производственные затраты (приобретение ПО, лицензий, сертификатов и т. д.); контрагентские и подрядные работы.

При этом каждая стадия проекта нуждается в оценке эффективности. Отдельно оценивается эффективность НИР, конструкционного решения, разработанной технологии и делается технико-экономическое обоснование (ТЭО) проекта в целом [17].

Оценка эффективности проектных инвестиций осуществляется с целью определения финансовой и экономической выгоды проекта, а также расчетов сроков и возможности окупаемости проекта (отдачи вложенных средств).

Тем не менее, расчет проектных инвестиций будет осуществляться инвестором самостоятельно в зависимости от целей, стратегии развития и общих правил и норм конкретного инвестора. Виды оценки эффективности инвестиций: статические (без учета изменения стоимости денежного потока и его движения); динамические (с учетом дисконтирования).

Отдельным аспектом при планировании проектов выступают методы его управления. Современные методы управления проектом основаны на распространенной системе стандартов Project Management Body of Knowledge (PMBOK), разработанных Международным Институтом Управления Проектами (PMI). Стандарты PMBOK ориентированы на взаимодействие различных групп процессов управления проектом, среди которых выделяются: группа процессов инициации, группа процессов планирования, группа процессов исполнения, группа процессов мониторинга и управления, группа завершающих процессов [1].

Методы управления проектами на основе системы PMBOK охватывает основные вопросы управления проектом на всех стадиях жизненного цикла, включая управление поставками, управление рисками, управление содержанием и сроками проекта, управление стоимостью и качеством, а также управление человеческими ресурсами и коммуникациями [7]. Управление проектами выполняется с помощью применения и интеграции процессов управления проектами: инициации, планирования, исполнения, мониторинга и управления, завершения.

В управление проектом входит: определение требований; установка четких и достижимых целей; уравнивание противоречащих требований по качеству, содержанию, времени и стоимости; коррекция характеристик, планов и подхода в соответствии с мнением и ожиданиями различных участников проекта [8].

Модель управления проектами Waterfall, или водопад, названа из-за линейного последовательного характера рабочего процесса.

Переход к каждой стадии проекта осуществляется только после окончания предыдущей стадии, причем возврат к предыдущим стадиям и из изменение возможны только после окончания проекта в целом или его логически завершенной части [9]. В случае внесения изменений все последующие стадии изменяются соответственно.

Модель управления проектами Waterfall характеризуется следующим: Конечный продукт сначала визуализируется в мельчайших деталях. Затем этапы рабочего процесса реализуются в последовательности: Требования и Анализ; Дизайн; Реализация; Тестирование; Установка; Поддержка [18].

План проекта должен быть надежным, тщательно проработанным, потому что после завершения этапа в установленной последовательности разработчики не могут вернуться к предыдущим стадиям, не начав планирование всего проекта снова. Возможность для внесения изменений минимальна, ошибки проектирования крайне нежелательны, так как план проекта жесткий и должен быть тщательно соблюден. Методы управления проектом: Agile и Scrum.

Agile: интерактивный гибкий метод; сложный проект разбивается на функциональные небольшие блоки, которые затем ранжируются по приоритетности и реализуются в более коротких циклах. Суть: непрерывность конструирования продукта. Основа: рефакторинг, малые циклы обратной связи, итерация.

Scrum: гибкая модель для совместной реализации проекта. Сложный проект разбивается

на более или менее завершённые части (спринты), выполняемые в короткие сроки, с целью получения беклогов (составная часть результата).

Создания современных проектов зачастую не возможно без использования иммерсивных технологий, т. е. процесса, вынуждающего обучающихся принимать участие в различных видах деятельности посредством использования различных технических устройств моделирования и симуляции реальности.

Иммерсивное обучение основано на виртуальном опыте погружения или перемещения в иную среду или место.

Схожими понятиями являются: интерактивное обучение, *interactive experiences*. Иммерсивное обучение может использоваться как в аудитории, так и вне класса. Иммерсивное обучение обеспечивает активное участие и глубокое погружение в информационный контент.

К базовым технологиям иммерсивного обучения можно отнести [19]:

– Дополненная реальность (*Augmented Reality*): обучающиеся проводят исследования, изучают материал посредством специальных устройств: очков, шлемов дополненной реальности, 3D пространств, датчиков, портативных или мобильных устройств и т. п.

– Виртуальная реальность: обучающиеся создают виртуальные аватары для взаимодействия с другими аватарами. Благодаря виртуальной реальности студенты могут путешествовать сквозь пространства и время.

Иммерсивное обучение может быть использовано в различных пространствах: аудитория, музеи, креативные пространства, предприятия, лаборатории, др. В отличие от использования цифровых технологий иммерсивное обучение предполагает не частичное, а полное погружение в виртуальную или дополненную реальность.

Иммерсивное обучение целесообразно применять в ситуациях, когда использование реального оборудования может нанести вред обучающимся или же является слишком дорогим, либо когда использование реального оборудования требует высокого уровня знаний, компетенций и профессионализма.

При этом данный метод обучения позволяет [20]: 1) полностью погрузиться в образовательный контент; 2) совершенствовать профессиональные практические навыки; 3) повышение уровня понимания материала; 4) обеспечить возможность обсуждения в группах; 5) возможность повторяемого совершенствования практических навыков без риска нанесения ущерба или вреда (оборудованию, окружающей среде, человеку, самому

обучающемуся); 6) с помощью мультимедийных и мультисенсорных элементов усилить эффект от обучения и делают его более привлекательным и запоминающимся

При этом иммерсивное обучение обладает рядом недостатков которые необходимо учитывать при формировании необходимо навыков по проектам: 1) основано на использовании технологий и техники, требующих высокого уровня грамотности и знаний; 2) специальное оборудование и ПО могут быть дорогостоящими и сложными для внедрения в некоторых учебных заведениях; 3) иммерсивное обучение хорошо подходит для обучения и изучения образовательного контента, которое относится к конкретному контексту или ситуации и подразумевает получение конкретных профессиональных навыков на основе практического опыта и стратегии

Данный метод позволяет поддержать тех обучающихся, которые были не очень успешны в освоении практических компетенций в традиционной системе обучения Метод позволяет достичь большей эффективности обучения посредством совмещения традиционных методов обучения с ролевыми играми или «работой в полях».

В тоже время использование как в аудиторном формате, так и с помощью иммерсивных технологий метода управления проектом PRINCE2 (*PR*ojects *IN* *C*ontrolled *E*nvironments). Суть метода: фокус на важности процессов; включает в себя все стадии проекта, от инициации и запуска до управления; управление строится от результата, формируя бизнес-процессы (линейность); четкое распределение ролей и задач в проектной команде.

Заключение

Модель PRINCE2 основана на следующих принципах:

1 Непрерывное коммерческое обоснование (проект должен иметь коммерческий потенциал и быть оправданным с точки зрения инвестиций и окупаемости);

2 Извлечение уроков из опыта (проектные команды должны учитывать уроки прошлых проектов, для чего ведутся журналы «выученных уроков»);

3 Четкое определение ролей и обязанностей (участники проекта должны четко понимать свои задачи, ответственных и тех, кто принимает решения);

4 Поэтапное управление (сложные этапы и задачи разбиваются на более простые, управляемые части или стадии);

5 Управленческое вмешательство только по необходимости (хорошо организованный и работающий проект не нуждается в постоянном вмешательстве менеджеров. Проектные менеджеры информируются только в случае возникновения проблем);

6 Фокус на конечный результат (каждый член команды понимает конечный результат проекта; результат определяет динамику и состав работ);

7 Адаптация к внешней среде (методология PRINCE2 должна адаптироваться и под конкретный проект и условия).

При этом рассматриваемая модель PRINCE2 актуальна для следующих направлений:

1. Экономическое обоснование (связана с принципом непрерывного коммерческого обоснования. Данный блок дает знания о том, является ли проект выгодным и достижимым);

2. Организация (связана с принципом определения ролей и обязанностей, профиль организации требует, чтобы руководители проектов записывали роли и обязанности каждого);

3. Качество (связана с принципом фокуса на результате. Качество может быть абстрактным понятием, поэтому определение его в начале проекта жизненно важно для продолжения работы);

4. План (описывает цели, которые будут достигнуты. Блок сфокусирован на продуктах, масштабе времени, цене, качестве и преимуществах);

5. Риски (целью данной области выступает оценка и контроль неопределенных событий в ходе проекта. Они регистрируются в журнале рисков. Негативные риски называются угрозами, а позитивные – возможностями);

6. Изменения (содержит обработку запросов на изменения и проблем, возникающих в ходе проекта. Идея состоит не в том, чтобы предотвратить изменения, а в том, чтобы согласовать их до их выполнения);

7. Прогресс (мониторинг проекта, позволяет руководителям проектов проверять и контролировать, где они находятся относительно плана).

Рассматриваемая модель PRINCE2 предполагает наличие следующих процессов:

1. Запуск проекта (создание общего описания проекта, в котором будут отражены основные положения, цель проекта, проектная команда и пути достижения цели; резюме проекта составляется на основе общего описания, опыта предыдущих проектов и обсуждения со стейкхолдерами; формирование проектной команды, предоставление информации, необходимой для следующего процесса);

2. Инициация проекта (показатели эффективности проекта, которые нужно достичь: время, качество, затраты, сфера применения, риски, прибыль);

3. Управление проектом (инициация, границы стадий, ситуационное управление, закрытие проекта);

4. Управление стадиями (разбиение проекта на управляемые комплексы действий; контроль за их исполнением; регулирование в случае проблем; координация ежедневной работы; коммуникации между проектной командой и проектным менеджером);

5. Управление реализацией проекта (принятие комплекса работ; выполнение работы; результат);

6. Управление границами стадий (планирование последующих стадий; корректировка плана; корректировка коммерческой составляющей; принятие решения об окончании стадии);

7. Закрытие проекта (прекращение работы над проектом; определение последующих действий; оценка проекта (полученные выгоды и преимущества); высвобождение ресурсов; передача проекта потребителю, реализация).

Литература

- 1 Krasilnikova T.K., Egorov G.G., Dubovikova E.Y., Ryabova E.V. The Influence of Information and Computer Technologies and Transnational Media Corporations on Public Legal Awareness // *Digital Future Economic Growth, Social Adaptation, and Technological Perspectives*. 2020. P. 645-652.
- 2 Scherbakova N.A. Advertising and technical description" Electronic educational and methodical complex" Investment Management" // *Навигатор в мире науки и образования*. 2017. № 3. С. 44-44.
- 3 Mayorova V., Zelentsov V., Shcheglov G. Integration of small satellites design process into the specialist's degree educational program // *Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC*. 2018. P. 28-44.
- 4 Дубовикова Е.Ю., Егоров Г.Г. Экономико-юридические перспективы развития Волгоградской области // *Экономика. Инновации. Управление качеством*. 2017. № 2. С. 5–12.
- 5 Gadusova Z., Haskova A., Predanocuyova E. Teachers' professional competence and their evaluation // *Education and self-development*. 2019. V. 14. № 3. P. 17-24.
- 6 Mekeko N.M., Karnyushina V.V., Raitskaya L.K., Khorokhorina G.A. Activity approach to teaching: requirements and reality // *EDULEARN18*. 2018. P. 10390-10398.
- 7 Vujović V. et al. Project planning and risk management as a success factor for IT projects in agricultural schools in Serbia // *Technology in Society*. 2020. V. 63. P. 101371. doi: 10.1016/j.techsoc.2020.101371

- 8 Zhang J., Xie H., Schmidt K., Xia B. et al. Integrated experiential learning-based framework to facilitate project planning in civil engineering and construction management courses // Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice. 2019. V. 145. №. 4. P. 05019005.
- 9 Pellerin R., Perrier N. A review of methods, techniques and tools for project planning and control // International Journal of Production Research. –2019. V. 57. №. 7. P. 2160-2178. doi: 10.1080/00207543.2018.1524168
- 10 Akhmetshin E.M., Pavlyuk A.V., Ling V.V., Mikhailova M.V. et al. The use of private start-ups in higher education // Journal of entrepreneurship education: Allied Academies. 2019. V. 22. №. 1.
- 11 Stehling C., Munzert U. Project-based learning // Technical and vocational education and training. 2018. V. 28. P. 17-25.
- 12 Vaganova O.I., Rudenko I.V., Ramazanova E.A., Lapshova A.V. et al. Social and educational technologies in professional education // Amazonia investiga: university of the amazon. 2020. V. 9. №. 27. P. 493-500.
- 13 Abokharima A.M.H. The employment of collaborative information technologies in urban planning // Архитектура и строительство России. 2020. №. 1. С. 8-15.
- 14 Ставицкий А.В., Ашавский И.Г., Волков Д.В. Разработка курса для обучения современным облачным технологиям // Открытое образование. 2018. Т. 22. № 6. С. 39-50.
- 15 Лидер А.М., Слесаренко И.В., Соловьев М.А. Современный опыт инженерно-технической подготовки в ведущих зарубежных университетах // Университетское управление: практика и анализ. 2021. Т. 25. № 1. С. 18-34.
- 16 Sedov S.A. Modern lessons' construction based on the taxonomy of pedagogical objectives and the multiple intelligences theory // The international journal of educational management. 2019. V. 33. №. 2. P. 252-264.
- 17 Novikova N.N., Mironov V.V., Kitaygorodskiy M.D., Poberezkaia V.F. Realities and prospects of digital transformation of additional education for children in Russia // International journal of early childhood special education. 2021. V. 13. №. 2. P. 1164-1173.
- 18 Voino L.I., Krylova L.A., Shuverova T.D., Shakhova V.A. et al. The involvement of university lecturers as tutors to support high school individual projects // Edulearn18. 2018. P. 11091-11099.
- 19 Пучков М.В. Генетические аспекты формирования архитектурных прототипов и пространственных моделей научно-образовательных комплексов // Архитектон: известия вузов. 2021. №. 2.
- 20 Zhu T., Ryzhkov O. Application of Agile methodology in planning a joint educational program // 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). IEEE, 2021. P. 1-5.

References

- 1 Krasilnikova T.K., Egorov G.G., Dubovikova E.Y., Ryabova E.V. The Influence of Information and Computer Technologies and Transnational Media Corporations on Public Legal Awareness. Digital Future Economic Growth, Social Adaptation, and Technological Perspectives. 2020. pp. 645-652.
- 2 Scherbakova N.A. Advertising and technical description" Electronic educational and methodical complex "Investment Management". Navigator in the world of science and education. 2017. no. 3. pp. 44-44.
- 3 Mayorova V., Zelentsov V., Shcheglov G. Integration of small satellites design process into the specialist's degree educational program. Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC. 2018. pp. 28-44.
- 4 Dubovikova E.Yu., Egorov G.G. Economic and legal prospects for the development of the Volgograd region. Economics. Innovation. Quality control. 2017. no. 2. pp. 5–12. (in Russian).
- 5 Gadusova Z., Haskova A., Predanocyoova E. Teachers' professional competence and their evaluation. Education and self-development. 2019. vol. 14. no. 3. pp. 17-24.
- 6 Mekeko N.M., Karnyushina V.V., Raitskaya L.K., Khorokhorina G.A. Activity approach to teaching: requirements and reality. EDULEARN18. 2018. pp. 10390-10398.
- 7 Vujović V. et al. Project planning and risk management as a success factor for IT projects in agricultural schools in Serbia. Technology in Society. 2020. vol. 63. pp. 101371. doi: 10.1016/j.techsoc.2020.101371
- 8 Zhang J., Xie H., Schmidt K., Xia B. et al. Integrated experiential learning-based framework to facilitate project planning in civil engineering and construction management courses. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice. 2019. vol. 145. no. 4. pp. 05019005.
- 9 Pellerin R., Perrier N. A review of methods, techniques and tools for project planning and control. International Journal of Production Research. 2019. vol. 57. no. 7. pp. 2160-2178. doi: 10.1080/00207543.2018.1524168
- 10 Akhmetshin E.M., Pavlyuk A.V., Ling V.V., Mikhailova M.V. et al. The use of private start-ups in higher education. Journal of entrepreneurship education: Allied Academies. 2019. vol. 22. no. 1.
- 11 Stehling C., Munzert U. Project-based learning. Technical and vocational education and training. 2018. vol. 28. pp. 17-25.
- 12 Vaganova O.I., Rudenko I.V., Ramazanova E.A., Lapshova A.V. et al. Social and educational technologies in professional education. Amazonia investiga: university of the amazon. 2020. vol. 9. no. 27. pp. 493-500.
- 13 Abokharima A.M.H. The employment of collaborative information technologies in urban planning. Architecture and construction of Russia. 2020. no. 1. pp. 8-15.
- 14 Stavitsky A.V., Ashavsky I.G., Volkov D.V. Development of a course for teaching modern cloud technologies. Open Education. 2018. vol. 22. no. 6. pp. 39-50. (in Russian).
- 15 Leader A.M., Slesarenko I.V., Soloviev M.A. Modern experience of engineering and technical training in leading foreign universities. University management: practice and analysis. 2021. vol. 25. no. 1. pp. 18-34. (in Russian).
- 16 Sedov S.A. Modern lessons' construction based on the taxonomy of pedagogical objectives and the multiple intelligences theory. The international journal of educational management. 2019. vol. 33. no. 2. pp. 252-264.

17 Novikova N.N., Mironov V.V., Kitaygorodskiy M.D., Poberezhkaia V.F. Realities and prospects of digital transformation of additional education for children in Russia. International journal of early childhood special education. 2021. vol. 13. no. 2. pp. 1164-1173.


18 Voino L.I., Krylova L.A., Shuverova T.D., Shakhova V.A. et al. The involvement of university lecturers as tutors to support high school individual projects. Edulearn18. 2018. pp. 11091-11099.

19 Puchkov M.V. Genetic aspects of the formation of architectural prototypes and spatial models of scientific and educational complexes. Architecton: University news. 2021. no. 2. (in Russian).


20 Zhu T., Ryzhkov O. Application of Agile methodology in planning a joint educational program. 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). IEEE, 2021. pp. 1-5.

Сведения об авторах

Геннадий Г. Егоров к.ю.н., доцент, кафедра юриспруденции, Волжский филиал «Волгоградский государственный университет», ул. 40 лет Победы д. 11, г. Волжский, 404133, Россия, egorov@vgi.volsu.u


 <https://orcid.org/0000-0002-5969-1171>

Елена Ю. Дубовикова к.э.н., доцент, Филиал НИУ «Московский энергетический институт» в г. Волжском, пр-т Ленина, 69, г. Волжский, 404110, Россия, dubovikovae@rambler.ru


 <https://orcid.org/0000-0002-1666-1423>

Information about authors

Gennadiy G.Egorov Cand. Sci. (Law), associate professor, jurisprudence department, Volzhsky branch of the Volgograd State University, st. 40 Years of Victory, 11, Volzhsky, 404133, Russia, egorov@vgi.volsu.u

 <https://orcid.org/0000-0002-5969-1171>

Elena Yu. Dubovikova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Branch of the National Research University Moscow Power Engineering Institute in Volzhsky, Lenin Ave., 69, Volzhsky, 404110, Russia, dubovikovae@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1666-1423>

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 17/01/2022	После редакции 07/02/2022	Принята в печать 02/03/2022
Received 17/01/2022	Accepted in revised 07/02/2022	Accepted 02/03/2022

Методология оценки эффективности функционирования предприятия в интегрированной структуре

Виктор Г. Лутченко	¹	180@vniivega.ru	 0000-0001-7626-9725
Александр И. Хорев	¹	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Галина В. Беляева	¹	bgv@vsuet.ru	 0000-0002-4427-9587
Людмила Л. Адраховская	²	adrakhovskaya9696@mail.ru	 0000-0002-3843-3317





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

² АО «ВНИИ «Вега», Московский проспект 7Б, г. Воронеж, 394026, Россия

Аннотация. В статье отражены основные методы оценки эффективности функционирования предприятия в процессе вхождения в интегрируемую структуру. На сегодняшнем этапе развития интегрируемых структур проблеме определения эффективности функционирования предприятий уделено внимание многих исследователей. Но, к сожалению, выявление реальных показателей эффективности остается недостаточно освещенным в научной литературе. Исследуя развитие и функционирование интегрируемых структур, необходимо определить роль, а также условия снижения издержек. В статье представлена методика определения эффективности интеграции предприятия по доходу предприятия до вхождения в интегрируемую структуру, который отражает его основную профильную деятельность. Так же отражена методика расчета дохода предприятия после вхождения в интегрируемую структуру. Внутри интегрируемых структур можно наблюдать следующие взаимосвязи: материальные и нематериальные. Данные типы оказывают существенное влияние на снижение издержек, исходя из чего, можно говорить о конкурентных преимуществах и дифференциации продукции. В статье представлены возможные источники материальных взаимосвязей применительно к предприятиям реальной интегрируемой структуры. Так же представлена схема установления взаимосвязей предприятия, входящего в интегрируемую структуру, с корпоративным центром для получения конкурентных преимуществ. Российская практика интегрируемых структур описывает различные формы интеграции, но по мнению авторов, эффект может быть достигнут лишь в случае превышения выгод (выигрышей) от вхождения в интегрируемую структуру над издержками по обеспечению взаимосвязанной работы предприятий и контроля, осуществляемых корпоративным центром. Подавляющее большинство корпоративных центров отдадут предпочтение всеобъемлющему контролю деятельности предприятий, который не способствует достижению синергии, снижению издержек и получению конкурентных преимуществ. Исходя из этого, осуществить выявление реальных конкурентных преимуществ предприятий возможно только при помощи метода расстановки приоритетов, основанного на экспертной оценке в матричной форме записи.

Ключевые слова: интегрированные структуры, конкурентные преимущества, интеграция, корпоративный центр

Methodology for assessing the effectiveness of the functioning of an enterprise in an integrated structure

Viktor G. Lutchenko	¹	180@vniivega.ru	 0000-0001-7626-9725
Aleksandr I. Khorev	¹	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Galina V. Beliaeva	¹	bgv@vsuet.ru	 0000-0002-4427-9587
Lyudmila L. Adrakhovskaya	²	adrakhovskaya9696@mail.ru	 0000-0002-3843-3317

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

² JSC Vega, Moscow Avenue, 7B, Voronezh, 394026, Russia

Abstract. The article reflects the main methods for assessing the effectiveness of the functioning of a subsidiary in the process of entering the integrated variable structure. At the current stage of the development of integrable structures, the problem of determining the efficiency of the functioning of subsidiaries has been given the attention of many researchers. But, unfortunately, the identification of real results of effectiveness remains insufficiently unhighlighted in the scientific literature. Investigating the development and functioning of integrable structures, it is necessary to determine the role, as well as the conditions for reducing costs. The article presents a methodology for determining the efficiency of enterprise integration in terms of enterprise income before entering the integrated structure, which reflects its main profile activities. The methodology for calculating the income of an enterprise after entering the integrated structure is also reflected. The following relationships can be observed inside the integrated structures: material and non-material. The data of which have an impact on the decline in indicators based on, we can talk about competitive advantages and product differentiation. The article presents possible sources of material relationships in relation to enterprises of a real integrable structure. There is also a scheme for creating relationships between an enterprise that is part of an integrated structure and a corporate center to achieve competitive advantages. The Russian practice of integrable structures describes various forms of integration, but according to the authors, the effect can be achieved only if the benefits (gains) from joining the integrated structure exceed the costs of ensuring the interconnected operation of enterprises and control exercised by the corporate center. The overwhelming majority of corporate centers give preference to comprehensive control over the activities of enterprises, which is not conducive to achieving synergy, reducing costs and gaining competitive advantage. Based on this, it is possible to identify the real competitive advantages of subsidiaries only with the help of the prioritization method based on expert assessment in the matrix form of recording.

Keywords: integrated structures, competitive advantages, integration, corporate center

Для цитирования

Лутченко В.Г., Хорев А.И., Беляева Г.В., Адраховская Л.Л. Методология оценки эффективности функционирования предприятия в интегрированной структуре // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 365–371. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-365-371

For citation

Lutchenko V.G., Khorev A.I., Beliaeva G.V., Adrakhovskaya L.L. Methodology for assessing the effectiveness of the functioning of an enterprise in an integrated structure. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 365–371. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-365-371

Введение

Основным показателем, определяющим целесообразность вхождения предприятия в интегрированную структуру (ИС), очевидно, является получение положительного экономического эффекта в виде снижения затрат, получения прибыли или осуществления дифференциации продукции, что поможет предприятию получить дополнительные конкурентные преимущества превышающие издержки от нахождения предприятия в ИС. В экономической литературе этот вопрос не проработан с доведением до практических результатов.

Работы Якутина Ю. [1], Алексеева С.В. [2] в теоретическом плане предлагают для оценки экономического эффекта от нахождения предприятия в ИС метод бюджетирования в самом общем виде без привязки к реально существующим в РФ ИС.

Методы

По комплексному подходу к определению эффективности интеграции предприятия по отредактированной авторами методике С. Алексеева доход предприятия до вхождения в ИС, учитывающего его основную профильную деятельность, определяется [2]:

$$Дп = (Под - ОПРод) - Нрод - Ирод; \quad (1)$$

$$ОПРод = МКод + РУод + ЗПод + ТзРод; \quad (2)$$

$$Нрод = ИОод + ОБПрод + ОХРод + НС + РР; \quad (3)$$

С учетом формул 2 и 3 доход предприятия по основной деятельности:

$$Дп = (Под - МКод - РУод - Зпод - ТзРод) - (ИОод - ОБЛРод - ОХРод - НС - РР); \quad (4)$$

где Под – поступление средств по основной деятельности (далее ОД); ОПРод – основные производственные расходы по ОД; Нрод – накладные расходы по ОД; Ирод – инвестиционные расходы от ОД; МКод – материалы и комплектующие по ОД; РУод – работы и услуги сторонних организаций по производственной кооперации для ОД; ЗПод – расходы на заработную плату по ОД; ТзРод – транспортно-заготовительные расходы по ОД; ИОод – инструмент и оснастка по ОД; ОБПрод – общепроизводственных расходы по ОД; ОХРод – общехозяйственные расходы по ОД; НС – налоги и сборы; РР – расходы по реализации продукции

После вхождения предприятия в ИС, с исполнением работ для других предприятий, входящих в ИС, доход предприятия определяется:

$$Дпи = Под + Ппк - (ОПРод + ОПРпк) - (НРод - \Delta НРпк) - Иод + \Delta ОПРм + \Delta НРм; \quad (5)$$

$$ОПРпк = МКпк + РУпк + ЗПпк + ТзРпк; \quad (6)$$

$$НРод = ОБПрод + ОХРод + РР + НС; \quad (7)$$

где Ппк – поступление средств от участия в производственной кооперации (далее ПК) с другими предприятиями ИС; ОПРпк – основные производственные расходы по ПК; МКпк – материалы и комплектующие по ПК; РУпк – работы и услуги сторонних организаций по ПК; ЗПпк – заработная плата по ПК; ТзРпк – транспортно – заготовительные расходы по ПК; $\Delta НРпк$ – увеличение накладных расходов, связанное с увеличением объема работ по ПК; $\Delta ОПРм$ – экономия основных производственных расходов в связи с осуществлением материальных и нематериальных взаимосвязей между предприятиями ИС; $\Delta НРм$ – экономия накладных расходов в связи с осуществлением материальных и нематериальных взаимосвязей между предприятиями ИС.

Для предприятия, входящего в ИС и передающего часть работ другим предприятиям, входящим в ИС, доход предприятия определяется:

$$Дпв = (Под - ОПРод - Нрод - Ирод) + (\Delta Под + Ппк) + (\Delta ОПРм + \Delta НРм) \quad (8)$$

где $\Delta Под$ – дополнительное поступление средств по ОД, вызванное ростом объемов производства за счет выполнения работ другим предприятием ИС.

Эффект от вхождения предприятия в ИС с исполнением работ для предприятий ИС будет определяться:

$$\Delta Дпи = Дпи - Дп = (Ппк - Рпк) + (\Delta ОПРм + \Delta НРм) \quad (9)$$

где Рпк – расходы предприятия, связанные с выполнением работ для предприятий ИС.

$$Рпк = МКпк + РУпк + ЗПпк + ТзРпк + НРпк \quad (10)$$

Эффект от вхождения предприятия в ИС с передачей части работ по ОД другим предприятиям ИС, будет определяться:

$$\Delta Дпв = Дпв - Дп = (\Delta Под - Ппк) + (\Delta ОПРм + \Delta НРм) \quad (11)$$

Сопоставляя формулы (9) и (11), то есть эффекты от деятельности предприятия, входящего в ИС, можно получить общую формулу суммарного эффекта интеграции:

$$\Delta Дп = \Delta Дпи \& \Delta Дпв = (\Delta Под - Рпк) + (\Delta ОПРм + \Delta НРм) \quad (12)$$

Обсуждение

Эффект от вхождения предприятия в ИС получается за счет разницы дополнительных поступлений средств по основной деятельности за счет выполнения работ другим предприятием

ИС и расходом средств, связанных с выполнением этих работ. Кроме того, эффект вхождения получается за счет экономии производственных и накладных расходов в процессе осуществления материальных и нематериальных взаимосвязей между предприятиями, входящими в ИС. Подобный расчет теоретически учитывает основные подходы к определению эффективности интеграции предприятий в ИС: транзакционный, основанный на конкурентных преимуществах на взаимосвязях между предприятиями и финансовый подходы.

В связи с тем, что взаимосвязи между предприятиями в ИС России ни в материальной, ни в нематериальной сферах деятельности практически не осуществляются из-за бездействия корпоративных центров, просчитать экономический эффект от вхождения предприятия в ИС по вышеописанной методике не представляется возможным.

В связи с этим рассмотрим возможность получения эффекта от вхождения предприятия в ИС в виде дополнительных конкурентных преимуществ за счет установления взаимосвязей между предприятиями в виде сокращения затрат или увеличения дифференциации продукции в цепочке создания стоимости.

Все возможные виды взаимосвязей между предприятиями ИС, работающими в смежных сферах деятельности, можно свести к двум типам: материальным и нематериальным [3].

На практике создание и формирование взаимосвязей между предприятиями ИС требует преодоления значительного количества организационных препятствий, хотя зачастую выгоды от установления взаимосвязей очевидны.

Материальные взаимосвязи между предприятиями могут устанавливаться в следующих областях деятельности:

- в сфере технологий;

- в сфере материально – технического снабжения;
- в области инфраструктуры;
- в сфере производства;
- в сфере маркетинга.

Каждый тип взаимосвязей по-разному может обеспечить получение конкурентных преимуществ. Концепция построения взаимосвязей обеспечивает получение эффекта синергии.

Обеспечение взаимосвязей между предприятиями, входящими в ИС, должно быть заложено в стратегию развития каждого предприятия, т.к. именно они должны обеспечивать получение предприятием конкурентных преимуществ за счет вхождения в ИС. Когда стратегии предприятий разрабатываются независимо друг от друга и они не координируются со стороны материнской компании, то велика вероятность того, что предприятия будут действовать в разных направлениях, учитывая только свои интересы.

Осуществление взаимосвязей между предприятиями приводит к получению устойчивых конкурентных преимуществ только тогда, когда экономия от этих преимуществ превосходит затраты от вхождения в ИС и когда конкурентам трудно воспроизвести приобретенные предприятием преимущества.

Материальные взаимосвязи проявляются в силу наличия у предприятий общих заказчиков, технологий, сбыта, маркетинга и т.п.

Установление материальных взаимосвязей между предприятиями хорошо отслеживает цепочка создания стоимости. Это может касаться как основных, так и вспомогательных видов деятельности.

Категории материальных взаимосвязей в соответствии с цепочкой создания стоимости по М. Портеру представлены на рисунке 1.

Возможные источники материальных взаимосвязей применительно к предприятиям реальной ИС представлены в таблице 1.



Рисунок 1. Категория материальных взаимосвязей предприятий

Figure 1. Category of material interconnections of enterprises

Источники материальных взаимосвязей предприятий ИС

Table 1.

Sources of material interconnections of IP enterprises

Взаимосвязи в снабжении Supply relationships	Взаимосвязи в технологиях Relationships in technology	Взаимосвязи в инфраструктуре Infrastructure Relationships	Производственные взаимосвязи Industrial Relations	Рыночные взаимосвязи Market Relations
Частичная централизация материально-технического снабжения. Создание базы данных по комплектующим и материалам Partial centralization of logistics. Creating a database of components and materials	Совместные разработки. Общие технологии. Создание базы данных по НИОКР Joint developments. General technologies. Creation of an R&D database	Централизация обучения персонала. Использование в интересах предприятий аспирантур, филиалов кафедр материнской компании. Лоббирование интересов предприятий на разных уровнях. Консультации ведущих специалистов материнской компании Centralization of staff training. Use in the interests of enterprises of graduate schools, branches of departments of the parent company. Lobbying the interests of enterprises at different levels. Consultations of leading specialists of the parent company	Производственная кооперация между предприятиями. Установление трансфертных цен для расчетов между предприятиями. Industrial cooperation between enterprises. Establishment of transfer prices for settlements between enterprises.	Общие заказчики. Координация ценообразования аналогичной продукции. Использование результатов работы маркетинговой службы материнской компании. Защита при необходимости от атак конкурентов General customers. Coordination of pricing of similar products. Using the results of the work of the marketing service of the parent company. Protection, if necessary, from attacks by competitors

Нематериальные взаимосвязи осуществляются в процессе передачи управленческих навыков, обмена знаниями, опытом, компетенциями и т. д. Нематериальные взаимосвязи позволяют добиваться конкурентных преимуществ через передачу знаний, навыков, опыта между предприятиями входящими в ИС. Нематериальные взаимосвязи могут происходить в любых звеньях цепочки стоимости и позволяют предприятию получить конкретные преимущества в области снижения затрат или увеличения дифференциации продукции, но только в том случае, если они превосходят затраты на их передачу. Как правило нематериальные взаимосвязи дают эффект в случае работы предприятий в смежных сферах деятельности. Как уже отмечалось ранее, самостоятельно предприятиям в составе ИС наладить взаимосвязи без координирующей роли КЦ довольно сложно. Передача ресурсов требует незначительного участия КЦ. При передаче навыков КЦ должен сосредоточить внимание на повышении квалификации и распространений знаний,

что также не требует значительного участия КЦ в этом процессе.

Координация материальных взаимосвязей и стратегий развития предприятий продиктована значительно большим участием КЦ, т. к. это связано с потерей предприятиями части своей автономии, а значит с некоторыми издержками. Задача КЦ в этом случае состоит в том, чтобы обеспечить высокую эффективность интеграции предприятия с минимальными для него издержками при помощи выбора соответствующей модели работы КЦ.

Схема (в редакции авторов) установления взаимосвязей предприятия, входящего в ИС, с корпоративным центром для получения конкурентных преимуществ представлена на рисунке 2.

Для того чтобы, предприятие эффективно работало в составе ИС необходимо добиваться превышения выгод (выигрышей) от вхождения в ИС над издержками по обеспечению взаимосвязанной работы предприятий и контроля, осуществляемых КЦ. В противном случае нахождение предприятия в ИС не имеет смысла.

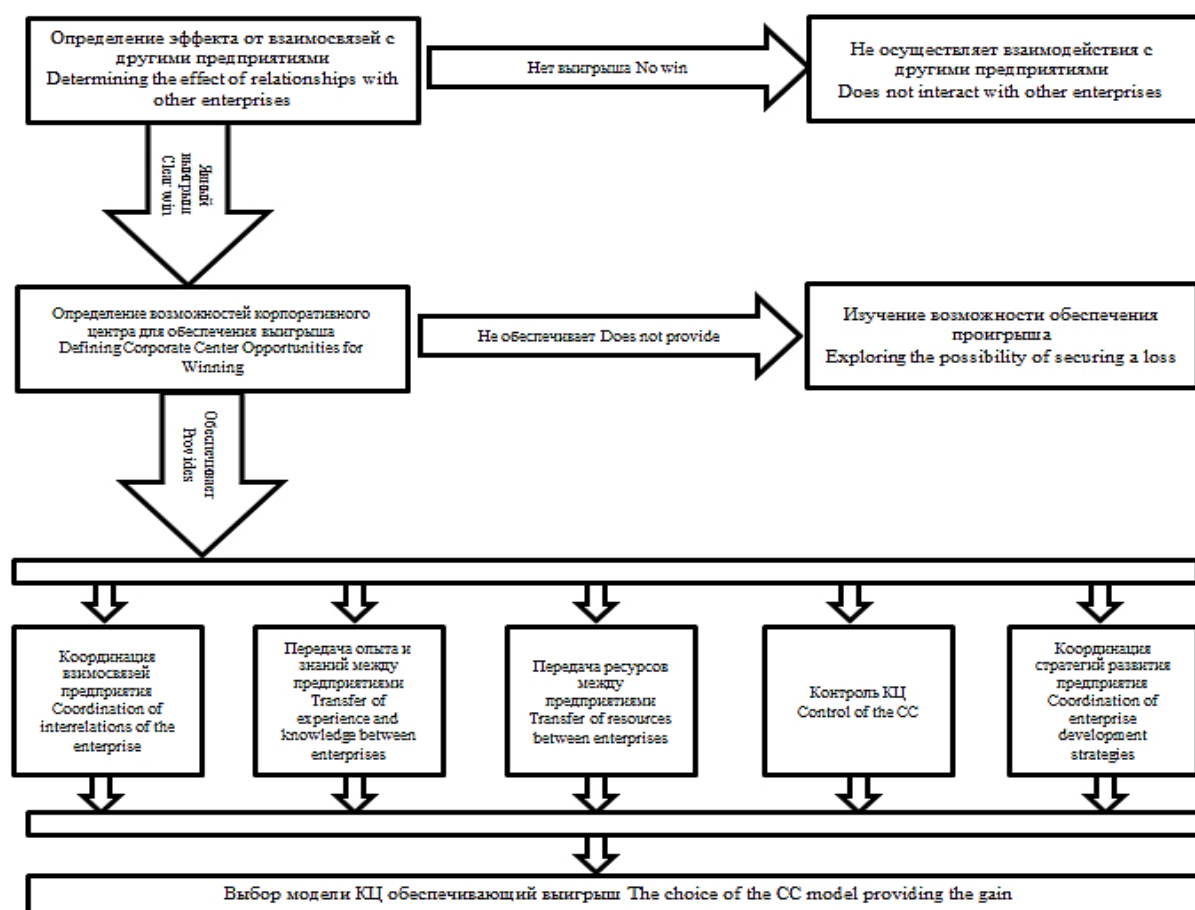


Рисунок 2. Схема установления взаимосвязей предприятия с корпоративным центром для получения конкурентных преимуществ

Figure 2. The scheme of establishing the relationship of the enterprise with the corporate center to obtain competitive advantages

Заключение

Оценка эффективности вхождения предприятия в ИС в общем виде будет успешной в следующих случаях, когда:

1. Выгоды от вхождения предприятия в ИС превышают затраты на его вхождение. Расчеты затрат должны быть проведены перед вхождением предприятия в ИС.
2. Устанавливаются взаимосвязи между предприятиями как материального, так и нематериального характера.

3. Осуществляется координационный процесс со стороны корпоративного центра над установлением взаимосвязей между предприятиями для получения ими конкурентных преимуществ.

Поскольку все три вышеперечисленные случаи в российских ИС не используются, то осуществить выявление реальных конкурентных преимуществ дочерних предприятий возможно только при помощи метода расстановки приоритетов, основанного на экспертной оценке в матричной форме записи.

Литература

- 1 Рудычев А.А., Лычев А.Ю. Методы оценки эффективности функционирования предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. 2014. №. 3. С. 120-124.
- 2 Панфиль Л.А., Муртазина Е.Э. Оценка эффективности деятельности предприятия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. №. 6-4. Р. 753-756.
- 3 Пшенцова А.И., Минеева Л.Н., Васильева Е.В., Горбунов С.И. и др. Влияние государственной поддержки на развитие и эффективность функционирования сельскохозяйственных предприятий // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. №. 111. С. 1016-1029.
- 4 Штефан В.И., Штефан Е.В., Лутченко В.Г., Лутченко Т.В. Формирование стратегии развития предприятия, входящего в интегрированную структуру. Воронеж, 2016.
- 5 Минакова И., Бабенко И.В. Управление запасами как важнейший фактор обеспечения эффективного функционирования хозяйствующих субъектов // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2017. №. 7 (25). С. 117-122.

- 6 Герасименко О.В. Устойчивое финансовое состояние сельскохозяйственного предприятия-условие его непрерывного и эффективного функционирования // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. 2016. С. 668-669.
- 7 Кисельников Е.А., Сорочайкин А.Н., Тюкавкин Н.М. Оценка стратегии повышения эффективности функционирования предприятий машиностроения на основе капитализации прибыли // Вестник Самарского государственного университета. 2013. №. 4 (105). С. 34-42.
- 8 Леонов О.А., Темасова Г.Н., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г. Методика расчета эффективности функционирования системы менеджмента качества // Компетентность. 2020. №. 3. С. 26-31.
- 9 Бондарева Г.И., Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г. Оценка экономической эффективности функционирования системы менеджмента качества на ремонтных предприятиях // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2016. Т. 2. №. 1 (7). С. 51-56.
- 10 Преображенский Ю.П. О возможностях роста эффективности функционирования современных компаний // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления. 2018. С. 215-218.
- 11 Gadzhiev M.M., Buchaev Y.G. Efficiency assessment of enterprise innovation activities // Life Science Journal. 2014. V. 11. №. 10. P. 581-586.
- 12 Liang M., Xin Z., Yan D.X., Jianxiang F. How to improve employee satisfaction and efficiency through different enterprise social media use // Journal of Enterprise Information Management. 2020. doi: 10.1108/JEIM-10-2019-0321
- 13 Biliyavskiy V.M., Biliavskaya J.V. Evaluation of personal career management efficiency of trade enterprise employees. 2014.
- 14 Kazakov O.S., Kamoliddinov I.M. Some questions of increase of efficiency in activity enterprise subjects // Journal of Central Asian Social Studies. 2021. V. 2. №. 01. P. 160-169. doi: 10.37547/jcass/volume02issue01-a24
- 15 Chichenkov I., Faizullin R. Development of a KPI system for pig farms based on the criteria for evaluating the efficiency of the enterprise // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. V. 548. №. 2. P. 022019.
- 16 Zhang R.L., Liu X.H. Evaluating ecological efficiency of Chinese industrial enterprise // Renewable Energy. 2021. V. 178. P. 679-691. doi: 10.1016/j.renene.2021.06.119
- 17 Dragan O., Berher A., Pustovit J. Estimation of marketing price policy efficiency of the enterprise of meat-processing industry // Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development. 2018. V. 40. №. 2. P. 175-186.
- 18 Lazarevna P.A., Nikolaevna K.S., Alekseevna V.V., Konstantinovich Y.E. Digitalization tools in ensuring the efficiency of the enterprise activity // Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference. 2020. P. 1-4. doi: 10.1145/3388984.3390641
- 19 Yakubiv V., Yakubiv R., Maksymiv Y., Hryhoruk I. et al. Assessment of efficiency of agricultural enterprise management: methods and trend analysis // Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. 2020. V. 7. №. 3. P. 19-26.
- 20 Wei J.Y., Zhao X.Y., Sun X.S. The evaluation model of the enterprise energy efficiency based on DPSIR // Environmental Science and Pollution Research. 2019. V. 26. №. 17. P. 16835-16846. doi: 10.1007/s11356-017-9096-0

References

- 1 Rudychev A.A., Lychev A.Yu. Methods for assessing the effectiveness of the functioning of enterprises. Bulletin of the Belgorod State Technological University. VG Shukhov. 2014. no. 3. pp. 120-124. (in Russian).
- 2 Panfil L.A., Murtazina E.E. Evaluation of the effectiveness of the enterprise. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016. no. 6-4. pp. 753-756. (in Russian).
- 3 Pshentsova A.I., Mineeva L.N., Vasilyeva E.V., Gorbunov S.I. and others. Influence of state support on the development and efficiency of the functioning of agricultural enterprises. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2015. no. 111. pp. 1016-1029. (in Russian).
- 4 Shtefan V.I., Shtefan E.V., Lutchenko V.G., Lutchenko T.V. Formation of a development strategy for an enterprise that is part of an integrated structure. Voronezh, 2016. (in Russian).
- 5 Minakova I., Babenko I.V. Inventory management as the most important factor in ensuring the effective functioning of economic entities. Innovative economy: prospects for development and improvement. 2017. no. 7 (25). pp. 117-122. (in Russian).
- 6 Gerasimenko O.V. Sustainable financial condition of an agricultural enterprise - a condition for its continuous and effective functioning. Scientific support of the agro-industrial complex. 2016. pp. 668-669. (in Russian).
- 7 Kiselnikov E.A., Sorochaikin A.N., Tyukavkin N.M. Evaluation of the strategy for improving the efficiency of the functioning of mechanical engineering enterprises based on capitalization of profits. Bulletin of the Samara State University. 2013. no. 4 (105). pp. 34-42. (in Russian).
- 8 Leonov O.A., Temasova G.N., Shkaruba N.Zh., Vergazova Yu.G. Methodology for calculating the effectiveness of the functioning of the quality management system. Competence. 2020. no. 3. pp. 26-31. (in Russian).
- 9 Bondareva G.I., Leonov O.A., Shkaruba N.Zh., Vergazova Yu.G. Evaluation of the economic efficiency of the functioning of the quality management system at repair enterprises. Scientific result. Business and service technologies. 2016. vol. 2. no. 1 (7). pp. 51-56. (in Russian).
- 10 Preobrazhensky Yu.P. On the possibilities of increasing the efficiency of the functioning of modern companies. Actual problems of development of economic entities, territories and systems of regional and municipal management. 2018. pp. 215-218. (in Russian).
- 11 Gadzhiev M.M., Buchaev Y.G. Efficiency assessment of enterprise innovation activities. Life Science Journal. 2014. vol. 11. no. 10. pp. 581-586.

12 Liang M., Xin Z., Yan D.X., Jianxiang F. How to improve employee satisfaction and efficiency through different enterprise social media use. *Journal of Enterprise Information Management*. 2020. doi: 10.1108/JEIM-10-2019-0321

13 Biliyavskiy V.M., Biliavska J.V. Evaluation of personal career management efficiency of trade enterprise employees. 2014.

14 Kazakov O.S., Kamoliddinov I.M. Some questions of increase of efficiency in activity enterprise subjects. *Journal of Central Asian Social Studies*. 2021. vol. 2. no. 01. pp. 160-169. doi: 10.37547/jcass/volume02issue01-a24

15 Chichenkov I., Faizullin R. Development of a KPI system for pig farms based on the criteria for evaluating the efficiency of the enterprise. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2020. vol. 548. no. 2. pp. 022019.

16 Zhang R.L., Liu X.H. Evaluating ecological efficiency of Chinese industrial enterprise. *Renewable Energy*. 2021. vol. 178. pp. 679-691. doi: 10.1016/j.renene.2021.06.119

17 Dragan O., Berher A., Pustovit J. Estimation of marketing price policy efficiency of the enterprise of meat-processing industry. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*. 2018. vol. 40. no. 2. pp. 175-186.

18 Lazarevna P.A., Nikolaevna K.S., Alekseevna V.V., Konstantinovich Y.E. Digitalization tools in ensuring the efficiency of the enterprise activity. *Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference*. 2020. pp. 1-4. doi: 10.1145/3388984.3390641

19 Yakubiv V., Yakubiv R., Maksymiv Y., Hryhoruk I. et al. Assessment of efficiency of agricultural enterprise management: methods and trend analysis. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*. 2020. vol. 7. no. 3. pp. 19-26.

20 Wei J.Y., Zhao X.Y., Sun X.S. The evaluation model of the enterprise energy efficiency based on DPSR. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019. vol. 26. no. 17. pp. 16835-16846. doi: 10.1007/s11356-017-9096-0

Сведения об авторах

Виктор Г. Лутченко к.т.н., заместитель начальника отдела системного анализа, АО «ВНИИ «Вега», Московский проспект 7Б, г. Воронеж, 394026, Россия, 180@vniivega.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7626-9725>

Александр И. Хорев д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, al.khorev@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>

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, bgv@vsuet.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4427-9587>

Людмила Л. Адраховская ассистент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, adrakhovskaya9696@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3843-3317>

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

Viktor G. Lutchenko Cand. Sci. (Engin.), deputy head of system analysis, JSC Vega, Moscow Avenue, 7-B, Voronezh, 394036, Russia, 180@vniivega.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7626-9725>

Aleksandr I. Khorev Dr. Sci. (Econ.), professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, al.khorev@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>

Galina V. Beliaeva Dr. Sci. (Econ.), professor, theory of economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, bgv@vsuet.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4427-9587>

Lyudmila L. Adrakhovskaya assistant, theory of economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, adrakhovskaya9696@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3843-3317>

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 22/12/2021	После редакции 24/01/2022	Принята в печать 15/02/2022
Received 22/12/2021	Accepted in revised 24/01/2022	Accepted 15/02/2022

Анализ инновационной активности сельского хозяйства в Кабардино-Балкарской Республике



Милана А. Дзуганова¹ m.koshieva@mail.ru  0000-0002-0081-9337
Ирина Ш. Дзахмишева¹ irina_dz@list.ru  0000-0002-7324-5338

¹ Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в., г. Нальчик, 360030, Россия

Аннотация. В научной статье определено, что мировой экономический кризис, политические и экономические ограничения, всевозможные санкции и контр санкции стали катализатором активного роста конкурентоспособности сельского хозяйства, стимулом для дальнейшего развития инновационной деятельности в АПК, обеспечения продовольственной безопасности страны и реализации политики импортозамещения. Агропромышленный комплекс Кабардино-Балкарской Республики обладает достаточными природными ресурсами и уникальными климатическими условиями. Однако, что в аграрном секторе экономики Кабардино-Балкарской Республики наблюдается ряд чрезвычайных проблем, связанных с применением устоявшихся высоко расходных технологий, принципов, а также технических средств. В этой связи, актуализируется инициация инновационной деятельности, способствующей поступательному усилению эффективности функционирования агропромышленного комплекса Кабардино-Балкарской Республики. Проведен анализ инновационной деятельности сельского хозяйства, и разработка доминантных направлений повышения эффективности функционирования сельскохозяйственных предприятий в Кабардино-Балкарской Республике. Совокупный уровень инновационной активности организаций сельского хозяйства Кабардино-Балкарской Республики составил 10,3 % в 2020 году. Доля организаций, занимающиеся внедрением технологических инноваций, в общей численности всех организаций в Кабардино-Балкарской Республике составила 15,0 %. Так, в Кабардино-Балкарской Республике реализуются мероприятия по возведению высокотехнологического тепличного комплекса с системой непрерывного цикла производства овощных культур. Все это свидетельствует о положительных, но не достаточных, сдвигах в инновационном развитии экономики агропромышленного комплекса Кабардино-Балкарской Республики. Производственная деятельность в сельскохозяйственной отрасли Кабардино-Балкарской Республики стремительно развивается в условиях формирования благоприятной конъюнктуры, совершенствования экономических условий в сельскохозяйственной отрасли. С позиции потенциальных ресурсных возможностей доминантные направления повышения эффективности функционирования сельскохозяйственных предприятий Кабардино-Балкарской Республики должны быть основаны на поэтапном сбалансированном решении задач сохранения благоприятной окружающей среды, применении природно-ресурсного потенциала, интеллектуальных ресурсов и высокотехнологических интенсивных и ресурсосберегающих современных производств в целях удовлетворения потребностей населения в экологически чистой продукции.

Ключевые слова: анализ, сельское хозяйство, инновации, инновационная деятельность, высокотехнологичное производство

Analysis of innovative activity of agriculture in the Kabardino-Balkarian republic

Milana A. Dzuganova¹ m.koshieva@mail.ru  0000-0002-0081-9337
Irina Sh. Dzakhmishcheva¹ irina_dz@list.ru  0000-0002-7324-5338

¹ Kabardino-Balkarian state agricultural university of V.M. Kokov, Lenin Ave., 1 of century, Nalchik, 360030, Russia

Abstract. The scientific article determines that the global economic crisis, political and economic restrictions, various sanctions and counter-sanctions have become a catalyst for the active growth of the competitiveness of agriculture, an incentive for the further development of innovation in the agro-industrial complex, ensuring the country's food security and implementing the import substitution policy. The agro-industrial complex of the Kabardino-Balkarian Republic has sufficient natural resources and unique climatic conditions. However, in the agricultural sector of the economy of the Kabardino-Balkarian Republic, there are a number of extraordinary problems associated with the use of well-established high-expenditure technologies, principles, and technical means. In this regard, the initiation of innovative activities is being updated, contributing to the progressive strengthening of the efficiency of the functioning of the agro-industrial complex of the Kabardino-Balkarian Republic. An analysis of the innovative activity of agriculture was carried out, and the development of dominant directions for improving the efficiency of agricultural enterprises in the Kabardino-Balkarian Republic was carried out. The total level of innovative activity of agricultural organizations in the Kabardino-Balkarian Republic amounted to 10.3% in 2020. The share of organizations involved in the introduction of technological innovations in the total number of all organizations in the Kabardino-Balkarian Republic amounted to 15.0%. Thus, in the Kabardino-Balkarian Republic, measures are being taken to build a high-tech greenhouse complex with a system of continuous vegetable production cycle. All this indicates positive, but not sufficient, shifts in the innovative development of the economy of the agro-industrial complex of the Kabardino-Balkarian Republic. Production activity in the agricultural sector of the Kabardino-Balkarian Republic is rapidly developing in the conditions of the formation of a favorable conjuncture, improvement of economic conditions in the agricultural sector. From the standpoint of potential resource opportunities, the dominant directions for improving the efficiency of the functioning of agricultural enterprises in the Kabardino-Balkarian Republic should be based on a phased balanced solution to the problems of preserving a favorable environment, the use of natural resource potential, intellectual resources and high-tech intensive and resource-saving modern industries in order to meet the needs of the population in environmentally friendly products..

Keywords: analysis, agriculture, innovation, innovative activity, high-tech production

Для цитирования

Дзуганова М.А., Дзахмишева И.Ш. Анализ инновационной активности сельского хозяйства в Кабардино-Балкарской Республике // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 372–378. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-372-378

For citation

Dzuganova M.A., Dzakhmishcheva I.S., Analysis of innovative activity of agriculture in the Kabardino-Balkarian republic. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 372–378. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-372-378

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

Введение

Сельское хозяйство представляется приоритетной отраслью экономики Кабардино-Балкарской Республики и России в целом. Сельское хозяйство является сырьевой базой для большого количества отраслей промышленности и обеспечивает продовольственную безопасность государства.

В условиях мирового экономического кризиса, политических и экономических ограничений, пандемии, всевозможных санкций и контр санкций политика Российской Федерации направлена на становление и укрепление АПК для обеспечения продовольственной безопасности страны и реализации политики импортозамещения. Экономические санкции стали катализатором активного роста конкурентоспособности сельского хозяйства, стимулом для дальнейшего развития инновационной деятельности в АПК и предотвращения возможного дефицита на отечественном рынке сельскохозяйственной продукции.

Агропромышленный комплекс Кабардино-Балкарской Республики обладает достаточными природными ресурсами и уникальными климатическими условиями. Однако, что в аграрном секторе экономики Кабардино-Балкарской Республики наблюдается ряд чрезвычайных проблем, связанных с применением устоявшихся высоко расходных технологий, принципов, а также технических средств. В этой связи, актуализируется инициация инновационной деятельности, способствующей поступательному усилению эффективности функционирования агропромышленного комплекса Кабардино-Балкарской Республики.

Целью научной работы является исследование инновационной деятельности сельского хозяйства, и разработка доминантных направлений повышения эффективности функционирования сельскохозяйственных предприятий в Кабардино-Балкарской Республике.

Объекты и методы

Объектом исследования является сельское хозяйство Кабардино-Балкарской Республике. На стадии исследования использовались современные методы: системный, статистический, экономико-математический, диалектический; формально-логический, сравнительный.

Результаты и обсуждение

Обобщая мнения большинства современных экономистов [1–13] под эффективностью функционирования сельскохозяйственного производства понимаем повышение результативности экономической деятельности, внутреннюю экономичность ресурсов, продовольственную безопасность,

социальную и экономическую стабильность, полученную в результате усиления инновационной деятельности. Усиление инновационной деятельности должно обеспечить рост конкурентоспособности сельскохозяйственных производителей и скорейшую окупаемость инвестиций.

Анализ современного экономического развития сельского хозяйства [14] показал, что в аграрном секторе экономики Кабардино-Балкарской Республики наблюдается ряд чрезвычайных проблем, в том числе: техническое и технологическое отставание сельскохозяйственной деятельности по причине недостаточной степени доходности сельхозпроизводителей в целях осуществления процессов модернизации и повсеместного перехода к совершенному инновационному развитию; абсолютно неравные конкурентные условия, представленные отечественным и зарубежным сельхозпроизводителям, напрямую связанные с объемами проявляемой поддержки со стороны государственных органов власти, так и с макроэкономическими условиями хозяйственной деятельности; постоянное сокращение сельскохозяйственных угодий по причине выбытия из сельскохозяйственного оборота земельных угодий и нарастающая проблема поддержки и восстановления качества почвенного плодородия; ограниченный или заблокированный доступ сельхозпроизводителей к рынку в условиях слабо развитой инфраструктуры, несовершенства кооперации в производственной сфере и реализации продукции сельского хозяйства; замедленные темпы роста и развития сельских территорий, чрезвычайно низкая социальная оценка труда работников в сельскохозяйственном производстве, весьма слабое развитие альтернативных видов хозяйствования, крайне недостаточное ресурсное обеспечение и финансирование на всех уровнях производственной деятельности; недостаток высококвалифицированных кадров в сельскохозяйственной деятельности.

Вместе с тем, Кабардино-Балкарская Республика располагает достаточными природными ресурсами и уникальными климатическими условиями, которые при более полном, рациональном и эффективном применении земельных ресурсов, включая высокоплодородные участки земли, почву и агроклиматические преимущественные особенности с одновременным созданием благоприятного инвестиционного климата, смогут содействовать развитию и эффективному функционированию отрасли, стабильному повышению уровня многоотраслевого развития, достаточно высокой занятости, устойчивому

росту уровня и повышению качества жизни населения, а также его доведение до высокого и достойного уровня. Однако, устоявшие формы его ведения сформированы на высокорасходных методах, устаревших технологиях, принципах, а также технических средствах [15].

Совокупный уровень инновационной активности организаций Кабардино-Балкарской Республики составил 10,3% в 2020 году, 4,4% – в Северо-Кавказском федеральном округе и 12,8% – в целом по Российской Федерации. Среди всех субъектов РФ по представленному показателю КБР занимает 45 место. Доля организаций, занимающиеся внедрением технологических инноваций, в общей численности всех организаций в Кабардино-Балкарской Республике составила 15,0%, в Северо-Кавказском федеральном округе – 7,3%, России в целом – 19,8%. По результатам проведенного ранжирования на основе данного показателя обнаружено, что Кабардино-Балкарская Республика стоит на втором месте среди субъектов Северо-Кавказского федерального округа и занимает 50 место в целом по России.

Затраты на технологические инновации в сельском хозяйстве составили 21960,5 млн руб. (рисунок 1) в том числе на выращивание однолетних культур 13307,3 млн руб., многолетних культур – 46,2 млн руб., рассады – 219,1 млн руб. (рисунок 1). Затраты на технологические инновации в Кабардино-Балкарской Республике

составили 326 млн руб. или 1% от валового объема отгруженных товаров, выполненных работ, оказанных услуг, в Северо-Кавказском федеральном округе – 7142,4 млн руб. (0,8%), в РФ – 1472822,3 млн руб. (2,1%). По показателю затрат на технологические инновации Кабардино-Балкарская Республика стоит на третьем месте среди субъектов Северо-Кавказского федерального округа. Из них 0,4% направлены на разработки и исследовательскую деятельность, 94,7% затрачено на исследования и 4,8% – на инжиниринг (рисунок 2).

Затраты на продуктовые инновации в сельском хозяйстве составили – 6027,9 млн руб., в том числе на выращивание однолетних культур 3067,9 млн руб., выращивание рассады – 12,1 млн руб. (рисунок 1).

Затраты на процессные инновации в сельском хозяйстве составили – 15932,6 млн руб. в том числе на выращивание однолетних культур 10239,4 млн руб., многолетних культур 46,2 млн руб., выращивание рассады – 207 млн руб. (рисунок 1).

Расходы на инновации из собственных средств организаций в сельском хозяйстве составили 45,6%. Из федерального бюджета затраты на инновации составили 4,7%; из бюджета субъектов РФ – 0,6%; иностранные инвестиции, источником происхождения которых является ЕС – 0,4%, прочие средства – 48,7% (рисунок 3).



Рисунок 1. Затраты на процессные инновации в сельском хозяйстве Кабардино-Балкарской Республики в 2020 г., млн р

Figure 1. Expenditures on process innovations in agriculture in the Kabardino-Balkarian Republic in 2020, million rubles

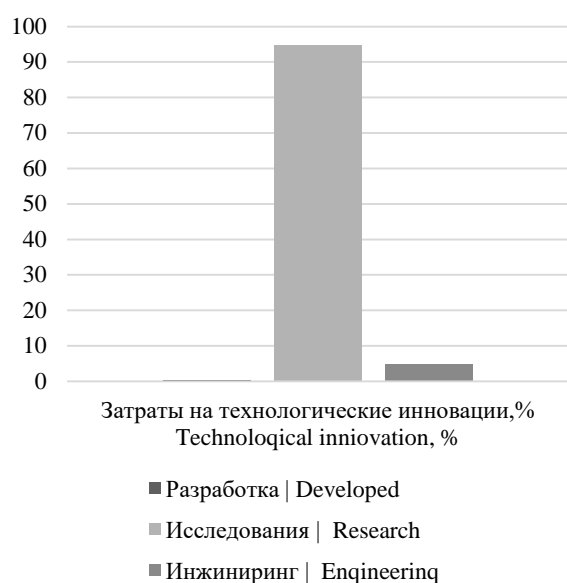


Рисунок 2. Распределение затрат на технологические инновации в Кабардино-Балкарской Республике в 2020 г., %

Figure 2. Distribution of costs for technological innovations in the Kabardino-Balkarian Republic in 2020, %

Заклучение

Совокупный уровень инновационной активности организаций сельского хозяйства Кабардино-Балкарской Республики составил 10,3% в 2020 году. Доля организаций, занимающиеся внедрением технологических инноваций, в общей численности всех организаций в Кабардино-Балкарской Республике составила 15,0%. Так, в Кабардино-Балкарской Республике реализуются мероприятия по возведению высокотехнологичного тепличного комплекса с системой непрерывного цикла производства овощных культур. Все это свидетельствует о положительных, но не достаточных, сдвигах в инновационном развитии экономики агропромышленного комплекса Кабардино-Балкарской Республики.

Производственная деятельность в сельскохозяйственной отрасли Кабардино-Балкарской Республики стремительно развивается в условиях формирования благоприятной конъюнктуры, совершенствования экономических условий в сельскохозяйственной отрасли России посредством реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717.

С позиции потенциальных ресурсных возможностей доминантные направления повышения эффективности функционирования

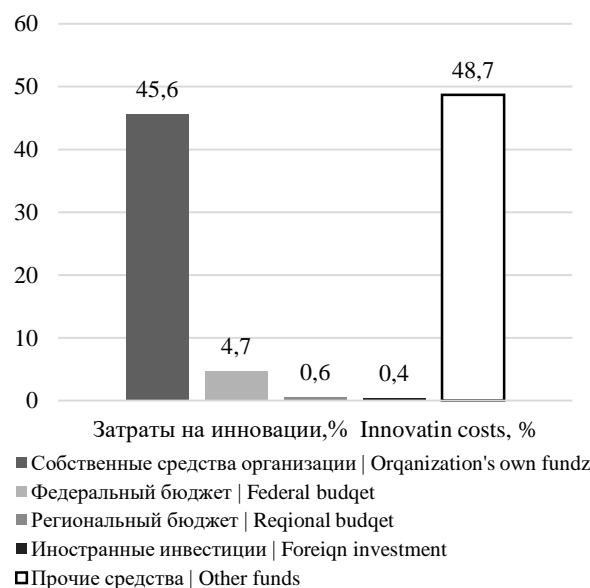


Рисунок 3. Источники затрат на инновации в сельском хозяйстве Кабардино-Балкарской Республики в 2020 г.

Figure 3. Sources of costs for innovation in agriculture in the Kabardino-Balkarian Republic in 2020

сельскохозяйственных предприятий Кабардино-Балкарской Республики должны быть основаны на поэтапном сбалансированном решении задач сохранения благоприятной окружающей среды [16], применении природно-ресурсного потенциала [17, 18], интеллектуальных ресурсов и высокотехнологических интенсивных и ресурсосберегающих современных производств [19] в целях удовлетворения потребностей населения в экологически чистой продукции.

Совершенствование отечественных и мировых селекционных работ [20, 21], образование новых сортов отраслевых культур с высокой продуктивностью, эффективное использование площадей сельскохозяйственного назначения и внедрение технологий ресурсосбережения будут способствовать повышению конкурентоспособности отрасли растениеводства. Инновационные разработки в сфере механизации, электрификации и автоматизации должны обозначить курс на переход от экстенсивного к интенсивному методу создания новой сельскохозяйственной техники для реализации принципиально новых технологий в сельском хозяйстве и перерабатывающих отраслях, которые призваны повысить эффективность инновационных технологий [22, 23]. Приоритетные направления заключаются во внедрении высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур, дающих лучшее качество продукции при большей урожайности, в разработке системы земледелия (биологизация земледелия),

в освоении малозатратных энергосберегающих и интенсивных технологий возделывания основных сельскохозяйственных культур, которые основываются на использовании оптимальных норм высева, удобрений и интегрированной системе защиты посевов от вредных организмов, обеспечивающих дополнительный урожай сельскохозяйственных культур. и др.

Для сохранения перспективных источников финансирования следует обеспечить поддержку государства, особенно на заключительном этапе освоения инновации (из-за недостаточной платежеспособности товаропроизводителей). Существенными источниками финансирования растениеводческой отрасли должны стать средства из федерального, региональных и местных бюджетов, средства налога на землю юридических и физических лиц, субсидии, кредиты, лизинг, целевые инвестиционные фонды, иностранные заемные и привлеченные средства, вклады совместных и иностранных предприятий, отсрочка платежных средств под вексель и другие ценные бумаги с надлежащими гарантиями, внебюджетные (собственные) средства организаций, товарный кредит и другие.

Существенную роль здесь принадлежит личным подсобным хозяйствам населения и крестьянским (фермерским) хозяйствам, имеющие возможность частичной компенсации потери всех доходов от функционирующих коллективных хозяйств [24].

Ценообразование на продукцию науки и техники должно отвечать требованиям повышения инновационной активности в научно-технической деятельности и в производстве, стимулировать развитие инновационных процессов на всех стадиях на основе создания взаимного интереса всех его участников [25–27]. Организациям, осуществляющим инновационную деятельность, необходимо предоставлять четкую систему льгот по налогам, определить меры стимулирования инновационной деятельности на основе мотивации и заинтересованности работников. Важное значение имеют развитие инновационного предпринимательства во всех его формах как способа укрепления рыночных отношений в научно-технической сфере сельского хозяйства и создание благоприятного инвестиционного климата с рациональным сочетанием государственного финансирования науки.

Литература

- 1 Шафранов А.Д. Экономический рост и эффективность производства // Вестник Брянского государственного университета. 2015. № 1.
- 2 Штеле Е.А., Вечерковская О.Б. К вопросу о понятии "эффективность" // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. № 5 (464).
- 3 Борисюк Н.К., Солдатова Л.А., Масюкова Т.Г. Экономическая эффективность предприятия: понятие, способы определения, особенности повышения // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2017. № 8. С. 14–19.
- 4 Бородин А.И. Экономическая эффективность предприятия как фактор его устойчивого развития. М.: Финансы и статистика. 2019.
- 5 Ермаков Г.П. Критерии и показатели эффективности // Научный вестник Технологического института филиала ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина. 2013. № 12. С. 90–98.
- 6 Слободняк И.А., Таровых А.О. К вопросу о сущности категории «эффективность» // Международный бухгалтерский учет. 2014. № 18 (312).
- 7 Евдокимова Т.В. Анализ генезиса теоретических подходов к понятию и оценке эффективности // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2013. № 3. С. 22–27.
- 8 Хаджаев Р.Ш., Никонова И.М. Эволюция сущности понятия «эффективность предпринимательской деятельности» и ее особенности в медиабизнесе региона // Вестник Балтийского государственного университета им. И. Канта. Сер.: Гуманитарные и общественные науки. 2013. № 3. С. 34–40.
- 9 Шабашев В.А., Батиевская В.Б. Генезис и классификация понятия «экономическая эффективность» // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2014. № 2. С. 183–189.
- 10 Лимарева Ю.А., Лимарев П.В. Эволюция категории «эффективность» в экономической науке // *Universum: экономика и юриспруденция*. 2014. № 4. С. 10–22. URL: [Link/Limarev% D0% B0.pdf](#)
- 11 Рыжкова Т.В. Теоретические аспекты экономической оценки эффективности деятельности предприятий // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2013. № 4. С. 201–205.
- 12 Васин С.М., Мамонова О.А. Природа и сущность понятия эффективности системы управления предприятием // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2012. № 4. С. 229–233.
- 13 Дзахмишева И.Ш., Акбашева А.А. Теоретические представления об эффективности функционирования растениеводческой отрасли // Проблемы развития АПК региона. Махачкала. 2018. С. 173–182.
- 14 Дзахмишева И.Ш., Кошиева М.А. Анализ динамики производства картофеля и овощебахчевых культур в КБР // Тенденции развития науки в современном обществе: материалы научно-практической конференции. Нальчик, Принт-Центр. 2015. С. 33–48.
- 15 Дзахмишева И.Ш., Дзуганова М.А. Модернизация и стимулирование инновационного развития растениеводства // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия Интеграционного взаимодействия» посвященной 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова г. Нальчик, Кабардино-Балкарский ГАУ. Часть 2. С. 52–56.

- 16 Дзахмишева И.Ш., Кошиева М.А. Модель формирования приоритетных направлений повышения эффективности функционирования растениеводческого подкомплекса АПК // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2. С. 78–82.
- 17 Кравченко Т.С. Стратегические направления развития инновационной деятельности в отрасли растениеводства // *Региональная экономика: теория и практика*. 2014. №. 21.
- 18 Якубович Е.Н., Келеметов Э.М. Приоритетные направления повышения эффективности сельского хозяйства // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2019. №. 11. С. 124–133.
- 19 Дзахмишева И.Ш., Кошиева М.А. Факторы повышения эффективности производства плодоовощного комплекса АПК // *Фундаментальные исследования*. 2014. Т. 9. № 11. С. 2032–2036.
- 20 Дзахмишева И.Ш., Кошиева М.А. Стратегия экономического развития плодоовощного комплекса Кабардино-Балкарской республики // *Фундаментальные исследования*. 2014. Т. 4. № 12. С. 799–803.
- 21 Баутин В.М., Дзахмишева И.Ш., Чернышова С.И., Занин А.Н. и др. Совершенствование направлений развития региональной экономической системы // *Научно-практический и методический журнал ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. Серия Инновационная экономика: человеческое измерение*. 2017. № 11. С. 38–45.
- 22 Баутин В.М., Филатова М.В., Дзахмишева И.Ш., Акбашева А.А. Основные направления повышения эффективности использования земельных ресурсов в Карачаево-Черкесской Республике // *Вестник Белгородского университета*. 2018. № 3. С. 56–72.
- 23 Дзахмишева И.Ш., Акбашева А.А. Стратегические направления технической модернизации растениеводства в Карачаево-Черкесской Республике // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – Продукты здорового питания*. 2017. № 5(19). С. 124–131.
- 24 Парфенова А.Ю., Юкласова А.В. К вопросу о понятии «инновации» // *Московский экономический журнал*. 2019. №. 8.
- 25 Neely A., Bourne M., Mills J., Platts K. et al. *Getting the Measure of Your Business*. Cambridge University Press, 2002. 151 p.
- 26 Lebas M., Euske K. A conceptual and operational delineation of performance // *Business performance measurement: Theory and practice*. 2002. P. 65-79.
- 27 Nesterak J., Ziębicki B. *Performance Management. Concepts and Methods*. Cracow: Cracow University of Economics Foundation, 2011. 252 p.

References

- 1 Shafronov A.D. Economic growth and production efficiency. *Bulletin of the Bryansk State University*. 2015. no. 1. (in Russian).
- 2 Shtele E.A., Vecherkovskaya O.B. On the concept of "efficiency". *Economic analysis: theory and practice*. 2017. vol. 16. no. 5 (464). (in Russian).
- 3 Borisjuk N.K., Soldatova L.A., Masyukova T.G. Economic efficiency of the enterprise: concept, methods of definition, features of increase. *Intellect. Innovation. Investments*. 2017. no. 8. pp. 14–19. (in Russian).
- 4 Borodin AI Economic efficiency of the enterprise as a factor of its sustainable development. *Moscow, Finance and statistics*. 2019. (in Russian).
- 5 Ermakov G.P. Criteria and performance indicators. *Scientific Bulletin of the Technological Institute-branch of the Ulyanovsk State Agricultural Academy named after. PA Stolypin*. 2013. no. 12. pp. 90–98. (in Russian).
- 6 Slobodnyak I.A., Tarovykh A.O. To the question of the essence of the category "efficiency". *International accounting*. 2014. no. 18 (312). (in Russian).
- 7 Evdokimova T.V. Analysis of the genesis of theoretical approaches to the concept and evaluation of effectiveness. *Tomsk State University Bulletin. Economy*. 2013. no. 3. pp. 22–27. (in Russian).
- 8 Khadzhaev R. Sh., Nikonova I.M. The evolution of the essence of the concept of "efficiency of entrepreneurial activity" and its features in the media business of the region. *Bulletin of the Baltic State University. I. Kant. Ser.: Humanitarian and social sciences*. 2013. no. 3. pp. 34–40. (in Russian).
- 9 Shabashev V.A., Batievskaya V.B. Genesis and classification of the concept of "economic efficiency". *Bulletin of the Siberian State Aerospace University named after Academician M.F. Reshetnev*. 2014. no. 2. pp. 183–189. (in Russian).
- 10 Limareva Yu. A., Limarev P.V. Evolution of the category "efficiency" in economic science. *Universum: Economics and Jurisprudence*. 2014. no. 4. pp. 10–22. Available at: [Link/Limarev% D0% B0.pdf](#) (in Russian).
- 11 Ryzhkova T.V. Theoretical aspects of the economic evaluation of the efficiency of enterprises. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik*. 2013. no. 4. pp. 201–205. (in Russian).
- 12 Vasin S.M., Mamonova O.A. The nature and essence of the concept of efficiency of the enterprise management system. *Vector of science of Togliatti State University*. 2012. no. 4. pp. 229–233. (in Russian).
- 13 Dzakhmisheva I. Sh., Akbashaeva A.A. Theoretical ideas about the effectiveness of the functioning of the crop industry. *Problems of development of the agro-industrial complex of the region. Makhachkala*, 2018. pp. 173–182. (in Russian).
- 14 Dzakhmisheva I. Sh., Koshieva M.A. Analysis of the dynamics of the production of potatoes and melons and vegetables in the KBR. *Proceedings of the scientific-practical conference "Trends in the development of science in modern society"*. Nalchik, Print Center, 2015. pp. 33–48. (in Russian).
- 15 Dzakhmisheva I. Sh., Dzuganova M.A. Modernization and stimulation of innovative development of crop production. *Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference "Science, education and business: a new look or strategy for integration interaction" dedicated to the 80th anniversary of the birth of the first President of the Kabardino-Balkarian Republic Valery Mukhamedovich Kokov, Nalchik, Kabardino-Balkarian State Agrarian University. Part 2*. pp. 52–56. (in Russian).

16 Dzakhmisheva I. Sh., Koshieva M.A. A model for the formation of priority directions for increasing the efficiency of the functioning of the crop subcomplex of the agro-industrial complex. *Fundamental research*. 2015. vol. 1. no. 2. pp. 78–82. (in Russian).

17 Kravchenko T.S. Strategic directions for the development of innovative activities in the crop industry. *Regional economy: theory and practice*. 2014. no. 21. (in Russian).

18 Yakubovich E.N., Kelemetov E.M. Priority directions for improving the efficiency of agriculture. *Economics, labor, management in agriculture*. 2019. no. 11. pp. 124–133. (in Russian).

19 Dzakhmisheva I. Sh., Koshieva M.A. Factors for increasing the efficiency of production of the fruit and vegetable complex of the agro-industrial complex. *Fundamental research*. 2014. vol. 9. no. 11. pp. 2032–2036. (in Russian).

20 Dzakhmisheva I.Sh., Koshieva M.A. Economic Development Strategy of the Fruit and Vegetable Complex of the Kabardino-Balkarian Republic. *Fundamental Research*. 2014. vol. 4. no. 12. pp. 799–803. (in Russian).

21 Bautin V.M., Dzakhmisheva I. Sh., Chernyshova S.I., Zanin A.N. et al. Improving the directions of development of the regional economic system. *Scientific-practical and methodological journal FES: Finance. Economy. Strategy. Series Innovative Economy: Human Dimension*. 2017. no. 11. pp. 38–45. (in Russian).

22 Bautin V.M., Filatova M.V., Dzakhmisheva I. Sh., Akbasheva A.A. The main directions for improving the efficiency of land use in the Karachay-Cherkess Republic. *Bulletin of the Belgorod University*. 2018. no. 3. pp. 56–72. (in Russian).

23 Dzakhmisheva I. Sh., Akbasheva A.A. Strategic directions of technical modernization of crop production in the Karachay-Cherkess Republic. *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – Healthy food products*. 2017. no. 5(19). pp. 124–131. (in Russian).

24 Parfenova A. Yu., Yuklasova A.V. On the issue of the concept of “innovation”. *Moscow Economic Journal*. 2019. no. 8. (in Russian).


25 Neely A., Bourne M., Mills J., Platts K. et al. *Getting the Measure of Your Business*. Cambridge University Press, 2002. 151 p.

26 Lebas M., Euske K. A conceptual and operational delineation of performance. *Business performance measurement: Theory and practice*. 2002. pp. 65–79.


27 Nesterak J., Ziębicki B. *Performance Management. Concepts and Methods*. Cracow, Cracow University of Economics Foundation, 2011. 252 p.

Сведения об авторах

Милана А. Дзуганова зав. лаборатории, кафедра товароведения, туризма и права, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр-т 1в., г. Нальчик, 360030, Россия, m.koshieva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0081-9337>

Ирина Ш. Дзахмишева д.э.н., профессор, кафедра товароведения, туризма и права, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в., г. Нальчик, 360030, Россия, irina_dz@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7324-5338>

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

Milana A. Dzuganova Head laboratories of the, department of merchandizing, tourism and right, Kabardino-Balkarian State Agricultural University of V.M. Kokov, Lenin Ave., 1 of century, Nalchik, 360030, Russia, m.koshieva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0081-9337>

Irina Sh. Dzakhmisheva Dr. Sci. (Econ.), professor, merchandizing, tourism and right department, Kabardino-Balkarian State Agricultural University of V.M. Kokov, Lenin Ave., 1 of century, Nalchik, 360030, Russia, irina_dz@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7324-5338>

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 27/12/2021	После редакции 08/02/2022	Принята в печать 03/03/2022
Received 27/12/2021	Accepted in revised 08/02/2022	Accepted 03/03/2022



Инновационная состоятельность: формирование понятия и критериев оценки

Галина С. Мерзликina¹merzlikina@vstu.ru 0000-0001-5877-9342Наталья О. Могхарбел¹natalya.mogharbel@ya.ru 0000-0002-0150-2438¹ Волгоградский государственный технический университет, пр-т Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Россия

Аннотация. Инновационное развитие априори определяет жизнеспособность и успешность любой экономической системы; в настоящее время роль инноваций в экономической деятельности столь велика, что экономику называют инновационной. На основе анализа отечественной и зарубежной научной литературы выявлена проблема оценки результативности инновационного развития. Существующие статистически-наблюдаемые показатели оценивают условия, ресурсы, результаты инновационных процессов; сопоставление показателей затруднено их разновременностью и разнообъектностью. Использование приемов проектного анализа и прогнозирования, методов оценки инновационных проектов не позволяет оценить перспективы инновационного развития системы в целом. Кроме того, выявлена неопределенность основных характеристик инновационного развития, говорят об «инновационной активности», «инновационной восприимчивости», «инновационной конкурентоспособности». Авторы предлагают оценивать результаты инновационного развития опираясь на «инновационную состоятельность». Было выявлено, что научных работ по оценке состоятельности немного (рассматривается экономическая, социальная, функциональная состоятельность, состоятельность менеджмента), а инновационной состоятельности посвящено только две работы российских авторов. В зарубежной научной литературе инновационная состоятельность не рассматривается, исследуются только проблемы жизнеспособности (viability) инноваций. Предложено авторское определение содержания понятия «инновационная состоятельность» – совокупность качеств, количеств, взаимосвязи элементов инновационной системы, существующих во времени и пространстве (теоретическое определение); для отдельной экономической системы (регион, предприятие) – это уровень управления, позволяющий ей успешно функционировать; это совокупность количественных и качественных характеристик, обеспечивающий ей устойчивую жизнеспособность и рационально активную инновационную деятельность; предложены критерии оценки инновационной состоятельности: инновационный потенциал, эффективность инновационной деятельности, соотношение «точки опоры» и «центра тяжести».

Ключевые слова: инновационное развитие, инновационная состоятельность, критерии оценки, экономическая система, инновации

Innovative viability: formation of the concept and evaluation criteria

Galina S. Merzlikina¹merzlikina@vstu.ru 0000-0001-5877-9342Natalia O. Mogharbel¹natalya.mogharbel@ya.ru 0000-0002-0150-2438¹ Volgograd State Technical University, Lenina avenue, 28, Volgograd, 400005, Russia

Abstract. Innovative development a priori determines the viability and success of any economic system; at present, the role of innovation in economic activity is so great that the economy is named innovative. Based on the analysis of domestic and foreign scientific literature, the problem of assessing the effectiveness of innovative development is revealed. Existing statistically observable indicators assess the conditions, resources, results of innovative processes; comparison of indicators is difficult due to their diversity of time and diversity of objects. The use of project analysis and forecasting techniques, methods for evaluating innovative projects does not allow assessing the prospects for the innovative development of the system as a whole. In addition, the uncertainty of the main characteristics of innovative development was revealed, they talk about «innovative activity», «innovative susceptibility», «innovative competitiveness». The authors propose to evaluate the results of innovative development based on «innovative viability». It was found that there are few scientific works on the assessment of solvency (economic, social, functional solvency, management solvency are considered), and only two works of Russian authors are devoted to innovative solvency. In the foreign scientific literature, only the problems of viability of innovations are studied. The author's definition of the content of the concept of «innovative viability» is proposed – a set of qualities, quantities, interconnections of the elements of the innovation system that exist in time and space (theoretical definition); for a separate economic system (region, enterprise) – this is the level of management that allows it to function successfully; it is a combination of quantitative and qualitative characteristics that ensures its sustainable viability and rationally active innovative activity; criteria for evaluating innovative viability are proposed: innovative potential, effectiveness of innovative activity, the ratio of the «fulcrum» and «center of gravity».

Keywords: innovative development, innovative viability, evaluation criteria, economic system, innovations

Введение

Двадцать первый век иногда называют веком инновационной экономики, именно инновации, активная инновационная деятельность может достичь и поддержать конкурентоспособность и страны, и региона, и предприятия.

Для цитирования

Мерзликina Г.С., Могхарбел Н.О. Инновационная состоятельность: формирование понятия и критериев оценки // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 379–387. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-379-387

Важнейшим источником конкурентного

преимущества, с позиций ресурсного подхода является уникальный набор ресурсов, ценных, неповторимых, основанных на инновациях. [1]. Новые времена требуют новых инновационных процессов, новых инструментов, нового оборудования, новых механизмов, новых знаний.

For citation

Merzlikina G.S., Mogharbel N.O. Innovative viability: formation of the concept and evaluation criteria. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 379–387. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-379-387

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

О новой значимости инноваций отмечает Mainzer K. [2]: о развитии инноваций по законам биологической эволюции, требующей форсированного создания инновационных продуктов (своего рода активизации создания «мутаций»).

Цифровая трансформация преобразовывает все отрасли народного хозяйства, особо следует отметить создание интеллектуального производства, которое основано на «китах» – всех видах инноваций (производственных, технологических, организационных, маркетинговых, финансовых и других). Инновационное развитие, современная «парадигма», как понятие, исследуется многими учеными; существуют различные определения [3–5]. Отмечая важность и суперактуальность инновационного развития необходимо признать, что оценивать результативность инновационной деятельности пока весьма сложно. Конечно, общеизвестны методики проектного анализа и прогнозирования, методы оценки инновационных проектов, но если говорить об инновационном развитии, процессе качественного преобразования, возникает проблема и оценки сущности данного явления и методологии самой оценки. Известные, статистически наблюдаемые показатели [6–9] сведены к оценке условий инновационной деятельности, оценке инновационного научно-исследовательского потенциала, оценке экспортной активности, оценке регионально инновационной политики, и оценке потенциала цифровизации. Набор показателей интересен познавательно, позволяет однозначно оценить деятельность, связанную с инновациями, однако не связан с понятием инновационное развитие (переход в новое качественное состояние). Необходимо новое понимание сущности инновационного развития.

В статье предлагается определение содержание понятия «инновационная состоятельность», как совокупность количественных и качественных характеристик инновационной деятельности, позволяющих экономической системе успешно функционировать. Понятие «экономическая состоятельность» было предложено Мерзликной Г.С., [10–11] были сформированы теоретические основы данного понятия и предложена методика оценки, но понятие «инновационная состоятельность» тогда еще не рассматривалось. Проведя анализ научной литературы по теме «состоятельность», выявлено, что состоятельность рассматривается как социальная [12], состоятельность менеджмента [13] производственная, рыночная, социальная, экологическая, финансовая состоятельность [14]. Понятию «инновационная состоятельность» посвящено

только две работы [15–16]. Понятие «инновационная состоятельность» в зарубежной научной литературе не рассматривается, исследуются только проблемы жизнеспособности (viability) инноваций [17–26], хотя, наверное, такой перевод слова «состоятельность» более чем удачен, ярко отражает целесообразность состоятельности – поддержание жизнеспособности.

Таким образом, необходимо новое осознание сущности инновационного развития и формирования новых понятий с ним связанных, в том числе определение содержания понятия «инновационная состоятельность», выявления критериев его оценки затем, в дальнейшем создания методического обеспечения для более объективной оценки результативности инновационных процессов.

Материалы и методы

Данное исследование основано на использовании основных положений теории экономики и управления предприятием, теории инновационной экономики, сбалансированного развития, научных основ антикризисного управления, теории оценки и управления стоимостью бизнеса, методах статистического наблюдения, анализа и измерения, методологии формирования капитала предприятия, представленных в научных публикациях зарубежных и российских ученых.

Обоснована возможность использования нового понятия – «инновационная состоятельность» экономической системы, выявлено, что существующие методы учета и анализа инновационной деятельности не всегда позволяют объективно оценить результаты и эффективность инновационной деятельности, предложены критерии оценки инновационной состоятельности. Дальнейшее развитие теории инновационной состоятельности предполагает формирование методического обеспечения (механизма, инструментов и методов оценки).

Результаты и обсуждение

Инновационное развитие и инновационная состоятельность. Понятие «инновационное развитие» активно обсуждается учеными, определяется содержание, предлагаются методики оценки. Инновационное развитие трактуется как предметно-технологический процесс (инновационная деятельность), как функциональный процесс (создание инноваций), как сочетание указанных двух предыдущих процессов. Но часто исследования инновационной деятельности ведутся по поиску «инновационной активности», «инновационной восприимчивости», «инновационной конкурентоспособности» и других понятий с прилагательным «инновационное».

Это говорит о том, что сущностное содержание понятия «инновационное развитие» пока не получило четкого, общепризнанного понимания и ведется поиск новых экономических понятий, позволяющих оценить эффективность и результативность инновационной деятельности.

Гладилин В.А., Бабина Е.Н. [27], рассматривая инновационную модель развития понимают под ней теоретическое обустройство экономического уклада (любой экономической системы), способствующее устойчивому функционированию инновационных основ ее развития, и определяемое, в настоящее время, уровнем развития информатизационных технологий. Определение несколько размытое и не позволяющее уточнить и сформулировать и цели и задачи инновационного развития и, на их основе, критерии и показатели оценки.

Инновационное развитие определяется как некое качественное изменение любой экономической системы на основе активной инновационной деятельности, т. е. предопределяется, что инновации в режиме «non stop» обеспечат и конкурентоспособность, и успех, и благосостояние любой экономической системы. Однако, инновационная деятельность обладает двумя важными характеристиками: необходимостью наличия значимых ресурсов (всех видов) и отдаленностью (во времени) результатов, что весьма затрудняет оценку эффективности инновационного развития как процесса. Необходим определенный баланс между возможностями и результативностью инновационной деятельности. По нашему мнению, искомый баланс можно достигнуть и поддерживать, опираясь на понятие «инновационная состоятельность», и соответствующие критерии и показатели.

Инновационной состоятельности в системе экономической состоятельности. Понятие «состоятельность» рассматривается в различных науках, экономике, статике, химии, математике, механике; сущностное содержание во всех определениях едино – это некое равновесное (достигнутое, достигаемое) (добавим от себя сбалансированное) состояние, как основа существования объекта.

Понятие экономической состоятельности впервые было рассмотрено в работах Мерзлякиной Г.С. [10–11], стимулом к развитию теории экономической состоятельности послужил обзор массовой хозяйственной практики банкротства (несостоятельности) предприятий. Научный поиск привел к необходимости уточнения понятия «экономическая состоятельность», поскольку ни в одном из трех редакций закона о несостоятельности (банкротстве) так и не было дано определения состоятельности. Возможно,

предполагалось, что понятие «экономическая состоятельность» родится как антоним несостоятельности (сущность которого сводится к утилитарной неплатежеспособности), но это не так. Был проведен анализ научной литературы по теме экономической состоятельности / несостоятельности, обобщен отечественный и зарубежный опыт и построена авторская теория экономической состоятельности – определение, критерии оценки, функциональные составляющие (производственная, рыночная, финансовая), разработана методика оценки экономической состоятельности, проведена ее апробация и сформулированы законы экономической состоятельности. Следует отметить, что за прошедшие двадцать лет теория экономической состоятельности развивалась в первую очередь по функциональным направлениям (социальная, управления), некоторые научные работы только уточняли заявленные результаты. Определено, что экономическая состоятельность – это некое сбалансированное экономическое развитие, адекватная по силам и возможностям способность к устойчивой жизнеспособности, определяемая совокупностью количественных и качественных характеристик.

К настоящему моменту времени немного научных работ посвящено этому понятию экономической состоятельности. Надеина Е.А. [13] говорит о состоятельности менеджмента, подразумеваемая способность достигать и поддерживать конкурентный статус и выполнять свои обязательства (рыночные, финансово-экономические, инновационные, социальные и управленческие). Следует отметить, что понятие состоятельности (применительно к управленческой состоятельности) однозначно определяется как некая сбалансированность целей, функций, сфер управления; т. е. состоятельность, по определению, предполагает поиск и поддержание сбалансированности, некоего равновесия. Голиков Н.А. [12] исследуя понятие социальной состоятельности, которое трактуется как соответствие (или несоответствие) социальных качеств индивида общепринятым социальным стандартам, рассматривает состоятельного индивида как обладающего конкурентоспособным человеческим капиталом (неким сбалансированным состоянием капиталов образования, культуры, гендера, здоровья). Романчин В.И. и Романчин С.В. [14] уделяют больше внимания не столько определению сущности понятия «состоятельность», сколько определяя составляющие ее компоненты и показатели: производственная (технологии, качество продукции), рыночная (деловая репутация, выручка), социальная (бюджетная эффективность), экологическая (выбросы, штрафы) финансовая (инвестиции, платежеспособность) состоятельность.

В работе Мерзликиной Г.С. [10] не была рассмотрена инновационная состоятельность, но позже [11] в перечне новых функциональных составляющих была заявлена. Инновационной состоятельности посвящены две работы. Шамова Е.А., Мыслякова Ю.Г. [15] предложили методику оценки инновационной состоятельности экспорта российских регионов и уточнили определение «инновационная состоятельность» применительно к региональному экспортеру; авторы опираются в определении инновационной состоятельности на два компонента: уровень развития инновационной составляющей в экспорте региона и уровень развития инновационных технологий в регион, сопоставляя тем самым состояние технологического развития региона и результативность инноваций (экспортная составляющая), таким образом, предпринята попытка «сбалансировать / сопоставить» эти два компонента. Мыслякова Ю.Г., Кислов Р.С. [16] заявили, что вводят в научный оборот новое понятие – «инновационная состоятельность», (хотя оно было заявлено ранее [11]), в работе дано уточненное определение понятия «инновационная состоятельность», трактуемое как инновационное благополучие, позволяющее предприятию успешно функционировать, сконцентрировав свою деятельность на создании и реализации инноваций. В этой же работе авторы попытались дифференцировать понятия инновационный потенциал инновационная активность, инновационная восприимчивость, именно в такой последовательности (как этапы эволюционного развития) и рассматривая их как отличительные особенности инновационной состоятельности. Обращает на себя внимание, некоторое разночтение в определении содержания понятия «инновационный потенциал» и определения его составляющих компонентов.

По сущностным положениям методологии оценки экономической состоятельности дополнительных исследований российских ученых пока не найдено.

В зарубежной экономической научной литературе понятие состоятельности, инновационной состоятельности в прямом чтении не встречается, но иногда идет речь о жизнеспособности (*viability*) инноваций, инновационной деятельности. И, как правило, проблемы жизнеспособности инноваций чаще обсуждаются инновационными менеджерами (практиками), нежели учеными.

Kristann Orton [17] рассматривая жизнеспособность инновационных процессов говорит о том, что идеальный инновационный процесс – это триединство желательности (нужен ли

новый товар / услуга потребителю, хороший предиктивный маркетинговый анализ), осуществимости (выполнимо ли для экономической системы, есть ли операционные возможности и преимущества, необходимость оценки технологий, финансов, брендинга, обслуживания клиентов, партнерских отношений) и жизнеспособности (возможна ли прибыльность, эффективна ли цепочка создания стоимости, возможна ли долгосрочная устойчивость). Anish Srivastava [18] предлагает многоаспектный подход при оценке жизнеспособности инноваций, обращая внимание на только коммерчески жизнеспособные инновации (должны быть измеримые результаты в форме ценности бизнеса, доходов и/или снижения затрат), и относится со здоровой долей скептицизма – к технологическому эффекту от инноваций, который часто отвлекает от общей картины и не способствуют «здоровью» и успеху организации и зачастую либо бывают списаны, либо нуждаются в «капитальном ремонте» (*need to undergo a complete overhaul*). Что предлагается для отбора только коммерчески жизнеспособных инноваций – проведение т.н. «ландшафтного анализа» (*landscape analysis*), используемом как комбинация карты и компаса для формирования инновационной стратегии, оценки угроз и возможностей, проверки концепций, «инкубацию» инновационных идей, выявления только уникальных стартапов.

Mario Scerri [19] формирует концепцию жизнеспособности инновационных систем, как инструмента оценки их состояния и эффективности, рассматривая биологическую основу понятия жизнеспособности, предполагающую рассматривать различные возможности выживания организма (конкретной национальной инновационной системы) или вымирания вида (класса систем), или возникновения нового вида, что позволяет исследовать эволюционные пути и «мутации» систем инноваций с течением времени в ответ на внутренние силы и изменения окружающей среды. В этой работе обращает на себя внимание, по нашему мнению, три вывода. Первый: определение значимости человеческого капитала по сравнению с финансовым, формируемым человеческим потенциалом, и предполагающим долгосрочные вложения (от материальных, социальных условий, формирования компетенций до активной инновационной работы). Второй: необходимость разработки нового инструментария оценки инновационного развития; предложены, например, кроме стандартных показателей в области НИОКР, индекс экономики знаний, глобальный инновационный

индекс, индекс управления, индекс восприятия коррупции и другие показатели. Третий: возможность привлечения к инновационной деятельности различных участников; в соответствии с инклюзивностью системы науки и техники, метафорой предложенной Kuhlmann, Stefan, Philip Shapira через «инновационный танец» (innovation dance) [20 – 21].

Priya Punatar, Amy Stewart [22] обсуждая финансовые инновационные решения, отмечают, что жизнеспособность (viable) – это способность бизнес-модели к долгосрочному росту, а инновационные решения желанными, осуществимыми и жизнеспособными (desirable, feasible, and viable). Emilia Saarelainen [23] изучая проблему экспериментирования (новые исследования, типа рандомизированных контролируемых в медицине, прототипирования в программировании, выявления минимально жизнеспособного продукта, minimum viable product, и других) как части инновационного процесса, отмечают, что пришло время переосмысления самого понятия «инновации», от понимания «преобразования идеи / изобретения в товар / услугу, создающее ценность» к поиску самой новой идеи (как самостоятельного этапа инновационного процесса), определена важность для инновационного процесса обучения персонала и хорошей аналитической работы.

Madis Talmar, Bob Walrave, Ksenia S Podoynitsyna, Jan Holmström, A Georges L Romme [24] представлен графический артефакт в виде пироговой модели экосистемы (EPM, Ecosystem Pie Model), который рассматривается как стратегический инструмент для картирования, анализа и проектирования (то есть моделирования) инновационных экосистем; определены этапы – от исследованию ресурсов, анализа действий, отбора ценностнозначимых инноваций и формирования инновационной экосистемы; таким образом именно последовательное выявление и отбор инновационных предложений определяет сделать стратегические выводы о жизнеспособности инновационной экосистемы. Annika Steiber, Sverker Alänge [25] описали результаты апробации (на примере Инновационной Системы Гугл, «GIS») модель для описания организационных инноваций, аргументированно обосновали необходимость инноваций (в том числе организационных) для развития и поддержания конкурентоспособности компаний опираясь на непрерывное улучшение качества и повышение эффективности.

Andrzej H. Jasinski [26] представил анализ влияния различных факторов на содержание, структуру и организацию современного инно-

вационного процесса, определяя главную гипотезу: современные инновации все чаще и чаще являются результатом разнонаправленных действий и неупорядоченного инновационного, многоступенчатого процесса (или более жестко: в результате довольно «рыхлой» совокупности разрозненных процессов, а не упорядоченного, многоэтапного инновационного процесса); автор предлагает новую концепцию много процессной (многостадийной) модели инноваций на основе оценки вклада каждого процесса в создание новой стоимости (нового продукта / товара).

Обобщим результаты литературного обзора по определению понятия инновационная состоятельность. В исследованиях российских авторов экономическая состоятельность «читается», как правило, как финансовая состоятельность (с соответствующими критериями и показателями). В зарубежных исследованиях речь идет о жизнеспособности инновационной деятельности, причем предпочтение выкритериях оценки эффективности отдается ценностным характеристикам (приращению стоимости в результате осуществления инноваций).

Авторы данной статьи предлагают определение содержания понятия «инновационная состоятельность» – совокупность качеств, количеств, взаимосвязи элементов инновационной системы, существующих во времени и пространстве (теоретическое определение); для отдельной экономической системы (регион, предприятие) – это уровень управления, позволяющий ей успешно функционировать; это совокупность количественных и качественных характеристик, обеспечивающий ей устойчивую жизнеспособность и рационально активную инновационную деятельность.

Но имеет смысл обратить внимание, что появились публикации «философского» содержания, претендующие переосмысление самого понятия «инновация», «инновационная деятельность», целесообразность и степень активности инновационной деятельности. Методик по оценке инновационной состоятельности не найдено, предлагаются лишь подходы и некоторые показатели.

Инновационная состоятельность: критерии оценки. По нашему мнению, следует при определении критериев опираться на известную и апробированную методику оценки экономической состоятельности с уточнением содержания и особенностей инновационной деятельности [10].

Функциональные составляющие экономической состоятельности были ранее обозначены – производственная, рыночная, финансовая, в настоящее время уже следует говорить

об инновационной, инвестиционной, экологической, социальной, цифровой состоятельности. Каждая из функциональных составляющих должна быть «обеспечена» четким определением содержания, критериями, признаками и принципами оценки, и только на их основе можно формировать инструменты и методы оценки.

Для любой экономической категории важны критерии оценки, под которыми понимаются основные признаки идентификации; показатели же определяют количественные и качественные характеристики критериев, на их основе формируется методика оценки. В качестве критериев оценки экономической состоятельности приняты: потенциал (оценка потенциальных возможностей всех функциональных составляющих), эффективность (степень успешности использования потенциала, своего рода «скорость движения» экономической системы), соотношение «точки опоры» и «центра тяжести» (оценка адекватности реагирования экономической системы на вызовы внешней среды и импульсы-стимулы внутреннего саморазвития экономической системы).

Рассмотрим критерии оценки инновационной состоятельности, принимая приведенные выше три критерия. Инновационный потенциал – потенциальные возможности экономической системы (страны, региона, предприятия) осуществлять инновационную деятельность. Поскольку для инновационного процесса необходимы материальные, рыночные, финансовые, человеческие, нематериальные (интеллектуальные), цифровые ресурсы, соответственно необходимы потенциальные возможности. Инновационный потенциал должен определяться производственным потенциалом (обеспеченность оборудованием, технологиями, обеспеченностью сырьем, материалами). К рыночным ресурсам, определяя инновационную состоятельность следует отнести возможности исследования и анализа рынка, причем как для оценки возможных потребителей, так и оценки пополнения любых ресурсов (возможности и ограничения закупки оборудования, сырья, материалов). Реализация инновационных проектов потребует финансовых затрат – необходимо определить финансовый потенциал (обеспеченность финансовыми ресурсами, возможность корпорирования). В основе инновационной деятельности (это признано всеми учеными) – способности работников, поэтому необходимо оценить человеческий потенциал (знания и умения работников, их креативные способности). Для осуществления инновационной деятельности необходимы и т.н. нематериальные активы –

наличие объектов интеллектуальной собственности (патентов, лицензий, ноу – хау) или возможности их использования в рамках корпоративной инновационной системы. И, конечно, в настоящих условиях, просто не обойтись без цифрового потенциала – обеспеченности цифровым оборудованием, сетями, Интернетом, программными продуктами и, особо отметит, специальными цифровыми компетенциями работников.

Эффективность, второй критерий оценки инновационной состоятельности, должна определять интенсивность, активность инновационной деятельности, причем необходимо определять текущую и дискретную (инновационные проекты) эффективность. Поскольку уже заявлено, что инновационный потенциал определяется производственным, финансовым, человеческим, интеллектуальным, цифровым потенциалом определим некоторые возможные критериальные показатели для всех составляющих инновационной состоятельности. Производственная составляющая – динамика роста (прироста) объема производства инновационной продукции, обновления (модернизации) оборудования, технологий, «освоения» новых видов сырья и материалов. Рыночная составляющая – динамика предпочтений (запросов) потребителей и изменения на рынке средств производства и материальных ресурсов. Финансовая составляющая – динамика показателей рентабельности инновационных процессов, человеческая составляющая – повышение профессиональных способностей сотрудников, расширение инновационных компетенций. Интеллектуальная составляющая – привлечение новых интеллектуальных ресурсов, приобретение патентов, лицензий. Цифровая составляющая – «приращение» цифрового обеспечения, «приращение» цифровых компетенций.

Пожалуй наиболее сложным для осознания и последующей оценки инновационной состоятельности будет третий критерий – соотношение «точки опоры» и «центра тяжести». Любая инновационная деятельность требует определенных затрат, причем затрат, позволяющих получить результат, как правило, «за границей» анализируемого периода. Так и при оценке третьего критерия необходимо знать эти «точку опоры» и «центр тяжести». Предположим, что под «точкой опоры» инновационной состоятельности будет совокупность показателей, характеризующих инновационную деятельность (возможна экспертная оценка по весовым коэффициентам показателей объема производства инновационной продукции, затрат на инновации, запросов потребителей и других).

А под «центром тяжести» – будем подразумевать необходимые («эталонные») значения этих же показателей. Тогда сопоставляя «точку опоры» и «центр тяжести» можно будет оценить достигнутый уровень инновационной состоятельности, «сбалансированности» инновационной деятельности, наличия или отсутствия адекватной реакции экономической системы на вызовы внешней среды и собственные импульсы-стимулы развития.

Таким образом, определено содержание понятия «инновационная состоятельность» и предложены критерии оценки; содержание понятия и конкретизация критериев, по нашему мнению, будет способствовать более объективной оценке результатов инновационного развития, и более обоснованным, рациональным управленческим решениям в инновационной деятельности.

Заключение

1. Проведен компаративный и ретроспективный анализ дефиниций «экономическая состоятельность», «инновационная состоятельность», обсуждаемых в зарубежной и отечественной экономической литературе позволил обобщить точки зрения и уточнить дискуссионные моменты и обосновать необходимость введения понятия «инновационная состоятельность».

2. Выявлено, что понятие «инновационная состоятельность» пока не получило общепризнанного понимания и использования, в отечественной научной литературе только две публикации посвящены этому вопросу; в зарубежных исследованиях данное понятие не используется, но есть научные работы, посвященные жизнеспособности (viability) инновации, в которых отмечается важность в первую очередь коммерциализации инноваций.

3. Предложено определение содержания понятия «инновационная состоятельность» – совокупность качеств, количеств, взаимосвязи элементов инновационной системы, существующих во времени и пространстве (теоретическое определение); для отдельной экономической системы (регион, предприятие) – это уровень управления, позволяющий ей успешно функционировать; это совокупность количественных и качественных характеристик, обеспечивающий ей устойчивую жизнеспособность и рационально активную инновационную деятельность.

4. Предложены критерии оценки инновационной состоятельности: инновационный потенциал, эффективность инновационной деятельности, соотношение «точки опоры» и «центра тяжести», рассмотрены некоторые возможные критериальные показатели.

Дальнейшее исследование будет посвящено формированию методического обеспечения оценки инновационной состоятельности.

Литература

- 1 Гётц М., Янковска Б. Индустрия 4.0 как фактор конкурентоспособности компаний в условиях постпереходной экономики // Форсайт. 2020. Т. 14. № 4. С. 61-78. doi: 10.17323/2500–2597.2020.4.61.78
- 2 Mainzer K. Technology Foresight and Sustainable Innovation Development in the Complex Dynamical Systems View // Форсайт. 2020. Т. 14. № 4. С. 10-19. doi: 10.17323/2500–2597.2020.4.10.19
- 3 Лутченко В.Г., Хорев А.И., Житинская Л.О., Паршин Н.М., Ионов С.В. Стратегия инновационного развития предприятия // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 313–318. doi: 10.20914/2310–1202–2020–4–313–318
- 4 Akhmetshin E., Danchikov E., Polyanskaya T., Plaskova N. et al. Analysis of innovation activity of enterprises in modern business environment // J. Advanced Res. L. & Econ. 2017. V. 8. P. 2311.
- 5 Klimanov D., Tretyak O., Goren U., White T. Transformation of Value in Innovative Business Models: The Case of Pharmaceutical Market // Форсайт. 2021. Т. 15. № 3. С. 52-65. doi: 10.17323/2500–2597.2021.3.52.65
- 6 Сайт Росстата. URL: <https://www.gks.ru/folder/14477>
- 7 Гохберг Л.М., Дитковский К.А., Кузнецов И.А. и др. Индикаторы инновационной деятельности. 2019: статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2019. 376 с.
- 8 Isaksen A., Trippel M. Innovation in space: the mosaic of regional innovation patterns // Oxford Review of Economic Policy. 2017. V. 33. № 1. P. 122-140. URL: <https://ideas.repec.org/a/oup/oxford/v33y2017i1p122–140.html>
- 9 The Innovation Imperative in Manufacturing: How the United States Can Restore Its Edge. The Boston Consulting Group, 2009. URL: <http://www.bcg.com/documents/file15445.pdf>
- 10 Мыслякова Ю.Г., Кислов Р.С. Формирование инновационной состоятельности промышленного предприятия // Креативная экономика. 2016. Т. 10. № 2. С. 123-140.
- 11 Мерзликина Г.С. Экономическая состоятельность: оценка и управление // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Экономика. 2011. № 1. С. 40–45. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-sostoyatelnost-otsenka-i-upravlenie>
- 12 Голиков Н.А. Социальная состоятельность как индикатор качества образования // Философия образования. 2014. № 1 (52). С. 19–26.
- 13 Надеина Е.А. Состоятельность системы менеджмента как фактор конкурентоспособности предприятия // Журнал экономической теории. 2019. Т. 16. № 4. С. 856–862. doi: 10.31063/2073–6517/2019.16–4.22
- 14 Романчин В.И., Романчин С.В. Социально-экономическая состоятельность организаций: показатели и комплексная оценка // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2005. № 3 (42). С. 51–60

- 15 Шамова Е.А., Мыслякова Ю.Г. Оценка инновационной состоятельности экспорта регионов Российской Федерации // Экономика и управление. 2021. Т. 27. № 12. С. 951–962. doi: 10.35854/1998–1627–2021–12–951–962
- 16 Мыслякова Ю.Г., Кислов Р.С. Формирование инновационной состоятельности промышленного предприятия // Креативная экономика. 2016. Т. 10. № 2. С. 123–140. doi:10.18334/ce.10.2.34997
- 17 Orton K. Desirability, Feasibility, Viability: The Sweet Spot for Innovation. URL: <https://medium.com/innovation-sweet-spot/desirability-feasibility-viability-the-sweet-spot-for-innovation-d7946de2183c>
- 18 Srivastava A. Is Your Innovation Strategy Commercially Viable? URL: <https://www.forbes.com/sites/forbesbusinesscouncil/2021/09/17/is-your-innovation-strategy-commercially-viable/?sh=4e54f0603c47>
- 19 Scerri M. The viability of systems of innovation // Innovation and Development. 2021. V. 11. № 1. P. 135–150. doi: 10.1080/2157930X.2020.1798636
- 20 Kuhlmann S., Shapira P., Smits R. Introduction. A systemic perspective: the innovation policy dance // The theory and practice of innovation policy. An international research handbook. 2010. P. 1-22. doi: 10.4337/9781849804424
- 21 Kuhlmann S., Ordóñez-Matamoros G. Introduction: governance of innovation in emerging countries: understanding failures and exploring options // Research Handbook on Innovation Governance for Emerging Economies. Edward Elgar Publishing, 2017. doi:10.4337/9781783471911
- 22 Punatar P., Stewart A. To succeed, innovative financial products must be desirable, feasible, and viable. URL: <https://www.accion.org/to-succeed-innovative-financial-products-must-be-desirable-feasible-and-viable>
- 23 Saarelainen E. Why there's no innovation without experimentation. URL: <https://www.unhcr.org/innovation/why-theres-no-innovation-without-experimentation/>
- 24 Talmar M., Walrave B., Podoynitsyna K.S., Holmström J. et al. Mapping, analyzing and designing innovation ecosystems: The Ecosystem Pie Model // Long Range Planning. 2020. V. 53. №. 4. P. 101850. doi: 10.1016/j.lrp.2018.09.002
- 25 Steiber A., Alänge S. Organizational innovation: verifying a comprehensive model for catalyzing organizational development and change // Triple Helix. 2015. V. 2. №. 1. P. 1-28. doi: 10.1186/s40604–015–0026–1
- 26 Jasinski A.H. Can we still Speak about the Innovation Process per se?: Challenges for Managers // Triple Helix. 2021. V. 8. №. 1. P. 7-36. URL: https://brill.com/view/journals/thj/8/1/article-p7_2.xml?language=en
- 27 Гладилин В.А., Бабина Е.Н., Бондаренко Г.В. Инновационные модели развития // Управленческий учет. 2021. № 3. С. 318–323. URL: <https://uprav-uchet.ru/index.php/journal/article/view/496/98>


References

- 1 Goetz M., Jankowska B. Industry 4.0 as a factor in the competitiveness of companies in a post-transitional economy. Foresight. 2020. vol. 14. no. 4. pp. 61-78. doi: 10.17323/2500–2597.2020.4.61.78 (in Russian).
- 2 Mainzer K. Technology Foresight and Sustainable Innovation Development in the Complex Dynamical Systems View. Forsyth. 2020. vol. 14. no. 4. pp. 10-19. doi: 10.17323/2500–2597.2020.4.10.19
- 3 Lutchenko V.G., Khorev A.I., Zhitinskaya L.O., Parshin N.M., Ionov S.V. Strategy of innovative development of the enterprise. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 313–318. doi: 10.20914/2310–1202–2020–4–313–318 (in Russian).
- 4 Akhmetshin E., Danchikov E., Polyanskaya T., Plaskova N. et al. Analysis of innovation activity of enterprises in modern business environment. J. Advanced Res. L. & Econ. 2017. vol. 8. pp. 2311.
- 5 Klimanov D., Tretyak O., Goren U., White T. Transformation of Value in Innovative Business Models: The Case of Pharmaceutical Market. Forsyth. 2021. vol. 15. no. 3. pp. 52-65. doi: 10.17323/2500–2597.2021.3.52.65
- 6 Rosstat website. Available at: <https://www.gks.ru/folder/14477> (in Russian).
- 7 Gokhberg L.M., Ditkovsky K.A., Kuznetsov I.A. et al. Indicators of innovative activity. 2019: statistical compendium. Moscow, NRU VSHE, 2019. 376 p. (in Russian).
- 8 Isaksen A., Tripl M. Innovation in space: the mosaic of regional innovation patterns. Oxford Review of Economic Policy. 2017. vol. 33. no. 1. pp. 122-140. Available at: <https://ideas.repec.org/a/oup/oxford/v33y2017i1p122–140.html>
- 9 The Innovation Imperative in Manufacturing: How the United States Can Restore Its Edge. The Boston Consulting Group, 2009. Available at: <http://www.bcg.com/documents/file15445.pdf>
- 10 Myslyakova Yu.G., Kislov R.S. Formation of innovative viability of an industrial enterprise. Creative Economy. 2016. vol. 10. no. 2. pp. 123-140. (in Russian).
- 11 Merzlikina G.S. Economic viability: assessment and management. Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Ser.: Economics. 2011. no. 1. pp. 40–45. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-sostoyatelnost-otsenka-i-upravlenie> (in Russian).
- 12 Golikov N.A. Social solvency as an indicator of the quality of education. Philosophy of education. 2014. no. 1 (52). pp. 19–26. (in Russian).
- 13 Nadeina E.A. The viability of the management system as a factor in the competitiveness of an enterprise. Journal of Economic Theory. 2019. vol. 16. no. 4. pp. 856–862. doi: 10.31063/2073–6517/2019.16–4.22 (in Russian).
- 14 Romanchin V.I., Romanchin S.V. Socio-economic viability of organizations: indicators and comprehensive assessment. Property relations in the Russian Federation. 2005. no. 3 (42). pp. 51–60. (in Russian).
- 15 Shamova E.A., Myslyakova Yu.G. Evaluation of the innovative viability of the export of regions of the Russian Federation. Economics and Management. 2021. vol. 27. no. 12. pp. 951–962. doi: 10.35854/1998–1627–2021–12–951–962 (in Russian).
- 16 Myslyakova Yu.G., Kislov R.S. Formation of innovative viability of an industrial enterprise. Creative Economy. 2016. vol. 10. no. 2. pp. 123–140. doi:10.18334/ce.10.2.34997 (in Russian).
- 17 Orton K. Desirability, Feasibility, Viability: The Sweet Spot for Innovation. Available at: <https://medium.com/innovation-sweet-spot/desirability-feasibility-viability-the-sweet-spot-for-innovation-d7946de2183c>


- 18 Srivastava A. Is Your Innovation Strategy Commercially Viable? Available at: <https://www.forbes.com/sites/forbesbusinesscouncil/2021/09/17/is-your-innovation-strategy-commercially-viable/?sh=4e54f0603c47>
- 19 Scerri M. The viability of systems of innovation. *Innovation and Development*. 2021. vol. 11. no. 1. pp. 135–150. doi: 10.1080/2157930X.2020.1798636
- 20 Kuhlmann S., Shapira P., Smits R. Introduction. A systemic perspective: the innovation policy dance. The theory and practice of innovation policy. An international research handbook. 2010. pp. 1-22. doi: 10.4337/9781849804424
- 21 Kuhlmann S., Ordóñez-Matamoros G. Introduction: governance of innovation in emerging countries: understanding failures and exploring options. *Research Handbook on Innovation Governance for Emerging Economies*. Edward Elgar Publishing, 2017. doi:10.4337/9781783471911
- 22 Punatar P., Stewart A. To succeed, innovative financial products must be desirable, feasible, and viable. Available at: <https://www.accion.org/to-succeed-innovative-financial-products-must-be-desirable-feasible-and-viable>
- 23 Saarelainen E. Why there's no innovation without experimentation. Available at: <https://www.unhcr.org/innovation/why-theres-no-innovation-without-experimentation/>
- 24 Talmar M., Walrave B., Podoyntsyna K.S., Holmström J. et al. Mapping, analyzing and designing innovation ecosystems: The Ecosystem Pie Model. *Long Range Planning*. 2020. vol. 53. no. 4. pp. 101850. doi: 10.1016/j.lrp.2018.09.002
- 25 Steiber A., Alänge S. Organizational innovation: verifying a comprehensive model for catalyzing organizational development and change. *Triple Helix*. 2015. vol. 2. no. 1. pp. 1-28. doi: 10.1186/s40604-015-0026-1
- 26 Jasinski A.H. Can we still Speak about the Innovation Process per se?: Challenges for Managers. *Triple Helix*. 2021. vol. 8. no. 1. pp. 7-36. Available at: https://brill.com/view/journals/thj/8/1/article-p7_2.xml?language=en
- 27 Gladilin V.A., Babina E.N., Bondarenko G.V. Innovative development models. *Management accounting*. 2021. no. 3. pp. 318–323. Available at: <https://uprav-uchet.ru/index.php/journal/article/view/496/98> (in Russian).

Сведения об авторах

Галина С. Мерзликина профессор, кафедра менеджмента и финансов производственных систем, Волгоградский государственный технический университет, пр-т Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Россия, merzlikina@vstu.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5877-9342>

Наталья О. Могхарбел доцент, кафедра менеджмента и финансов производственных систем, Волгоградский государственный технический университет, пр-т Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Россия, natalya.mogharbel@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0150-2438>

Вклад авторов

Галина С. Мерзликина написала рукопись


Наталья О. Могхарбел корректировала рукопись до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Galina S. Merzlikina professor, management and finance of production systems department, Volgograd State Technical University, Lenina Avenue, 28, Volgograd, 400005, Russia, merzlikina@vstu.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5877-9342>

Natalia O. Mogharbel associate professor, management and finance of production systems department, Volgograd State Technical University, Lenina Avenue, 28, Volgograd, 400005, Russia, natalya.mogharbel@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0150-2438>

Contribution

Galina S. Merzlikina wrote the manuscript

Natalia O. Mogharbel correct manuscript before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/12/2021	После редакции 20/01/2022	Принята в печать 18/02/2022
Received 21/12/2021	Accepted in revised 20/01/2022	Accepted 18/02/2022

Поиск эталона измерений в модификациях МАИ первого поколения для методики выбора эффективных проектов и других областей науки

Денис А. Шагеев¹ denisshageev@yandex.ru  0000-0002-1743-1347

¹ Международный Институт Дизайна и Сервиса, ул. Ворошилова, 12, г. Челябинск, 454014, Россия

Аннотация. Автор в очередной раз продолжает цикл публикаций в области развития сформулированных ранее ядра и двух фундаментальных положений методики выбора эффективных проектов через разные решения модификации метода анализа иерархий (МАИ) для финансовой, математической и др. направлений в науке. Уделено особое внимание повышению точности измерений матричных, нормированных и векторных оценок для развития универсальных свойств МАИ за счёт следующих решений, обладающих разными качествами научной новизны: введения новых формул вычисления матричных оценок с подробными инструкциями их применения; предложения девяти разных вариантов комбинаций МАИ, в каждой из которых включено четыре классификатора (АНРMS-M1.N, АНРMS(AM)-M1.N, ФАНРMS-M1.N и АНРDD-M1.N) на базе целочисленной и дробночисленной 9-балльной шкалы Т. Саати с восемью интервалами измерения. В статье представлены объёмные экспериментальные данные, при помощи которых доказана научная состоятельность указанных и уже ранее раскрытых решений, обладающих научной новизной в направлении повышения точности измерений в МАИ через разные модификации первого поколения. Результаты эксперимента действительно позволили найти и доказать правомерность использования в науке эталона измерения из 9-ти предложенных комбинаций. Отличительные особенности эталонной комбинации следующие: шкала дробночисленная $[0; \dots; 8]+1$ в 8 основных интервалах измерения; при оценивании двух равных объектов ($A_i(j) = A_j(i)$) их матричные оценки равны единицам ($0+1=1$); указанные новые решения. Таким образом, полученный опытным путём и подтверждённый эталон измерения из первого поколения модификаций МАИ рекомендуется использовать не только в методике выбора эффективных проектов, но и в др. областях науки с учётом его универсальных свойств.

Ключевые слова: МАИ, анализ иерархий, измерения, шкалы, экспертные оценки, проекты, управленческие решения

Search for a measurement standard in the modifications of the first generation AHP for the method of effective projects selection and other fields of science

Denis A. Shageev¹ denisshageev@yandex.ru  0000-0002-1743-1347

¹ International Institute of Design and Service, ul. Voroshilova, 12 Chelyabinsk, 454014, Russia

Abstract. It is author's another article in the series of publications to develop the previously formulated core and two fundamental provisions of the method of effective projects selection through different solutions of modification of the method of analysis of hierarchies (AHP) for financial, mathematical and other fields in science. The author paid special attention to improving the accuracy of measurements of matrix, normalized and vector estimates for the development of universal properties of AHP due to the following solutions with different qualities of scientific novelty: introduction of new formulas for calculating matrix estimates with detailed instructions for their application; offers nine different variants of AHP combinations, each including four classifiers (АНРMS-M1.N, АНРMS(AM) - M1.N, ФАНРMS-M1.N and АНРDD-M1.N) on the basis of integer and fractional T. Saati 9-point scale with eight measurement intervals. This article presents a volumetric experimental data, which proved the scientific validity of these and previously disclosed solutions having scientific novelty in the direction of improving the accuracy of measurements in the AHP using different modifications of the first generation. The results of the experiment really allowed us to find and prove the validity of applying the measurement standard within science in the form of the 9 proposed combinations. The distinctive features of the reference combination are as follows: fractional scale $[0; \dots; 8]+1$ in 9 main measurement intervals; when evaluating two equal objects ($A_i(j) = A_j(i)$), their matrix estimates are equal to units ($0+1=1$); these new solutions. Thus, the experimentally obtained and confirmed measurement standard from the first generation of AHP modifications is recommended to be used not only in the selection of effective projects, but also in other fields of science, taking into account its universal properties.

Keywords: AHP, analytic hierarchy process, measurements, scales, expert assessments, projects, management decisions

Для цитирования

Шагеев Д.А. Поиск эталона измерений в модификациях МАИ первого поколения для методики выбора эффективных проектов и других областей науки // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 388–409. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-388-409

For citation

Shageev D.A. Search for a measurement standard in the modifications of the first generation AHP for the method of effective projects selection and other fields of science. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 388–409. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-388-409

Введение

Автор продолжает цикл публикаций в области развития методики выбора эффективных проектов через разные модификации метода анализа иерархий (МАИ). Кроме того, через предлагаемые модификации осуществляется прирост научного знания не только в финансовой науке, но и в математической науке для универсализации этого знания и возможности применения в др. областях науки. В данной, уже четвертой по счёту статье представлены результаты эксперимента всех девяти ранее описанных комбинаций [11] для классификаторов первого поколения АНРMS-M1.N, АНРMS(AM)-M1.N, FАНРMS-M1.N и АНРDD-M1.N, чтобы опытным путём найти эталонную комбинацию, позволяющую максимально точно/тонко производить измерения в МАИ. Расшифруем эти классификаторы:

1) АНРMS-M1.N – (Analytic Hierarchy Process and Mathematical Statistics) – аналитическая иерархия в сочетании с методами математической статистики;

2) АНРMS(AM)-M1.N – (Analytic Hierarchy Process and Mathematical Statistics (Artificial Measurement)) аналитическая иерархия в сочетании с методами математической статистики на базе искусственных измерений;

3) FАНРMS-M1.N (Fuzzy Analytic Hierarchy Process and Mathematical Statistics) – нечёткая аналитическая иерархия в сочетании с методами математической статистики;

4) АНРDD-M1.N (Analytic Hierarchy Process and Determine Data) – аналитическая иерархия в сочетании с детерминированными данными.

Первая цифра после символа «М» (Modification) обозначает принадлежность классификатора к первому поколению модификации МАИ «1». Второе поколение модификаций, которое будет существенно отличаться от первого, обозначим цифрой два «2» (будет описано в др. статье автора). Вторая цифра после символа «М» обозначает порядковый номер модификации «N».

Проведён анализ разных научных источников в области проблем измерений в МАИ за последние 40 лет [11]. Отметим только некоторые научные труды, которые прямо, либо косвенно связаны с отраслью научного знания «экономика и управление» в виду ограниченности объема статьи.

Т. Саати [8, 9, 21] автор МАИ решал практические задачи в следующих направлениях: «Интегрированное нахождение приоритетов ресурсов для развивающихся стран»; «Выбор и распределение ресурсов в области энергетики»; «Экономика и управление медицинским обслуживанием». Не уделял внимания повышению

точности и объективности в МАИ. Придерживался целочисленной 9-и балльной шкалы измерений экспертных суждений.

К. Бенмоус, М. Лаазери, С. Кхаулджи, М.Л. Керкеб и А.И. Ямани [13] используют МАИ через компьютерные системы с учетом признака эргономичности критериев для оценки интерфейсов в области маркетинга. В статье прослеживается факт, что авторы столкнулись с ограниченностью измерений парных оценок по 9-балльной целочисленной шкале Т. Саати.

В статье М.А. Эллиотта [14] представлена хорошая попытка решения проблемы точности измерений в МАИ за счёт выбора разных шкал для решения экономических проблем выбора, но при этом сам механизм вычислений в МАИ оставлен без изменений. Похожие исследования в области выбора шкал обнаружены в работе Дж. Франек [15]. А. Гнанавелбабу и П. Арангири [16] в своём исследовании используют МАИ для решения проблемы сокращения отходов и др. видов потерь по типу «Муда» на производстве. При этом модифицируют МАИ с учётом методов нечётких множеств Л. Заде. Это не помогло авторам повысить точность измерений матричных оценок и векторов приоритетов т.к. шкала и механизм вычислений в МАИ остались стандартными, только представляются по типу треугольного нечёткого числа.

А. Ишизака, А. Лабиб и Б.Р. Мисариганда [18, 19] представляют эксперименты по коррекции вычислений матричных оценок, векторов приоритетов, вопросы их синтеза и т.д., в том числе и при помощи компьютерных программ для разработки эффективных управленческих решений. Повышения точности измерений есть, но они не принципиальные т.к. шкала измерений матричных оценок остается целочисленной – 9-балльной.

Е.Ц. Харрингтон [17] предложил универсальную вербально-числовую шкалу через функцию желательности. Таким образом – это дало основания для принятия этой шкалы в исследованиях экономического и управленческого направлений многими отечественными и зарубежными авторами. Шкала Е.Ц. Харрингтона позволяет делать интервальные уточнения измерений в МАИ [11] – это еще одно из действий на пути повышения точности измерений.

Особое внимание обращается разными исследователями на проблему эффекта смены степеней предпочтений («Rank Reversal» - RR). Одними из первых осветили эту проблему В. Белтон и Т. Гир, анализируя возможности классического МАИ для распределения экономических ресурсов в области управленческих решений [12]. Их вывод в исследовании – это

констатация факта RR и что он не просто снижает качество измерений, но и существенно искажает результаты исследований в МАИ.

Т. Саати совместно с И. Миллетом попытались найти решение проблемы RR при помощи разных форм иерархического синтеза (свёртки локальных векторов) [20]. Ещё одна попытка решить проблему «RR» предпринята Ин-Мин Ваном и Т.М.С. Эльхагом в научной области управленческих решений [22]. Несмотря на указанные [12, 22] и др. попытки решения проблемы RR, Т. Саати и М. Сагир констатировали «Сохранение и изменение рангов, столь фундаментальные в процессе принятия решений, были неразрешенной проблемой в области экономики и теории полезности и попали в фокус внимания, когда был разработан процесс аналитической иерархии, поскольку он использует парные сравнения, которые неизбежно делают приоритеты альтернатив взаимозависимыми. В этой статье обобщаются важные вопросы, которые могут играть роль в сохранении и изменении ранга с помощью контрпримеров в области управленческих решений, чтобы показать, что сохранение ранга во всех ситуациях является неправильным.» (перевод с англ., ист. [21]). Таким образом проблема RR так и не была полностью решена по мнению Т. Саати.

В.М. Картвелишвил и Э.А. Лебедюк [1] также отмечают, что проблема RR до сих пор не решена в науке подтверждая слова Т. Саати и М. Сагира [21]. По мнению авторов, эффект RR искажает результаты исследований на базе МАИ в экономике и менеджменте.

В.А. Титов и И.Г. Хайрулин в своей работе [10] отмечают проблему выбора формы свертки локальных векторов приоритетов (операция иерархического синтеза) для риск-анализа альтернативных проектов. Авторы утверждают, что при аддитивной и мультипликативной свертке получаются разные результаты измерений результирующих векторов приоритетов для МАИ, в качестве компромиссной альтернативы В.М. Ногиным [6], предлагается нелинейная форма. В.М. Ногин описывает нелинейную форму свертки критериев на примере решения проблемы оценки и выбора инвестиционных проектов.

В.Б. Коробовым и А.Г. Тутыгиным [2] уделяется особое внимание шкале отношений Т. Саати и проблеме «идеального» эксперта. Показано, что шкала отношений не является инвариантной, а отношение согласованности, использующее понятие «идеального» эксперта, не может быть применено в качестве критерия оценки качества работы эксперта в поле управленческих решений. Метод представляет

собой процедуры, большинство из которых нуждается в пересмотре. Сформулированы предложения по совершенствованию метода: логический анализ; статистические методы оценивания; теория упорядоченных множеств. С учётом указанных решений МАИ будет адекватен для реализации экономических исследований на базе экспертной оценки.

Похожую критику [2, 10] по поводу шкалы измерений и форм свертки в МАИ излагает В.Г. Митихин [3, 4]. К указанной критике присоединяются И.Н. Мощенко и Е.В. Пирогов [5], О.В. Подиновская и В.В. Подиновский [7] с её дополнением – эффектом RR. Эта группа авторов занимается исследованиями оценки и выбора инвестиционных проектов в поле управленческих решений через МАИ.

В результате дискуссии с учётом материалов из ист. [11], выявлена и подтверждена проблема недостаточной точности измерений в МАИ Т. Саати по следующим причинам:

- 1) целочисленная 9-балльная шкала экспертных суждений;
- 2) эффект RR;
- 3) неясность выбора наиболее корректной формы свертки локальных векторов приоритетов;
- 4) др. стандартные процедуры в МАИ.

В дискуссионном поле указаны авторы, которые описывали проблемы измерений МАИ в процессе решения **экономических и/или управленческих** задач – например оценка и выбор эффективного проекта, как оказалось – это самое распространённая прикладная область исследования. Именно в процессе и по результатам исследований описываются причины, из-за которых появилась данная проблема. Поэтому важно эту проблему решать не только с позиции науки математики, но и с позиции **математики-экономики-управления**. Именно такая триада принята в данной статье, где в следующих разделах описываются решения проблемы измерений через эксперимент оценки и выбора эффективного проекта на примере критерия NPV (Net Present Value – чистый дисконтированный доход проекта).

Суть авторского решения сводится к поиску эталона измерений в модификациях МАИ первого поколения для:

- 1) решения проблемы недостаточной точности измерений в МАИ за счёт выявления и использования резервов;
- 2) исключения возможности появления ошибок в процедурах реализации МАИ;
- 3) «тонкая оценка» объектов с минимальными отличительными признаками;
- 4) использования объектов, привязанных к измерениям.

Таким образом в экономике и менеджменте появится новая альтернатива в части МАИ, которая позволит экономистам, управленцам и др. заинтересованным сторонам выполнять прикладные исследования без искажений и ошибок, повышая качество управленческих решений.

Методы исследований

Цель эксперимента доказать научную состоятельность предложенных решений проблем [11] использования фундаментальной шкалы Т. Саати в форме разных модификаций для повышения степени универсальности применения МАИ в методике выбора эффективных проектов и др. областях науки за счёт повышения точности измерений. В частности предложены следующие решения: введения новых формул вычисления матричных оценок с подробными инструкциями их применения; предложения девяти разных вариантов комбинаций МАИ, в каждой из которых включено четыре классификатора (АНРMS-M1.N, АНРMS(AM)-M1.N, ФАНРMS-M1.N и АНРDD-M1.N) на базе целочисленной и дробночисленной 9-балльной шкалы Т. Саати с разным количеством интервалов измерения; описания вариантов решения проблем измерения матричных оценок, образованных нестандартно измеренными объектами матрицы [11].

В качестве объекта исследования взята иерархия проблемы выбора эффективных проектов (рисунок 1), а предметом исследования выделены управленческие решения на базе показателей «NPV», принадлежащие ветке «инвестиционная эффективность» уровень иерархии четыре в форме локальных векторов

приоритетов (выделено черной рамкой на рисунке 1). Для достижения цели эксперимента решались следующие задачи: произвести вычисления на основании предложенных решений всех девяти комбинаций первого поколения модификаций МАИ; представить полученные результаты эксперимента в аналитическом виде в форме таблиц; на основании полученных опытных данных определить эталон измерений для методики выбора эффективных проектов и др. областей науки.

Предположим, что эксперт «n» уже выбрал одно значения «NPVi(j)» (Ai(j)) (выделено полужирным шрифтом) по каждому проекту из области определения нечётких множеств треугольного вида, млн руб.:

$$\begin{aligned}
 NPV1(1) &= \{8; 11,5; 14\}; & NPV2(2) &= \{10; \mathbf{10}; 9; 12\}; \\
 NPV3(3) &= \{51,2; 61; \mathbf{77}\}; & NPV4(4) &= \{69; \mathbf{77}; 83,4\}; \\
 NPV5(5) &= \{81; 92; \mathbf{108}\}; & NPV6(6) &= \{137,2; 162; \mathbf{173}\}.
 \end{aligned}$$

Для удобства восприятия данных вместо формального обозначения матричных объектов Ai(j) подставлены: $NPVi(j) = \{NPV_a^{i(j)}; NPV_b^{i(j)}; NPV_c^{i(j)}\}$, где a, b и c – это нечётко-денежное выражение показателя NPV проектов [11]. Представим их в следующем виде, млн руб.:

$$\begin{aligned}
 NPV1(1) &= \{NPV_8^{1(1)}; NPV_{11,5}^{1(1)}; NPV_{14}^{1(1)}\}; \\
 NPV2(2) &= \{NPV_{10}^{2(2)}; \mathbf{NPV_{10,9}^{2(2)}}; NPV_{12}^{2(2)}\}; \\
 NPV3(3) &= \{NPV_{51,2}^{3(3)}; NPV_{61}^{3(3)}; \mathbf{NPV_{77}^{3(3)}}\}; \\
 NPV4(4) &= \{NPV_{69}^{4(4)}; \mathbf{NPV_{77}^{4(4)}}; NPV_{83,4}^{4(4)}\}; \\
 NPV5(5) &= \{NPV_{81}^{5(5)}; NPV_{92}^{5(5)}; \mathbf{NPV_{108}^{5(5)}}\}; \\
 NPV6(6) &= \{NPV_{137,2}^{6(6)}; NPV_{162}^{6(6)}; \mathbf{NPV_{173}^{6(6)}}\}.
 \end{aligned}$$

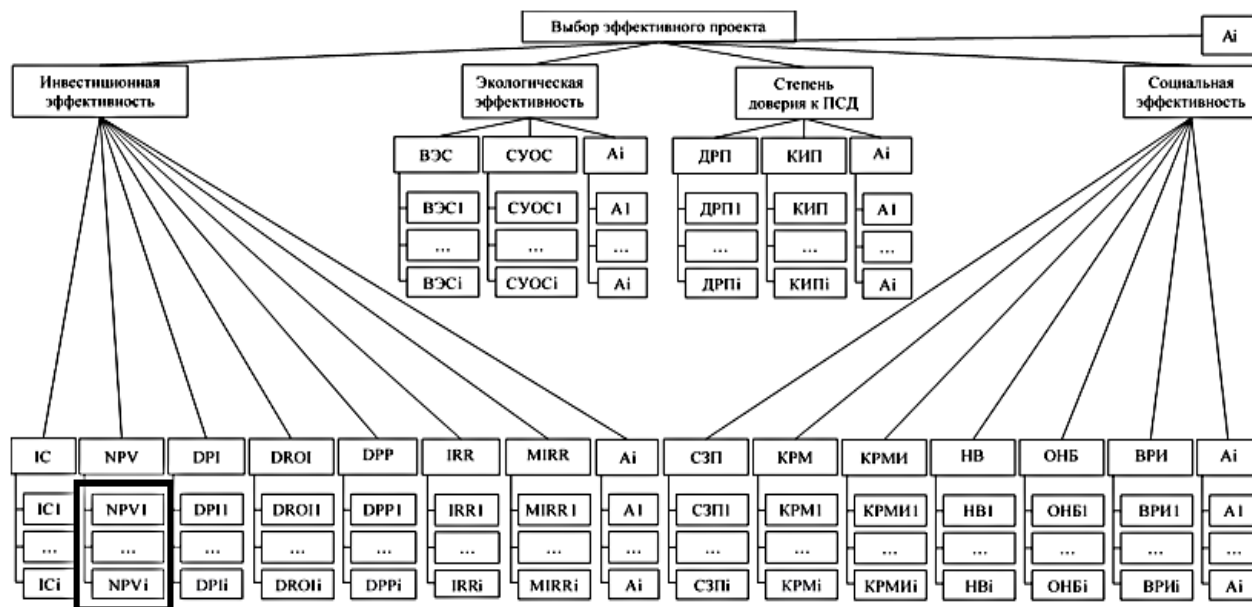


Рисунок 1. Иерархия проблемы выбора эффективного проекта

Figure 1. Hierarchy of the effective project selection problem

В примере объекты «NPV» специально пронумерованы в последовательности от меньшего к большему (ранжированы) для удобства реализации вычислений и восприятия данных. Таким образом выполнено первое правило [11] для корректного использования формулы 1 и 2, в котором требуется чтобы все объекты матрицы парных сравнений были привязаны к единому измерителю «NPV» и единому измерению «млн руб.». Для соблюдения и проверки научной состоятельности введённого

дополнительного условия в контексте решений, где $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^n = 0 \vee 1$, воспользуемся данными таблицы 1 [11]. Также одинаковые значения объекта 3 и 4 позволят в некоторой степени проверить правильность вычислений векторов приоритетов, которые у этих объектов во всех модификациях МАИ должны быть равны: $NPV_{77}^{3(3)} = NPV_{77}^{4(4)}$. В противном случае вычисления следует признать ошибочными.

Таблица 1.

Варианты комбинаций выполнения разных условий при $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0 \vee 1$ и $a_{ij}^{nd} = 0 \vee 1$ в МАИ первого поколения модификаций для методики выбора эффективных проектов и др. областей науки*

Table 1.

Variants of combinations to fulfill different conditions when $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0 \vee 1$ and $a_{ij}^{nd} = 0 \vee 1$ in AHP of the first generation of modifications for the methodology of selecting effective projects and other fields of science *

Варианты шкал оценивания в МАИ первого поколения | Variants of assessment scales in the AHP of the first generation	№ п/п № p/p	Первое условие – диагональные оценки (d – diagonal) a_{ij}^d , баллы | The first condition is diagonal estimates (d – diagonal) a_{ij}^d , points	Второе условие – не диагональные оценки (nd – not diagonal) a_{ij}^{nd} , баллы | The second condition is non-diagonal estimates (nd – not diagonal) a_{ij}^{nd} , points	Классификаторы для вариантов комбинаций МАИ первого поколения модификаций | Classifiers for variants of combinations of AHP of the first generation of modifications
Целочисленная [1; ...;9] только 8 основных интервалов измерения | Integer [1; ...;9] only 8 main measurement intervals	1	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 1$	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 1$	AHPMS-M1.1; AHPMS(AM)-M1.1; FAHPMS-M1.1; AHPDD-M1.1
	2	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0$	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0$	AHPMS-M1.2; AHPMS(AM)-M1.2; FAHPMS-M1.2; AHPDD-M1.2
	3	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 1$	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0$	AHPMS-M1.3; AHPMS(AM)-M1.3; FAHPMS-M1.3; AHPDD-M1.3
	4	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0$	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 1$	AHPMS-M1.4; AHPMS(AM)-M1.4; FAHPMS-M1.4; AHPDD-M1.4
Дробночисленная [1; ...;9] в 8 основных интервалах измерения | Fractional [1; ...;9] in 8 main measurement intervals	5	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 1$	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 1$	AHPMS-M1.5; AHPMS(AM)-M1.5; FAHPMS-M1.5; AHPDD-M1.5
	6	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0$	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0$	AHPMS-M1.6; AHPMS(AM)-M1.6; FAHPMS-M1.6; AHPDD-M1.6
	7	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 1$	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0$	AHPMS-M1.7; AHPMS(AM)-M1.7; FAHPMS-M1.7; AHPDD-M1.7
	8	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0$	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 1$	AHPMS-M1.8; AHPMS(AM)-M1.8; FAHPMS-M1.8; AHPDD-M1.8
Дробночисленная [0; ...; 8] + 1 в 8 основных интервалах измерения | Fractional [0; ...;8]+1 in 8 main measurement intervals	9	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0 + 1 = 1^{**}$	$A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0 + 1 = 1^{**}$	AHPMS-M1.9; AHPMS(AM)-M1.9; FAHPMS-M1.9; AHPDD-M1.9
		Эталонная комбинация в первом поколении модификаций МАИ | Reference combination in the first generation of AHP modifications		

*В границах иерархии могут применяться разные классификаторы в зависимости от характера, в какой-то степени имеющихся или вовсе не имеющихся измерений и измерителей объектов в матрицах парных сравнений. |

Different classifiers can be used within the boundaries of the hierarchy depending on the nature, to some extent, of existing or not at all available measurements and meters of objects in the matrices of paired comparisons.

**Действие +1 необходимо для приведения матричных оценок a_{ij}^d и a_{ij}^{nd} в соответствие с $a_{ij} \vee a_{ij}^n$ из формулы 1. |

Action +1 is necessary to bring matrix estimates a_{ij}^d and a_{ij}^{nd} in accordance with $a_{ij} \vee a_{ij}^n$ from formula 1.

Матричные оценки $a_{ij} \vee a_{ij}^n$, баллы, вычислялись по следующим формулам [11]:

$$a_{ij} \vee a_{ij}^n = \frac{|A_i(j) - A_j(i)|}{SS} = \frac{|A_i(j) - A_j(i)|}{((A_i(j)_{max} - A_i(j)_{min.})/9)} \in \begin{matrix} [1; \dots; 9], M1.1-4 \\ [1; \dots; 9], M1.5-8 \end{matrix} \quad (1)$$

$$a_{ij} \vee a_{ij}^n = \frac{|A_i(j) - A_j(i)|}{SS} = \frac{|A_i(j) - A_j(i)|}{\left(\frac{(A_i(j)_{max} - A_i(j)_{min.})}{8}\right)} + 1 \in [0; \dots; 8] + 1, M1.9, \quad (2)$$

где a_{ij} – условно объективная матричная оценка, освобождённая от субъективных суждений экспертов в классификаторе типа AHPDD-M1.N, для повышения точности измерений рекомендуется округлять до десятитысячных или сотысячных (всегда выставляется в ячейку с ориентацией на большую величину в паре $A_i(j)$, а обратная оценка вычисляется по стандартному правилу в МАИ: $1/a_{ij}$), баллы; a_{ij}^n – субъективная матричная оценка, выраженная при помощи экспертного

суждения – n , в классификаторах типа АНРМС(АМ)-М1.Н и FАНРМС-М1.Н, для повышения точности измерений рекомендуется округлять до десятичных или сотых (всегда выставляется в ячейку с ориентацией на большую величину в паре $A_i(j)$, а обратная оценка вычисляется по стандартному правилу в МАИ: $1/a_{ij}^n$), баллы; \vee – операция дизъюнкция (действие – или) из математической логики, которая позволяет по формуле 1 и 2 вычислить a_{ij} или a_{ij}^n при наличии разных условий измерения для разных классификаторов первого поколения МАИ; $A_i(j)$ и $A_j(i)$ – объекты матрицы парных сравнений, измеряемые в каких-либо единых единицах измерения при помощи каких-либо единых или смежных измерителей, ед. изм.; SS – Step of the Scale – это расчётный шаг шкалы, для повышения точности измерений рекомендуется его округлять до десятичных или сотых, баллы; $A_i(j)_{\max}$ и $A_i(j)_{\min}$ – максимальное и минимальное измерение объекта матрицы парных сравнений из числа её объектов $A_i(j)$ в каких-либо единых единицах измерения при помощи каких-либо единых или смежных измерителей, баллы; 8 и 9 – очень сильное и абсолютное предпочтение по шкале Т. Саати, баллы; +1 – необходимое действие для комбинаций М1.9 чтобы избежать грубые ошибки измерений и получения возможности корректного вычисления показателя согласованности матричных оценок – ОС при соблюдении определённых условий в модифицированном исполнении МАИ; М1.1-4, М1.5-8 и М1.9 – сокращённые название классификаторов для вариантов комбинаций МАИ первого поколения модификаций (таблица 3) принадлежащих «Е» целочисленной шкале [1;...;9] и дробночисленной [1;...;9] в формуле 1, дробночисленной [0;...;8]+1 в формуле 2.

В указанном случае эксперимента будем производить вычисления a_{ij}^n по формуле 1 и 2, для классификаторов FАНРМС-М1.Н. При этом подразумевается, что эксперт работал только с нечёткими измерениями объектов матрицы «NPV». В самой матрице он не работал, предоставлял только данные для этой экспериментальной работы. В результате использования формулы 1 и 2 находились числовые отметки для матричных оценок по целочисленной [1; ...;9] и дробночисленной модифицированной шкале Т. Саати в диапазоне [1; ...;9] и [0; ...;8]+1.

Сам процесс расчётов матричных оценок по формуле 1 и 2 сосредоточен в ячейках под диагональю равнозначно измеренных объектов,

а зеркальные над диагональными их значениями определены по стандартному условию МАИ – $1/a_{ij}^n$. Эти действия предприняты также для удобства реализации вычислений и восприятия экспериментальных данных в следствии реализации операции ранжирования входных данных.

Нормирование матричных оценок (n_{ij}^n) и вычисление локальных векторов приоритетов (w_{Ai}^n) эксперта – n , реализовывалось по следующим общеизвестным формулам [8, 9, 11]:

$$n_{ij}^n = \frac{a_{ij}^n}{\sum_{i=1}^k a_{ij}^n}, \quad (3)$$

$$w_{Ai}^n = \frac{\sum_{j=1}^k n_{ij}^n}{k}, \quad (4)$$

где $\sum_{i=1}^k a_{ij}^n$ – сумма оценок попарного сравнения объектов $A_i(j)$ в пределах каждого столбца матрицы ($j=\text{const}$), баллы; $\sum_{j=1}^k n_{ij}^n$ – обобщённая величина нормированных балльных оценок в пределах каждой строки матрицы ($i=\text{const}$); k – количество объектов $A_i(j)$ уровня иерархии, сравниваемых в границах матрицы.

Для проверки согласованности оценок в границах матрицы применялся показатель отношение согласованности (ОС) (CR – Consistency Ratio) по формуле [8, 9, 11]:

$$CR = \frac{CI}{RI}, \quad (5)$$

где CI – (Consistency Index) индекс согласованности; RI (Random Index) – табличный индекс согласованности определённой размерности матрицы, заполненной при случайном моделировании [8, 9, 11], в нашем эксперименте для матрицы размерностью 6×6 принимаем значение 1,24.

При этом должно соблюдаться условие: $OS < 0,1$. В свою очередь, CI:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - x}{x - 1}, \quad (6)$$

где λ_{\max} – собственное число матрицы парных сравнений, а x – размерность матрицы.

Далее, λ_{\max} :

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^k a_{ij}^n w_{Ai}^n. \quad (7)$$

Результаты исследований

С учётом изложенного материала в данной статье, указанных характеристик эксперимента и формул 1-7 были выполнены вычисления всех девяти комбинаций из таблицы 1 при помощи программы MS-Excel. Полученные результаты отображены в таблице 2 и 3.

Таблица 2.

Результаты проведённого эксперимента по решению проблем использования фундаментальной шкалы Т. Саати в форме разных модификаций первого поколения для повышения степени универсальности применения МАИ в методике выбора эффективных проектов и др. областях науки за счёт повышения точности измерений, баллы

Table 2.

The results of the experiment conducted to solve the problems of using the T. Saaty fundamental scale in the form of various modifications of the first generation to increase the degree of universality of the use of AHP in the methodology of selecting effective projects and other fields of science by increasing the accuracy of measurements, points

Объекты матрицы, млн руб. | Matrix objects, m. rub.	NPV ₈ ¹	NPV _{10,9} ²	NPV ₇₇ ³	NPV ₇₇ ⁴	NPV ₁₀₈ ⁵	NPV ₁₇₃ ⁶	Объекты матрицы, млн руб. | Matrix objects, m. rub.	NPV ₈ ¹	NPV _{10,9} ²	NPV ₇₇ ³	NPV ₇₇ ⁴	NPV ₁₀₈ ⁵	NPV ₁₇₃ ⁶	$\sum_{j=1}^k n_{ij}^n$	$w_{Ai}^n = \frac{\sum_{j=1}^k n_{ij}^n}{k}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<p>ГАНPMS-M1.1 / Шкала целочисленная [1; ...;9], только 8 основных интервалов измерения / $A_i^d = A_j^d \Rightarrow a_{ij}^d = 1 / A_i^{nd} = A_j^{nd} \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 1$</p> <p>Транзитивная цепь из $A_i(j)$: $NPV_{173}^{6(6)} > NPV_{108}^{5(5)} > NPV_{77}^{4(4)} = NPV_{77}^{3(3)} > NPV_{10,9}^{2(2)} = NPV_8^{1(1)}$</p> <p>Расширенная транзитивная цепь из $a_{ij} \vee a_{ij}^n$: $a_{61}^n = a_{62}^n > a_{51}^n = a_{52}^n = a_{63}^n = a_{64}^n > a_{41}^n = a_{42}^n = a_{31}^n = a_{32}^n = a_{65}^n > a_{53}^n = a_{54}^n > a_{43}^n = a_{21}^n \Rightarrow$ $\Rightarrow 9=9>5=5=5=5>4=4=4=4>2=2>1=1$</p> <p>Расширенная транзитивная цепь из $1/a_{ij} \vee 1/a_{ij}^n$: $a_{12}^n = a_{34}^n > a_{45}^n = a_{35}^n > a_{56}^n = a_{23}^n = a_{13}^n = a_{24}^n = a_{14}^n > a_{46}^n = a_{36}^n = a_{25}^n = a_{15}^n > a_{26}^n = a_{16}^n \Rightarrow$ $\Rightarrow 1=1>0,5000=0,5000>0,2500=0,2500=0,2500=0,2500=0,2500=0,2500>0,2000=0,2000=0,2000=0,2000>0,1111=0,1111$</p> <p>Транзитивная цепь из w_{Ai}^n: $w_{NPV_{173}^6}^n > w_{NPV_{108}^5}^n > w_{NPV_{77}^4}^n = w_{NPV_{77}^3}^n > w_{NPV_{10,9}^2}^n = w_{NPV_8^1}^n \Rightarrow$ $\Rightarrow 0,4936 > 0,1879 > 0,1215 = 0,1215 > 0,0378 = 0,0378$</p>															
NPV ₈ ¹	1	1	0,2500	0,2500	0,2000	0,1111	NPV ₈ ¹	0,0417	0,0417	0,0263	0,0263	0,0313	0,0593	0,2266	0,0378
NPV _{10,9} ²	1	1	0,2500	0,2500	0,2000	0,1111	NPV _{10,9} ²	0,0417	0,0417	0,0263	0,0263	0,0313	0,0593	0,2266	0,0378
NPV ₇₇ ³	4	4	1	1	0,5000	0,2000	NPV ₇₇ ³	0,1667	0,1667	0,1053	0,1053	0,0781	0,1068	0,7288	0,1215
NPV ₇₇ ⁴	4	4	1	1	0,5000	0,2000	NPV ₇₇ ⁴	0,1667	0,1667	0,1053	0,1053	0,0781	0,1068	0,7288	0,1215
NPV ₁₀₈ ⁵	5	5	2	2	1	0,2500	NPV ₁₀₈ ⁵	0,2083	0,2083	0,2105	0,2105	0,1563	0,1335	1,1275	0,1879
NPV ₁₇₃ ⁶	9	9	5	5	4	1	NPV ₁₇₃ ⁶	0,3750	0,3750	0,5263	0,5263	0,6250	0,5341	2,9618	0,4936
$\sum_{i=1}^k a_{ij}^n$	24	24	9,5	9,5	6,4	1,8722	$\sum_{i=1}^k n_{ij}^n$	1	1	1	1	1	1	6	1
<p>ГАНPMS-M1.2 / Шкала целочисленная [1; ...;9], только 8 основных интервалов измерения / $A_i^d = A_j^d \Rightarrow a_{ij}^d = 0 / A_i^{nd} = A_j^{nd} \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0$</p> <p>Транзитивная цепь из $A_i(j)$: $NPV_{173}^{6(6)} > NPV_{108}^{5(5)} > NPV_{77}^{4(4)} = NPV_{77}^{3(3)} > NPV_{10,9}^{2(2)} = NPV_8^{1(1)}$</p> <p>Расширенная транзитивная цепь из $a_{ij} \vee a_{ij}^n$: $a_{61}^n = a_{62}^n > a_{51}^n = a_{52}^n = a_{63}^n = a_{64}^n > a_{41}^n = a_{42}^n = a_{31}^n = a_{32}^n = a_{65}^n > a_{53}^n = a_{54}^n > a_{21}^n > a_{43}^n \Rightarrow$ $\Rightarrow 9=9>5=5=5=5>4=4=4=4>2=2>1>0$</p> <p>Расширенная транзитивная цепь из $1/a_{ij} \vee 1/a_{ij}^n$: $a_{12}^n > a_{45}^n = a_{35}^n > a_{56}^n = a_{23}^n = a_{13}^n = a_{24}^n = a_{14}^n > a_{46}^n = a_{36}^n = a_{25}^n = a_{15}^n > a_{26}^n = a_{16}^n > a_{34}^n \Rightarrow$ $\Rightarrow 1>0,5000=0,5000>0,2500=0,2500=0,2500=0,2500=0,2500=0,2500>0,2000=0,2000=0,2000=0,2000>0,1111=0,1111>0$</p> <p>Транзитивная цепь из w_{Ai}^n: $w_{NPV_{173}^6}^n > w_{NPV_{108}^5}^n > w_{NPV_{77}^4}^n = w_{NPV_{77}^3}^n > w_{NPV_{10,9}^2}^n = w_{NPV_8^1}^n \Rightarrow$ $\Rightarrow 0,4761 > 0,2091 > 0,1116 = 0,1116 > 0,0458 = 0,0458$</p>															

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<p>FAHPMS-M1.5 / Шкала дробночисленная [1; ...;9] в 8 основных интервалах измерения / $A_i^d = A_j^d \Rightarrow a_{ij}^d = 1 / A_i^{nd} = A_j^{nd} \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 1$</p> <p>Транзитивная цепь из $A_i(j)$: $NPV_{173}^{6(6)} > NPV_{108}^{5(5)} > NPV_{77}^{4(4)} = NPV_{77}^{3(3)} > NPV_{10,9}^{2(2)} > NPV_8^{1(1)}$</p> <p>Расширенная транзитивная цепь из $a_{ij}^n \vee a_{ij}^n$: $a_{61}^n > a_{62}^n > a_{51}^n > a_{52}^n > a_{63}^n = a_{64}^n > a_{41}^n = a_{31}^n > a_{42}^n = a_{32}^n > a_{65}^n > a_{53}^n = a_{54}^n > a_{21}^n = a_{43}^n \Rightarrow \Rightarrow 9 > 8,8418 > 5,4545 > 5,2964 > 5,2364 > 5,2364 > 3,7636 = 3,7636 > 3,6055 = 3,6055 > 3,5455 > 1,6909 = 1,6909 > 1 = 1$</p> <p>Расширенная транзитивная цепь из $1/a_{ij}^n \vee 1/a_{ij}^n$: $a_{34}^n = a_{12}^n > a_{45}^n = a_{35}^n > a_{56}^n > a_{23}^n = a_{24}^n > a_{13}^n = a_{14}^n > a_{46}^n = a_{36}^n > a_{25}^n > a_{15}^n > a_{26}^n > a_{16}^n \Rightarrow \Rightarrow 1 = 1 > 0,5914 = 0,5914 > 0,2821 > 0,2774 = 0,2774 > 0,2657 = 0,2657 > 0,1910 = 0,1910 > 0,1888 > 0,1833 > 0,1131 > 0,1111$</p> <p>Транзитивная цепь из w_{Ai}^n: $w_{NPV_{173}^6}^n > w_{NPV_{108}^5}^n > w_{NPV_{77}^4}^n = w_{NPV_{77}^3}^n > w_{NPV_{10,9}^2}^n > w_{NPV_8^1}^n \Rightarrow 0,4951 > 0,1874 > 0,1201 = 0,1201 > 0,0390 > 0,0383$</p>															
NPV_8^1	1	1	0,2657	0,2657	0,1833	0,1111	NPV_8^1	0,0417	0,0428	0,0281	0,0281	0,0301	0,0588	0,2295	0,0383
$NPV_{10,9}^2$	1	1	0,2774	0,2774	0,1888	0,1131	$NPV_{10,9}^2$	0,0417	0,0428	0,0293	0,0293	0,0310	0,0599	0,2339	0,0390
NPV_{77}^3	3,7636	3,6055	1	1	0,5914	0,1910	NPV_{77}^3	0,1569	0,1544	0,1056	0,1056	0,0969	0,1011	0,7206	0,1201
NPV_{77}^4	3,7636	3,6055	1	1	0,5914	0,1910	NPV_{77}^4	0,1569	0,1544	0,1056	0,1056	0,0969	0,1011	0,7206	0,1201
NPV_{108}^5	5,4545	5,2964	1,6909	1,6909	1	0,2821	NPV_{108}^5	0,2274	0,2268	0,1785	0,1785	0,1639	0,1494	1,1247	0,1874
NPV_{173}^6	9	8,8418	5,2364	5,2364	3,5455	1	NPV_{173}^6	0,3753	0,3787	0,5529	0,5529	0,5812	0,5296	2,9706	0,4951
$\sum_{i=1}^k a_{ij}^n$	23,9818	23,3491	9,4703	9,4703	6,1004	1,8882	$\sum_{i=1}^k n_{ij}^n$	1	1	1	1	1	1	6	1
<p>FAHPMS-M1.6 / Шкала дробночисленная [1; ...;9] в 8 основных интервалах измерения / $A_i^d = A_j^d \Rightarrow a_{ij}^d = 0 / A_i^{nd} = A_j^{nd} \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0$</p> <p>Транзитивная цепь из $A_i(j)$: $NPV_{173}^{6(6)} > NPV_{108}^{5(5)} > NPV_{77}^{4(4)} = NPV_{77}^{3(3)} > NPV_{10,9}^{2(2)} > NPV_8^{1(1)}$</p> <p>Расширенная транзитивная цепь из $a_{ij}^n \vee a_{ij}^n$: $a_{61}^n > a_{62}^n > a_{51}^n > a_{52}^n > a_{63}^n = a_{64}^n > a_{41}^n = a_{31}^n > a_{42}^n = a_{32}^n > a_{65}^n > a_{53}^n = a_{54}^n > a_{21}^n > a_{43}^n \Rightarrow \Rightarrow 9 > 8,8418 > 5,4545 > 5,2964 > 5,2364 = 5,2364 > 3,7636 = 3,7636 > 3,6055 = 3,6055 > 3,5455 > 1,6909 = 1,6909 > 1 > 0$</p> <p>Расширенная транзитивная цепь из $1/a_{ij}^n \vee 1/a_{ij}^n$: $a_{12}^n > a_{45}^n = a_{35}^n > a_{56}^n > a_{23}^n = a_{24}^n > a_{13}^n = a_{14}^n > a_{46}^n = a_{36}^n > a_{25}^n > a_{15}^n > a_{26}^n > a_{16}^n > a_{34}^n \Rightarrow \Rightarrow 1 > 0,5914 = 0,5914 > 0,2821 > 0,2774 = 0,2774 > 0,2657 = 0,2657 > 0,1910 = 0,1910 > 0,1888 > 0,1833 > 0,1131 > 0,1111 > 0$</p> <p>Транзитивная цепь из w_{Ai}^n: $w_{NPV_{173}^6}^n > w_{NPV_{108}^5}^n > w_{NPV_{77}^4}^n = w_{NPV_{77}^3}^n > w_{NPV_{10,9}^2}^n > w_{NPV_8^1}^n \Rightarrow \Rightarrow 0,4807 > 0,2074 > 0,1093 = 0,1093 > 0,0470 > 0,0462$</p>															
NPV_8^1	0	1	0,2657	0,2657	0,1833	0,1111	NPV_8^1	0	0,0447	0,0356	0,0356	0,0359	0,1251	0,2769	0,0462
$NPV_{10,9}^2$	1	0	0,2774	0,2774	0,1888	0,1131	$NPV_{10,9}^2$	0,0435	0	0,0371	0,0371	0,0370	0,1273	0,2821	0,0470
NPV_{77}^3	3,7636	3,6055	0	0	0,5914	0,1910	NPV_{77}^3	0,1638	0,1613	0	0	0,1160	0,2150	0,6561	0,1093
NPV_{77}^4	3,7636	3,6055	0	0	0,5914	0,1910	NPV_{77}^4	0,1638	0,1613	0	0	0,1160	0,2150	0,6561	0,1093
NPV_{108}^5	5,4545	5,2964	1,6909	1,6909	0	0,2821	NPV_{108}^5	0,2373	0,2370	0,2263	0,2263	0	0,3176	1,2446	0,2074
NPV_{173}^6	9	8,8418	5,2364	5,2364	3,5455	0	NPV_{173}^6	0,3916	0,3956	0,7010	0,7010	0,6951	0	2,8843	0,4807
$\sum_{i=1}^k a_{ij}^n$	22,9818	22,3491	7,4703	7,4703	5,1004	0,8882	$\sum_{i=1}^k n_{ij}^n$	1	1	1	1	1	1	6	1
<p>FAHPMS-M1.7 / Шкала дробночисленная [1; ...;9] в 8 основных интервалах измерения / $A_i^d = A_j^d \Rightarrow a_{ij}^d = 1 / A_i^{nd} = A_j^{nd} \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0$</p> <p>Транзитивная цепь из $A_i(j)$: $NPV_{173}^{6(6)} > NPV_{108}^{5(5)} > NPV_{77}^{4(4)} = NPV_{77}^{3(3)} > NPV_{10,9}^{2(2)} > NPV_8^{1(1)}$</p> <p>Расширенная транзитивная цепь из $a_{ij}^n \vee a_{ij}^n$: $a_{61}^n > a_{62}^n > a_{51}^n > a_{52}^n > a_{63}^n = a_{64}^n > a_{41}^n = a_{31}^n > a_{42}^n = a_{32}^n > a_{65}^n > a_{53}^n = a_{54}^n > a_{21}^n > a_{43}^n \Rightarrow \Rightarrow 9 > 8,8418 > 5,4545 > 5,2964 > 5,2364 > 3,7636 > 3,6055 = 3,6055 > 3,5455 > 1,6909 = 1,6909 > 1 > 0$</p> <p>Расширенная транзитивная цепь из $1/a_{ij}^n \vee 1/a_{ij}^n$: $a_{12}^n > a_{45}^n = a_{35}^n > a_{56}^n > a_{23}^n = a_{24}^n > a_{13}^n = a_{14}^n > a_{46}^n = a_{36}^n > a_{25}^n > a_{15}^n > a_{26}^n > a_{16}^n > a_{34}^n \Rightarrow \Rightarrow 1 > 0,5914 = 0,5914 > 0,2821 > 0,2774 = 0,2774 > 0,2657 = 0,2657 > 0,1910 = 0,1910 > 0,1888 > 0,1833 > 0,1131 > 0,1111 > 0$</p> <p>Транзитивная цепь из w_{Ai}^n: $w_{NPV_{173}^6}^n > w_{NPV_{108}^5}^n > w_{NPV_{77}^4}^n = w_{NPV_{77}^3}^n > w_{NPV_{10,9}^2}^n > w_{NPV_8^1}^n \Rightarrow 0,5169 > 0,1945 > 0,1046 = 0,1046 > 0,0401 > 0,0394$</p>															

Таблица 3.

Сравнение полученных результатов проведённого эксперимента по решению проблем использования фундаментальной шкалы Т. Саати в форме разных модификаций первого поколения для повышения степени универсальности применения МАИ в методике выбора эффективных проектов и др. областях науки за счёт повышения точности измерений

Table 3.

Comparison of the obtained results of the experiment conducted to solve the problems of using the T. Saaty fundamental scale in the form of various modifications of the first generation to increase the degree of universality of the use of AHP in the methodology of selecting effective projects and other fields of science by increasing the accuracy of measurements

Варианты шкал оценивания для методики и МАИ Variants of assessment scales for the methodology and AHP	Классификаторы и условия Classifiers and conditions	Объекты матрицы парных сравнений из иерархии решения проблемы выбора эффективных проектов, млн руб. | Objects of the matrix of paired comparisons from the hierarchy of solving the problem of choosing effective projects, m. rub.					
		A1(1) NPV ₈ ¹⁽¹⁾	A2(2) NPV _{10,9} ²⁽²⁾	A3(3) NPV ₇₇ ³⁽³⁾	A4(4) NPV ₇₇ ⁴⁽⁴⁾	A5(5) NPV ₁₀₈ ⁵⁽⁵⁾	A6(6) NPV ₁₇₃ ⁶⁽⁶⁾
1	2	3	4	5	6	7	8
Целочисленная [1; ...;9] только 8 основных интервалов измерения | Integer [1; ...;9] only 8 main measurement intervals	FAHPMS-M1.1 Ai(j) = Aj(i) ⇒ a _{ij} ^d = 1; Ai(j) = Aj(i) ⇒ a _{ij} nd = 1	$w_{Ai}^{M1.1}$:					
		0,0378	0,0378	0,1215	0,1215	0,1879	0,4936
		$\sum_{i=1}^{Ai} |\Delta w_{Ai}^{M1.1}| = 0,0370$, слагаемые:					
		0,0035	0,0012	0,0069	0,0069	0,0154	0,0031
		$\lambda_{max} = 6,2472$					
		CI = 0,0494					
	FAHPMS-M1.2 Ai(j) = Aj(i) ⇒ a _{ij} ^d = 0; Ai(j) = Aj(i) ⇒ a _{ij} nd = 0	$w_{Ai}^{M1.2}$:					
		0,0458	0,0458	0,1116	0,1116	0,2091	0,4761
		$\sum_{i=1}^{Ai} |\Delta w_{Ai}^{M1.2}| = 0,0530$, слагаемые:					
		0,0115	0,0092	0,0029	0,0029	0,0058	0,0206
		$\lambda_{max} = 5,3239$					
		CI = -0,1352					
	FAHPMS-M1.3 Ai(j) = Aj(i) ⇒ a _{ij} ^d = 1; Ai(j) = Aj(i) ⇒ a _{ij} nd = 0	$w_{Ai}^{M1.3}$:					
		0,0388	0,0388	0,1060	0,1060	0,1962	0,5143
		$\sum_{i=1}^{Ai} |\Delta w_{Ai}^{M1.3}| = 0,0485$, слагаемые:					
		0,0045	0,0022	0,0086	0,0086	0,0071	0,00175
$\lambda_{max} = 5,8822$							
CI = -0,0236							
FAHPMS-M1.4 Ai(j) = Aj(i) ⇒ a _{ij} ^d = 0; Ai(j) = Aj(i) ⇒ a _{ij} nd = 1	$w_{Ai}^{M1.4}$:						
	0,0445	0,0445	0,1312	0,1312	0,1987	0,4500	
	$\sum_{i=1}^{Ai} |\Delta w_{Ai}^{M1.4}| = 0,1028$, слагаемые:						
	0,0102	0,0079	0,0167	0,0167	0,0046	0,0468	
	$\lambda_{max} = 5,7410$						
	CI = -0,0518						
Дробночисленная [1; ...; 9] в 8 основных интервалах измерения | Fractional [1; ...;9] in 8 main measurement intervals	FAHPMS-M1.5 Ai(j) = Aj(i) ⇒ a _{ij} ^d = 1; Ai(j) = Aj(i) ⇒ a _{ij} nd = 1	$w_{Ai}^{M1.5}$:					
		0,0383	0,0390	0,1201	0,1201	0,1874	0,4951
		$\sum_{i=1}^{Ai} |\Delta w_{Ai}^{M1.5}| = 0,0350$, слагаемые:					
		0,0040	0,0024	0,0056	0,0056	0,0159	0,0016
		$\lambda_{max} = 6,181$					
		CI = 0,0362					
	FAHPMS-M1.6 Ai(j) = Aj(i) ⇒ a _{ij} ^d = 0; Ai(j) = Aj(i) ⇒ a _{ij} nd = 0	$w_{Ai}^{M1.6}$:					
		0,0462	0,0470	0,1093	0,1093	0,2074	0,4807
		$\sum_{i=1}^{Ai} |\Delta w_{Ai}^{M1.6}| = 0,0529$, слагаемые:					
		0,0119	0,0105	0,0052	0,0052	0,0041	0,0160
		$\lambda_{max} = 5,2301$					
		CI = -0,154					
CR(-0,1242) < 0,1, удовлетворяет неравенство							

Продолжение табл. 3 | Continuation of table 3 |

1	2	3	4	5	6	7	8
	ФАНPMS-M1.7 $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 1; A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0$	$w_{Ai}^{M1.7}$:					
		0,0394	0,0401	0,1046	0,1046	0,1945	0,5169
		$\sum_{i=1}^{Ai} |\Delta w_{Ai}^{M1.7}| = 0,0575$, слагаемые:					
		0,0051	0,0036	0,0100	0,0100	0,0088	0,0201
		$\lambda_{max} = 5,8152$ $CI = -0,0370$					
	CR(-0,0298) < 0,1, удовлетворяет неравенство						
	ФАНPMS-M1.8 $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0; A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 1$	$w_{Ai}^{M1.8}$:					
		0,0448	0,0456	0,1290	0,1290	0,1985	0,4531
		$\sum_{i=1}^{Ai} |\Delta w_{Ai}^{M1.8}| = 0,0968$, слагаемые:					
		0,0105	0,0090	0,0145	0,0145	0,0048	0,0436
$\lambda_{max} = 5,6474$ $CI = -0,0705$							
CR(-0,0569) < 0,1, удовлетворяет неравенство							
Дробночисленная [0; ...;8]+1 в 8 основных интервалах измерения | Fractional [0; ...;8]+1 in 8 main measurement intervals	ФАНPMS-M1.9 $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0+1=1; A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0+1=1$	$w_{Ai}^{M1.9}$:					
		0,0343	0,0366	0,1146	0,1146	0,2033	0,4967
		$w_{Ai}^{M1.9}$ является базой для вычисления $\Delta w_{Ai}^{M1.N}$					
		$\lambda_{max} = 6,4071$ $CI = 0,0814$					
		CR(0,0657) < 0,1, удовлетворяет неравенство					
Абсолютные отклонения локальных векторов 8-ми комбинаций по отношению к локальному вектору комбинации 9, по каждому объекту $A_i(j)$ | Absolute deviations of local vectors of 8 combinations with respect to the local vector of combination 9, for each object $A_i(j)$	$\sum_{i=1}^{M1.N} \sum_{N=1}^{M1.N} \sum_{i=const} \Delta w_{Ai}^{M1.N} = 0,4836$, слагаемые:						
	NPV ₈ ¹⁽¹⁾	NPV _{10,9} ²⁽²⁾	NPV ₇₇ ³⁽³⁾	NPV ₇₇ ⁴⁽⁴⁾	NPV ₁₀₈ ⁵⁽⁵⁾	NPV ₁₇₃ ⁶⁽⁶⁾	
	0,0609	0,0461	0,0703	0,0703	0,0666	0,1694	
Абсолютные отклонения локальных векторов 8-ми комбинаций по отношению к локальному вектору комбинации 9, по каждой модификации $M1.N \sum_{N=1}^{M1.N} \sum_{i=1}^{Ai} \Delta w_{Ai}^{M1.N} = 0,4836$, слагаемые:							
M1.1	M1.2	M1.3	M1.4	M1.5	M1.6	M1.7	M1.8
0,0370	0,0530	0,0485	0,1028	0,0350	0,0529	0,0575	0,0968

Примечание к таблице 3. Важно отметить, что указанные экспериментальные данные в большей степени ориентированы на классификатор ФАНPMS-M1.N. Однако полученные результаты эксперимента будут вполне справедливы по отношению к классификаторам АНPMS(AM)-M1.N и АНPDD-M1.N, т.к. вычисление матричных оценок по формуле 1 и 2 осуществляется стандартно для всех указанных классификаторов с учётом трёх нестандартных случаев [11] в границах целочисленной [1; ...; 9] и дробночисленных шкал [1; ...; 9] или [0; ...; 8] + 1. Отличие заключается лишь в источниках, уровня доверия, определённости и др. характеристик данных измерения объектов иерархии в матрицах. Что касается классификатора АНPMS-M1.N, то он отличается от остальных трёх тем, что обладает свойствами низкой точности измерений из за явно выраженного фактора субъективизма, полной или частичной неопределённости измерений данных, полным или частичным отсутствием какой-либо связи с измерителями и измерениями объектов в матрице иерархии и т.д. (таблица 4 из ист. [11]).

При этом оценивание в АНPMS-M1.N эксперты производят напрямую в ячейках матрицы согласно шкале и двум условиям, принадлежащих той или иной комбинации из девяти предложенных, минуя формулу 1(2) и её приложения. Поэтому полученные результаты эксперимента будут тоже справедливы по отношению к АНPMS-M1.N тоже.

Обсуждение результатов

После того, как все девять комбинаций просчитаны опишем резервы роста точности измерений локальных векторов приоритетов с учётом ранее сформулированных решений пяти проблем [11]. Это позволит нам выбрать и утвердить эталон эксперимента для практики использования МАИ в разных областях науки и в методике выбора эффективных проектов в том числе.

Эталоном измерения векторных оценок будем считать ту модификацию (комбинацию), которая в большей степени будет отвечать требованиям высокой точности измерений по результату реализованного анализа экспериментальных данных.

Для корректного использования формулы 1(2) следует выполнять несколько обязательных правил [11], которые позволят максимально эффективно использования резервы роста точности измерений.

Первое правило для использования формулы 1 и 2. Все объекты матрицы парных сравнений должны быть привязаны к единым или смежным измерителям и к единым измерениям в чётком («жёстко» детерминированные данные) или нечётком выражении, условно искусственного или условно естественного характера. Если в матрице присутствуют объекты, которые не соответствуют указанному правилу, то их следует: постараться измерить в единых единицах измерения при помощи каких-либо единых или смежных измерителей; применить другие единые или смежные единицы измерения, пригодные для всех объектов матрицы парных сравнений; в крайнем случае заменить на смежный объект или вовсе исключить из матрицы. Если указанное правило не соблюдается, то эксперт (-ты) будут вынуждены использовать классификаторы АНР-М0.0(N) или АНРMS-М1.N (таблица 4). При этом дробночисленные шкалы [1; ...;9] и [0; ...;8]+1 вполне могут стать альтернативой целочисленной шкале [1; ...;9]. Просто эксперты будут реализовывать оценивание традиционно – попарно в ячейках матрицы, как завещал Т. Саати.

Второе правило для использования формулы 1. В случае применения целочисленной шкалы [1; ...;9] все значения, вычисленные по формуле 1 округляются по правилам математики до целых чисел, но если соблюдается условие $(a_{ij} \vee a_{ji}^n) < 1$, то всегда до единицы. Для дробночисленной шкалы [1; ...;9] при обнаружении условия $(a_{ij} \vee a_{ji}^n) < 1$ округление делается всегда до единицы.

Указанные основные и др. [11] условия для использования резервов роста точности измерений для модификаций МАИ первого поколения в эксперименте выполнены.

Резерв 1. Рост точности измерений за счёт введения дробночисленных измерений $a_{ij} \vee a_{ji}^n$, которые получены при помощи формулы 1 и 2. Это решение позволит не только повысить точность измерений $a_{ij} \vee a_{ji}^n$, но и использовать условно неограниченное число объектов $A_i(j)$ в матрице парных сравнений. Что способствовало введению новых категорий: «Суперзадача» (Super Task); «Суперматрица» (Super Matrix); «Супериерархия» (Super Hierarchy); «Супермассив Данных» (Super Data Array) [11].

Эти категории будут дополнительно раскрыты и в др. статьях автора. Кроме того, дробночисленное измерение позволяет делать «тонкие» различия между примерно равными сравниваемыми объектами или между объектами, отличающимися в разы, десяти, сто и более кратном измерении. Поэтому резерв 1 очень важен, особенно когда решается проблема распределения инвестиционного денежного потока или другого ограниченного ресурса по проектам и не только.

Резерв 1 использован в модификациях первого поколения М1.5–9, при этом более точные измерения находятся в диапазоне [0; ...;8]+1, а не [1; ...;9]. В случаях М1.1–4 присутствуют неточные или даже «очень грубые» измерения $a_{ij} \vee a_{ji}^n$, безразличные к тонким параметрам из-за целочисленной шкалы [1; ...;9]. А для М1.5–М1.8 свойственна грубая ошибка измерений матричных оценок, т.к. применяется обязательное второе правило. Без этого правила в случаях $(a_{ij} \vee a_{ji}^n) < 1$ можно получить алогизм [11], который повлечёт за собой очень грубые искажения и даже ошибки в вычислениях. Поэтому забегая вперёд отметим в качестве эталона измерений модифицированного МАИ в первом поколении комбинацию М1.9. Далее результаты анализа экспериментальных данных это подтвердят.

Указанные неточности особенно очень грубые не могут быть допущены в науке математика, которая стремится к точным измерениям в разных проявлениях, даже если и МАИ считается нечётким измерителем экспертных суждений в решении задач многокритериального выбора. Да и вообще имеет ли научно-математический смысл классическая форма МАИ, которая работает с объектами иерархии A_i , не привязанными к единым измерениям и измерителям или всё же требуются решения, обладающие новизной и полезные для теории и практики в разных областях науки? На этот вопрос автор отвечает в данной и в уже опубликованной статье [11], где модифицируется МАИ, а также продолжит это делать в будущем.

Например для комбинаций М1.5–М1.8 и М1.9 матричная оценка a_{21}^n была вычислена по формуле 1 и 2, следующим образом:

$$a_{21}^n = \frac{|10,9-8|}{((173-8)/9)} = 0,1582 \Rightarrow 1 \in [1; \dots; 9]_{M1.1-4} [1; \dots; 9]_{M1.5-8}$$

$$a_{21}^n = \frac{|10,9-8|}{((173-8)/8)} + 1 = 1,1406 \in [0; \dots; 8] + 1, M1.9.$$

Для комбинаций М1.1–4 значение $a_{21}^n = 1$ балл и для М1.5–8 значение $a_{21}^n = 1$ балл т.к. применялось правило 2, которое требует округления до единицы во всех случаях в которых соблюдается неравенство типа –

$(a_{ij} \vee a_{ij}^n) < 1$. Что касается М1.9, то согласно вычислению по формуле 2 – a_{21}^n принято в размере 1,1406 балла. Обратная оценка вычислялась по стандартному правилу МАИ – $a_{12}^n = 1/a_{21}^n$, баллы: $1/1=1$; $1/1,1406=0,8767$. Другие матричные оценки вычислялись по аналогии с учётом указанных правил, условий и др. инструкций.

Резерв 2. Резервы роста точности измерений заключаются в реализации двух принятых условий [11], при которых $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij} \vee a_{ij}^n = 0 \vee 1 \Rightarrow a_{ij}^d = 0 \vee 1$ и $a_{ij}^{nd} = 0 \vee 1$ в различных сочетаниях.

Первое условие $a_{ij}^d = 1$ оказывает негативное влияние на точность измерений a_{ij}^n и $\sum_{i=1}^k a_{ij}^n$, далее на n_{ij}^n , потом на $\sum_{j=1}^k n_{ij}^n$ и в завершении на $w_{Ai}^n = \sum_{j=1}^k n_{ij}^n / k$ согласно полученным экспериментальным данным в таблице 2 и 3. При этом негативное влияние есть ничто иное, как «симметричное» искажение точности измерений промежуточных показателей и конечных векторных величин.

Например, в М1.6, где $a_{ij}^d = 0$ и $a_{ij}^{nd} = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^k a_{ij}^n$ по столбцам A_j : 22,9818; 22,3491; 7,4703; 7,4703; 5,1004; 0,8882. А в М1.7, где $a_{ij}^d = 1$ и $a_{ij}^{nd} = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^k a_{ij}^n$ по столбцам A_j : 23,9818; 23,3491; 8,4703; 8,4703; 6,1004; 1,8882. Очевидно, разница в «1». Соответственно в М1.7 появились дополнительные измерения в форме n_{ij}^d за счёт других n_{ij}^n т.к. операция нормирования – $n_{ij}^n = a_{ij}^n / \sum_{i=1}^k a_{ij}^n$ и $w_{Ai}^n = \sum_{j=1}^k n_{ij}^n / k$ даёт «1» для $\sum_{i=1}^k n_{ij}^n = 1$ и $\sum_{i=1}^k w_{Ai}^n = 1$, то получают искажённо измеренные данные: 0,0401; 0,1046; 0,1046; 0,1945; 0,5169.

Второе условие $a_{ij}^{nd} = 1$ оказывает «асимметричное» негативное влияние на суммы столбцов, к которым они принадлежат $\sum_{i=1}^k a_{ij}^n$, далее на их n_{ij}^n , потом на все $\sum_{j=1}^k n_{ij}^n$ и в завершении на все $w_{Ai}^n = \sum_{j=1}^k n_{ij}^n / k$, согласно полученным экспериментальным данным в таблице 2 и 3.

Например, в М1.6, где $a_{ij}^d = 0$ и $a_{ij}^{nd} = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^k a_{ij}^n$ по столбцам A_j : 22,9818; 22,3491; 7,4703; 7,4703; 5,1004; 0,8882. А в М1.8, где $a_{ij}^d = 0$ и $a_{ij}^{nd} = 1 \Rightarrow \sum_{i=1}^k a_{ij}^n$ по столбцам A_j : 22,9818; 22,3491; 8,4703; 8,4703; 5,1004; 0,8882. Очевидно, разница в «1» для объектов А3 и А4. Соответственно в М1.8 появились дополнительные измерения в форме n_{ij}^{nd} для А3 и А4 за счёт других n_{ij}^n по их столбцам, т.к. операция нормирования $n_{ij}^n = a_{ij}^n / \sum_{i=1}^k a_{ij}^n$ по их столбцам в границах «1»: $n_{34}^n = 1/8,4703 = 0,1181$; $n_{34}^{nd} = 1/8,4703 = 0,1181$.

В описанных случаях для М1.7 и М1.8 в конечном счёте можно наблюдать неточность измерения локальных векторов приоритетов. Появление хотя бы одной диагональной или не диагональной «1» влияет на размер всех векторных оценок т.к. соблюдаются условия $\sum_{i=1}^k w_{Ai}^n = 1$ через нормирование. При этом, чем меньше размер матрицы и разница между сравниваемыми объектами, тем больше искажений привносит эта «1». Похожие искажения измерений можно наблюдать в М1.5 т.к. там соблюдаются следующие условия: $i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 1$; $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 1$.

Указанный резерв 2 в полной мере можно использовать в модификации М1.9, где соблюдаются условия $a_{ij}^d = 0$ и $a_{ij}^{nd} = 0$. При этом +1 в М1.9 не окажет влияния на точность измерений, т.к. операция +1 реализуется для всех матричных оценок $a_{ij} \vee a_{ij}^n$ (только не для $1/a_{ij} \vee 1/a_{ij}^n$) и только после этого вычисляются их обратные значения $1/a_{ij} \vee 1/a_{ij}^n$. Комбинации М1.2 и М1.6 даже при соблюдении указанных условий содержат значимые неточности и ошибки в измерениях матричных оценок и не только (таблица 4). Поэтому, даже при частичном или полном использовании резерва 2 их следует отклонить по следующим основным причинам: М1.2 очень низкая точность измерений т.к. шкала целочисленная [1; ...;9], а показатель CR(OC) со знаком «минус»; М1.6 если в некоторых ячейках матричная оценка удовлетворяет неравенство $(a_{ij} \vee a_{ij}^n) < 1$, то согласно введённому правилу 2 следует производить округления до «1», также показатель CR(OC) со знаком «минус».

Резерв 3. Резервы роста точности измерений за счёт достижения максимально возможной согласованности матричных оценок, выраженных не только через показатель ОС, но и в первую очередь за счёт новых форм построения транзитивных цепей.

Показатель ОС адекватен только для индивидуальных (не для агрегированных.) матричных оценок экспертов полученных при помощи комбинаций АНРМС(АМ)-М1.Н и FАНРМС-М1.Н. ОС адекватен и в случае АНРДД-М1.Н, но при использовании формулы 1 или 2 он будет лишним т.к. данные жёстко детерминированы, а эксперты в принципе не нужны.

Для классического исполнения МАИ, всех остальных комбинаций нулевого поколения модификаций, а также для АНРМС-М1.Н адекватность ОС под большим сомнением. При работе с матрицами, обладающими размером более чем 7 ± 9 , большими или даже суперформатами показатель ОС теряет всякий смысл.

Ограничение размера матрицы, заданное: Т. Саати – не более 7 ± 9 (объясняет это психологическим порогом эксперта и ограниченностью верхнего предела целочисленной 9-балльной шкалы); табличные значения согласованности случайных матриц до 15. Если матрица размером более чем 7 ± 9 и в ней нет равных объектов, при этом если использовать целочисленную 9-балльную шкалу, то показатель ОС никогда не будет меньше 0,1 – просто не хватит целочисленных интервалов измерения, их всего восемь.

Даже в пределах матрицы размером 15 если использовать дробночисленную шкалу это будет пределом для показателя ОС т.к. табличные данные случайной согласованности матрицы рассчитаны до 15, больших значений современная наука пока не даёт. Если матрица по размерам в диапазоне $[7 \pm 9; \dots; 15]$, то показатель ОС можно получить меньше 0,1 даже при наличии небольших и даже средних нарушений принципа транзитивности.

Также при правильной транзитивной логике и наличия в матрице оценок «0» показатель ОС чаще всего будет $ОС < 0$, а если нарушить принцип транзитивности, то показатель ОС не всегда адекватно сработает и покажет это нарушение $ОС > 0,1$. Это можно увидеть в классификаторах типа М1.2, М1.3, М1.4, М1.6, М1.7, М1.8 (таблицы 2 и 3) и др. возможных модификаций нулевого, первого и второго поколений.

Последняя ошибка измерений которую пропускает $ОС > 0,1$ – это эффект «Rank Reversal». По этому поводу автор подготовил отдельную публикацию.

По указанным и мн. др. причинам в том числе и описанных в ист. автора [11], показатель ОС является очень ограниченным в применении. Планируется специальная публикация с экспериментальными данными (которые у автора уже есть) по поводу адекватности показателя ОС.

В качестве альтернативы которая чаще всего может заменить чем дополнить показатель ОС для повышения качества измерений в МАИ предлагаются четыре варианта исполнения транзитивных цепей:

1. Транзитивная цепь из объектов $A_i(j)$ на базе их измерений. Является базовым ориентиром для сравнения с транзитивной цепью варианта 4.

2. Расширенная транзитивная цепь из $a_{ij} \vee a_{ij}^n$ позволяет проверить транзитивность полученных оценок при помощи формулы 1 и 2. Если в транзитивной цепи обнаружатся ошибки, то следует проверить вычисления матричных оценок по формуле 1(2), т.к. корректное

использование именно этой формулы является гарантом выполнения транзитивного принципа для вариантов 2-4.

3. Расширенная транзитивная цепь из $1/a_{ij} \vee 1/a_{ij}^n$. Обычно если транзитивная цепь варианта 2 не содержит нарушений, то транзитивная цепь данного варианта тоже не должна содержать нарушения. Справедливо и обратное утверждение.

4. Транзитивная цепь из локальных векторов приоритетов $w_{A_i}^n$ является последним и важным вариантом. Эта цепь должна соответствовать базовому ориентиру, отображенному в варианте 1, а точность пропорций и/или измерений локальных векторов приоритетов будет зависеть от соблюдения принципа транзитивности в вариантах 2 и 3.

Примечание. Описанная альтернатива полностью правомерна и должна применяться для индивидуальных экспертных матричных оценок a_{ij}^n при использовании АНРМС(АМ)-М1.Н, ФАНРМС-М1.Н и для a_{ij} – АНРДД-М1.Н. Что касается проверки согласованности агрегированных экспертных оценок a_{ij}^{ag} для АНРМС(АМ)-М1.Н и ФАНРМС-М1.Н, описанную альтернативу следует применять только совместно с математической статистикой (MS – Mathematical Statistics – математическая статистика). В ист. [11] автор уже описал основные положения MS для модификации МАИ. В классическом исполнении МАИ и его возможных модификаций АНР-М0.0(Н), а также для АНРМС-М1.Н применение указанной альтернативы бессмысленно, т.к. все, почти все или некоторые объекты не имеют привязки к единым или смежным измерителям и единым измерениям. Проверить согласованность матричных оценок a_{ij}^n и a_{ij}^{ag} можно при помощи MS в комбинации АНРМС-М1.Н, но при этом следует знать, что эта проверка не будет иметь реального основания из за отсутствия указанной привязки к единым измерениям.

Именно по этим цепям есть возможность обнаружить нарушения принципа транзитивности на разных этапах вычислений локальных векторов приоритетов и при их обнаружении внести соответствующие исправления. Также при необходимости можно добавить побочные транзитивные цепи на базе $\sum_{i=1}^k a_{ij}^n$ или n_{ij} , или $\sum_{i=1}^k n_{ij}^n$, или $\sum_{j=1}^k n_{ij}^n$ (пример для представленной экспериментальной базы ФАНРМС-М1.Н). По мнению автора, нет принципиальной важности в этих побочных цепях. Поэтому они и не показаны в экспериментальных данных.

Ещё один способ повышения эффективности использования резерва 3 будет описан в модификациях МАИ второго или др. возможных поколений. Суть идеи заключается в трансформации имеющихся данных измерений матричных объектов в девятиричное измерение. Это действие даст возможность сформировать идеальную матрицу вычислений матричных оценок, которые в свою очередь позволят использовать резервы роста точности измерений из показателя ОС, который в этой модификации должен быть равен нулю и приблизить пользователя МАИ к идеально точной оценке локальных векторов приоритетов. Пока выдвинутая идея является гипотезой.

Описанный резерв роста точности измерений 3 вполне применим для всех комбинаций М1.1–9 с учётом указанных требований. Данные эксперимента в таблице 2 полностью подтвердили правильность предложенной альтернативы из четырёх транзитивных цепей. Все транзитивные цепи друг друга подтвердили, поэтому ошибок в измерениях допущено не было.

Итак, после того, как изложены проблемы и их решения, связанные с поиском и использованием резервов роста точности измерений локальных векторов приоритетов в границах девяти модификаций МАИ первого поколения по результатам анализа экспериментальных данных в качестве эталона принимается комбинация М1.9. Именно этот эталон отличается от остальных восьми очень высоким уровнем точности оценки (измерения) векторов. Для того, чтобы измерить точность др. восьми комбинаций по отношению к 9-ой была использована операция модульной разности абсолютных значений локальных векторов приоритетов $\Delta w_{Ai}^{M1.N}$:

$$\Delta w_{Ai}^{M1.N} = [ref.w_{Ai}^{M1.N} - w_{Ai}^{M1.N}], \quad (8)$$

где $ref.w_{Ai}^{M1.N}$ – (reference – эталон) эталонный локальный вектор приоритета, измеряющий объект Ai в матрице парных сравнений, в экспериментальном примере – это комбинация 9– $ref.w_{Ai}^{M1.9}$; $w_{Ai}^{M1.N}$ – не эталонный локальный вектор приоритета, измеряющий объект Ai в матрице парных сравнений, в экспериментальном примере для комбинаций М1.1–8.

Результаты вычислений представлены в таблице 3. Абсолютные отклонения локальных векторов 8-ми комбинаций по отношению к локальным векторам комбинации 9 составили в сумме 0,4836 для Ai -ых объектов с учётом горизонтального и для модификации М1.N с учётом вертикального принципа в равной конечной степени.

Далее для присвоения уровня точности измерений локальных векторов приоритетов, полученных при помощи комбинаций М1.1–8 воспользуемся формулами для вычисления среднеквадратических отклонений и коэффициентов вариаций по вертикальному, горизонтальному и вертикально-горизонтальному принципу:

$$\begin{aligned} \sigma^{M1.N} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{Ai} (w_{Ai}^{M1.N} - ref.w_{Ai}^{M1.9})^2}{N=const}} = \\ &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{Ai} |\Delta w_{Ai}^{M1.N}|^2}{N=const}}, \quad (9) \end{aligned}$$

$$v^{M1.N} = \frac{\sigma^{M1.N}}{ref.w_{Ai}^{M1.9}} \times 100, \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{w_{Ai}}^n &= \sqrt{\frac{\sum_{i=const}^{M1.N} (w_{Ai}^{M1.N} - ref.w_{Ai}^{M1.9})^2}{N=1}} = \\ &= \sqrt{\frac{\sum_{i=const}^{M1.N} |\Delta w_{Ai}^{M1.N}|^2}{N=1}}, \quad (11) \end{aligned}$$

$$v_{w_{Ai}}^n = \frac{\sigma_{w_{Ai}}^n}{ref.w_{Ai}^{M1.9}} \times 100, \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \sigma^{M1} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{Ai:N} (w_{Ai}^{M1.N} - ref.w_{Ai}^{M1.9})^2}{N=1}} = \\ &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{Ai:N} |\Delta w_{Ai}^{M1.N}|^2}{N=1}}, \quad (13) \end{aligned}$$

$$v^{M1} = \frac{\sigma^{M1}}{ref.w_{Ai}^{M1.9}} \times 100, \quad (14)$$

где $\sigma^{M1.N}$ и $v^{M1.N}$ – среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации с учётом вертикального принципа для комбинаций М1.1–8 по отношению к эталону М1.9;

$\sigma_{w_{Ai}}^n$ и $v_{w_{Ai}}^n$ – среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации с учётом горизонтального принципа для векторных оценок w_{Ai}^n комбинаций М1.1–8 по отношению к эталону М1.9;

σ^{M1} и v^{M1} – среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации с учётом вертикально-горизонтального принципа для всех векторных оценок w_{Ai}^n , по всем комбинациям М1.1–8 по отношению к эталону М1.9;

$w_{Ai}^{M1.N}$ – абсолютное выражение локальных векторов Ai из числа не эталонных комбинаций М1.1–8;

$ref.w_{Ai}^{M1.9}$ – абсолютное выражение локальных векторов Ai из принятой эталонной комбинации М1.9;

n – количество слагаемых действий в числителе формулы 9, 11 и 13.

Подставим данные из таблицы 3 в формулы 9-14 и выполним расчёты:

$$\sigma_{M1.1} = \sqrt{\frac{0,0035^2 + 0,0012^2 + 0,0069^2 + 0,0069^2 + 0,0154^2 + 0,0031^2}{6}} = 0,0077,$$

$$\sigma_{M1.2} = \sqrt{\frac{0,0115^2 + 0,0092^2 + 0,0029^2 + 0,0029^2 + 0,0058^2 + 0,0206^2}{6}} = 0,0107,$$

$$\sigma_{M1.3} = \sqrt{\frac{0,0045^2 + 0,0022^2 + 0,0086^2 + 0,0086^2 + 0,0071^2 + 0,0175^2}{6}} = 0,0094,$$

$$\sigma_{M1.4} = \sqrt{\frac{0,0102^2 + 0,0079^2 + 0,0167^2 + 0,0167^2 + 0,0046^2 + 0,0468^2}{6}} = 0,0221,$$

$$\sigma_{M1.5} = \sqrt{\frac{0,0040^2 + 0,0024^2 + 0,0056^2 + 0,0056^2 + 0,0159^2 + 0,0016^2}{6}} = 0,0075,$$

$$\sigma_{M1.6} = \sqrt{\frac{0,0119^2 + 0,0105^2 + 0,0052^2 + 0,0052^2 + 0,041^2 + 0,0160^2}{6}} = 0,0098,$$

$$\sigma_{M1.7} = \sqrt{\frac{0,0051^2 + 0,0036^2 + 0,0100^2 + 0,0100^2 + 0,0088^2 + 0,0201^2}{6}} = 0,0110,$$

$$\sigma_{M1.8} = \sqrt{\frac{0,0105^2 + 0,0090^2 + 0,0145^2 + 0,0145^2 + 0,0048^2 + 0,0436^2}{6}} = 0,0206,$$

$$\nu^{M1.1} = \frac{0,0077}{0,1667} \times 100 = 4,62\%,$$

$$\nu^{M1.2} = \frac{0,0107}{0,1667} \times 100 = 6,45\%,$$

$$\nu^{M1.3} = \frac{0,0094}{0,1667} \times 100 = 5,64\%,$$

$$\nu^{M1.4} = \frac{0,0221}{0,1667} \times 100 = 13,26\%,$$

$$\nu^{M1.5} = \frac{0,0075}{0,1667} \times 100 = 4,50\%,$$

$$\nu^{M1.6} = \frac{0,0098}{0,1667} \times 100 = 5,89\%,$$

$$\nu^{M1.7} = \frac{0,0110}{0,1667} \times 100 = 6,57\%,$$

$$\nu^{M1.8} = \frac{0,0206}{0,1667} \times 100 = 12,33\%,$$

$$\sigma_{w_{NPV_8}^n} = \sqrt{\frac{0,0035^2 + 0,0115^2 + 0,0045^2 + 0,0102^2 + 0,0040^2 + 0,0119^2 + 0,0051^2 + 0,0105^2}{8}} = 0,0084,$$

$$\sigma_{w_{NPV_{10,9}}^n} = \sqrt{\frac{0,0012^2 + 0,0092^2 + 0,0022^2 + 0,0079^2 + 0,0024^2 + 0,0105^2 + 0,0036^2 + 0,0090^2}{8}} = 0,0067,$$

$$\sigma_{w_{NPV_{77}^n}^{(3)}} = \sqrt{\frac{0,0069^2 + 0,0029^2 + 0,0086^2 + 0,0167^2 + 0,0056^2 + 0,0052^2 + 0,0100^2 + 0,0145^2}{8}} = 0,0098,$$

$$\sigma_{w_{NPV_{77}^n}^{(4)}} = \sqrt{\frac{0,0069^2 + 0,0029^2 + 0,0086^2 + 0,0167^2 + 0,0056^2 + 0,0052^2 + 0,0100^2 + 0,0145^2}{8}} = 0,0098,$$

$$\sigma_{w_{NPV_{108}^n}^{(5)}} = \sqrt{\frac{0,0154^2 + 0,0058^2 + 0,0071^2 + 0,0046^2 + 0,0159^2 + 0,0041^2 + 0,0088^2 + 0,0048^2}{8}} = 0,0094,$$

$$\sigma_{w_{NPV_{173}^n}^{(6)}} = \sqrt{\frac{0,0031^2 + 0,0206^2 + 0,0175^2 + 0,0468^2 + 0,0016^2 + 0,0201^2 + 0,0436^2}{8}} = 0,0262,$$

$$\nu_{NPV_8}^{w_n(1)} = \frac{0,0084}{0,0343} \times 100 = 24,35\%,$$

$$\nu_{NPV_{10,9}}^{w_n(2)} = \frac{0,0067}{0,0366} \times 100 = 18,44\%,$$

$$\nu_{NPV_{77}^n}^{(3)} = \frac{0,0098}{0,1146} \times 100 = 8,59\%,$$

$$\nu_{NPV_{77}^n}^{(4)} = \frac{0,0098}{0,1146} \times 100 = 8,59\%,$$

$$\nu_{NPV_{108}^n}^{(5)} = \frac{0,0094}{0,2033} \times 100 = 4,64\%,$$

$$\nu_{NPV_{173}^n}^{(6)} = \frac{0,0262}{0,4967} \times 100 = 5,28\%,$$

$$\sigma_{M1} =$$

$$\sqrt{\frac{0,0035^2 + 0,0012^2 + 0,0069^2 + 0,0154^2 + 0,0031^2 + 0,0115^2 + 0,0092^2 + 0,0029^2 + 0,0029^2 + 0,0058^2 + 0,0206^2 + 0,0045^2 + 0,0022^2 + 0,0086^2 + 0,0086^2 + 0,0071^2 + 0,0175^2 + 0,0102^2 + 0,0079^2 + 0,0167^2 + 0,0167^2 + 0,0046^2 + 0,0468^2 + 0,0040^2 + 0,0024^2 + 0,0056^2 + 0,0056^2 + 0,0159^2 + 0,0016^2 + 0,0119^2 + 0,0105^2 + 0,0052^2 + 0,0052^2 + 0,041^2 + 0,0160^2 + 0,0051^2 + 0,0036^2 + 0,0100^2 + 0,0100^2 + 0,0088^2 + 0,0201^2 + 0,0105^2 + 0,0090^2 + 0,0145^2 + 0,0145^2 + 0,0048^2 + 0,0436^2}{48}} =$$

$$= 0,0134,$$

$$\nu^{M1} = \frac{0,0134}{0,1667} \times 100 = 8,07\%.$$

Расчёты дали следующие результаты: среднее вертикальное отклонение всех комбинаций M1.1-8 от эталона M1.9 – $\nu^{M1} = 7,41\%$; среднее горизонтальное отклонение всех векторных оценок из всех комбинаций M.1.1-8 от эталона M1.9 – $\overline{\nu_{w_{Ai}}} = 11,65\%$; вертикально-горизонтальное отклонение всех векторных оценок из всех комбинаций M.1.1-8 от эталона M1.9 – $\nu^{M1} = 8,07\%$. Что частные, что усреднённые коэффициенты вариаций во всех случаях получились статистически значимыми отклонениями от эталона M1.9, особенно если цель эксперимента поиск решений проблем повышения точности измерений локальных векторов приоритетов. Поэтому все эти отклонения следует признать критичными, а на основании всех полученных экспериментальных данных и их анализа *признать комбинацию M1.9 эталоном с очень высокой точностью измерений для первого поколения модификаций МАИ*. Всем остальным комбинациям, согласно полученным данным вертикального анализа отклонений и всем др. результатам исследования

следует присвоить следующие уровни точности измерения локальных векторов с учётом степени доверия к ним на базе вербально-

числовой шкалы Е. Харрингтона, которые представим в форме таблицы 4.

Таблица 4.

Присвоение уровней точности измерений локальных векторов и определения степени доверия к ним для девяти модификаций МАИ первого поколения на основании данных вертикального статистического анализа и других полученных результатов проведённого эксперимента*

Table 4.

Assigning levels of local vectors measurements accuracy and determining the degree of confidence in them for nine modifications of the first-generation AHP based on data from vertical statistical analysis and other results of the experiment

Уровень точности измерений локальных векторов по инверсированной вербально-числовой шкале Е. Харрингтона с учётом её адаптации к полученным среднеквадратическим отклонениям и вариациям | The level of accuracy of local vectors measurements on the E. Harrington inverted verbal-numerical scale, taking into account its adaptation to the obtained standard deviations and variations	Классификаторы с учётом двух условий и значения их среднеквадратических отклонений и коэффициентов вариаций | Classifiers taking into account two conditions and the values of their standard deviations and coefficients of variations	Степень доверия по вербальной шкале Е. Харрингтона к присвоенной точности измерений локальных векторов | The degree of confidence on the E. Harrington verbal scale to the assigned accuracy of measurements of local vectors
Очень низкий уровень | Very low level 1 – 0,8 0,0221 – 0,0177 13,26 – 10,61%	<p>ФАHPMS-M1.4 $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0; A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 1$ 0,0221 13,26%</p> <p>ФАHPMS-M1.8 $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0; A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 1$ 0,0206 12,33%</p>	Очень низкая. Есть несимметричное искажение, т.к. $a_{ij}^{nd} = 1$. Дополнительно для М1.4 есть неточность из-за применения целочисленной шкалы [1; ...; 9]
Низкий уровень | Low level 0,7999 – 0,64 0,0176 – 0,0141 10,60 – 8,49%	Не присвоен	Не присвоена
Средний уровень | Average level 0,6399 – 0,37 0,0140 – 0,0082 8,48 – 4,91%	ФАHPMS-M1.7 $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 1; A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0$ 0,0110 6,57%	Средняя, т.к. принята не совсем точная дробночисленная шкала [1; ...; 9]
	ФАHPMS-M1.2 $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0; A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0$ 0,0107 6,45%	Низкая, т.к. применяется целочисленная шкала [1; ...; 9]
	ФАHPMS-M1.6 $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0; A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0$ 0,0098 5,89%	Средняя без особенностей
	ФАHPMS-M1.3 $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 1; A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0$ 0,0094 5,64%	Низкая из-за применения целочисленной шкалы [1; ...; 9]
Высокий уровень | High level 0,3699 – 0,2 0,0081 – 0,0044 4,90 – 2,65%	ФАHPMS-M1.1 $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 1; A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 1$ 0,0077 4,62%	Низкая, т.к. применяется целочисленная шкала [1; ...; 9], а $a_{ij}^{nd} = 1$ вносит дополнительное асимметричное искажение измерений. Высокий уровень полученный в первом столбце данной таблицы есть случайность
	ФАHPMS-M1.5 $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 1; A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 1$ 0,0075 4,5%	Средняя с дополнительным асимметричным искажением измерений из-за $a_{ij}^{nd} = 1$
Очень высокий уровень | Very high level 0,1999 – 0 0,0043 – 0 2,64% – 0	ФАHPMS-M1.9 $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^d = 0 + 1 = 1$ $A_i(j) = A_j(i) \Rightarrow a_{ij}^{nd} = 0 + 1 = 1$ 0 0%	Очень высокая. Принятый эталон точности измерений локальных векторов приоритетов в модификации МАИ первого поколения

*Во всех комбинациях, где $a_{ij}^d = 1$ принято условно допустимое искажение измерений симметричного характера. |

In all combinations where $a_{ij}^d = 1$ a conditionally permissible distortion of measurements of a symmetrical nature is accepted.

При этом уровни точности измерений векторов по инверсированной вербально-числовой шкале Е. Харрингтона с учётом её адаптации к полученным среднеквадратическим отклонениям и коэффициентам вариации вычислялись по формулам:

$$LMA1_{SS_{Har.}} = \sigma_{max}^{M1.N} \times SS_{Har.}, \quad (15)$$

$$LMA2_{SS_{Har.}} = \nu_{max}^{M1.N} \times SS_{Har.}, \quad (16)$$

где $LMA1_{SS_{Har.}}$ и $LMA2_{SS_{Har.}}$ (the Level of Measurement Accuracy) – уровень точности измерений в модификациях МАИ первого поколения на базе показателей среднеквадратического отклонения и коэффициентов вариации;

$\sigma_{max}^{M1.N}$ и $\nu_{max}^{M1.N}$ – максимальная величина среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации из всех девяти исследуемых модификаций;

$SS_{Har.}$ (Step of the Scale Harrington) – это шаг оригинальной вербально-числовой шкалы Е. Харрингтона, баллы.

Например, $LMA1_{0,8} = 0,0221 \times 0,8 = 0,0177$ и $LMA1_{0,8} = 13,26\% \times 0,8 = 10,61\%$.

Инверсия выражается в том, что самая высокая оценка по шкале Е. Харрингтона «1», её адаптированные аналоги 0,0221 и 13,26% характеризуют «очень низкий уровень», а «0» напротив «очень высокий уровень» точности измерений векторных величин в матрице МАИ.

Критерий степени доверия нужен для установления объективного статуса точности измерений комбинаций, т.к. на практике будут встречаться разные объекты, привязанные к измерителям и их измерениям, и разные размеры матриц. При этом значения коэффициентов вариаций будут существенно отличаться в пользу приближения или отстранения от принятого эталона измерения локальных векторов М1.9. Пользователям МАИ в первую очередь следует ориентироваться на вербальный показатель степени доверия к данным эксперимента, который объективно выставлен с учётом всех полученных результатов исследования, а уже во вторую очередь обращать внимание на среднеквадратические отклонения и коэффициенты вариаций, определивших LMA. Т.к. полученные статистические критерии не в полной мере учитывают искажения измерений векторов за счёт $a_{ij}^{nd} = 0 \vee 1$, целочисленных измерений, безразличия к тонким измерениям, др. неточности и ошибки измерений в разных комбинациях первого поколения о которых было уже много написано в данной статье и не только [11].

Такое не полное доверие к математическим критериям вызвано тем, что если изменить входные данные для эксперимента, то некоторые комбинации могут поменяться местами

по шкале уровня точности измерений. Особенно эти изменения будут вызваны всеми комбинациями М1.1-4 из-за округления матричных оценок, полученных по формуле 1 до целых значений. Причинами изменения могут быть М1.5-8, т.к. у этого типа комбинаций по правилу два все матричные оценки следует округлять до единицы при условии $(a_{ij} \vee a_{ij}^n) < 1$. И др.

Неизменно одно – это найденный эмпирическим путём через эксперимент эталон точности измерений векторных оценок в модификации МАИ первого поколения М1.9, которая исключает указанные и др. ошибки, неточности измерений. В статье уже более чем достаточно аргументов в пользу научной состоятельности этого утверждения.

Таким образом, можно сделать соответствующие выводы по результатам анализа реализованного эксперимента по поиску эталона измерений из девяти комбинаций первого поколения МАИ.

Заключение

Модификации М1.1–4 отклонены из-за низкой степени доверия к точности измерений локальных векторов приоритетов в матрице МАИ. Ранее [11] и в данной статье уже описывались неточности измерений, которые содержатся в М.1.1–1.4 – это: целочисленный характер измерений [1; ...;9] только 8 основных интервалов измерения, где нет возможности тонких различий в измерениях и это приводит к ошибкам; все рассчитанные $a_{ij} \vee a_{ij}^n$ по формуле 1 измеряются от «1» и это тоже способствует появлению неточностей и ошибок в измерениях; влияние симметричных и ассиметричных помех (искажений) на точность и правильность измерений для М1.1, 1.3, 1.4.

Модификации М1.5–8 отклонены из-за не высокой степени доверия к точности измерений локальных векторов приоритетов в матрице МАИ. Дробночисленная шкала [1; ...;9] отличается наличием в ней грубой ошибки измерений матричных оценок из-за необходимости соблюдать правило два: для дробночисленной шкалы [1; ...;9] при обнаружении условия $(a_{ij} \vee a_{ij}^n) < 1$ округление делается всегда до единицы.

Неоднократно доказано, что по ряду причин, указанных в данной и др. ист. автора [11] показатель ОС является очень ограниченным в применении и не является гарантом точности и безошибочности измерений локальных векторов через измерения согласованности матричных оценок в поле матрицы. Показатель ОС адекватен только для индивидуальных

(не для агрегированных.) матричных оценок экспертов полученных при помощи комбинаций АНРМС(АМ)-М1.Н и FАНРМС-М1.Н. ОС адекватен и в случае АНРДД-М1.Н, но при использовании формулы 1 или 2 он будет лишним т.к. данные жёстко детерминированы, а эксперты в принципе не нужны.

Для классического исполнения МАИ, всех остальных комбинаций нулевого поколения модификаций, а также для АНРМС-М1.Н адекватность ОС под большим сомнением.

Также при правильной транзитивной логике и наличия в матрице оценок «0» показатель ОС чаще всего будет $ОС < 0$, а если нарушить принцип транзитивности, то показатель ОС не всегда адекватно сработает и покажет это нарушение $ОС > 0,1$. Это можно увидеть в классификаторах типа М1.2, М1.3, М1.4, М1.6, М1.7, М1.8 (таблицы. 2 и 3) и др. возможных модификаций нулевого, первого и второго поколений.

Последняя ошибка измерений которую пропускает $ОС < 0,1$ – это эффект «Rank Reversal».

В качестве альтернативы, которая чаще всего может заменить чем дополнить показатель ОС, принято четыре варианта исполнения транзитивных цепей для всех модификаций МАИ в первом, в том числе пригодных для нулевого и будущих поколений: из объектов $A_i(j)$; из $a_{ij} \vee a_{ij}^n$; из $1/a_{ij} \vee 1/a_{ij}^n$; из локальных векторов приоритетов w_{Ai}^n . Все указанные альтернативы транзитивных цепей взаимно дополняют и позволяют перепроверять друг друга.

Что касается проверки согласованности агрегированных экспертных оценок a_{ij}^{ag} для АНРМС(АМ)-М1.Н и FАНРМС-М1.Н, описанную альтернативу следует применять только совместно с математической статистикой [11]. В классическом исполнении МАИ и его возможных модификаций АНР-М0.0(N), а также для АНРМС-М1.Н применение указанной альтернативы бессмысленно, т.к. все, почти все или некоторые объекты не имеют привязки к единым или смежным измерителям и единым измерениям. Проверить согласованность матричных оценок a_{ij}^n и a_{ij}^{ag} можно при мощи MS в комбинации АНРМС-М1.Н, но при этом следует знать, что эта проверка не будет иметь реального основания из-за отсутствия указанной привязки к единым измерениям.

Также показатель ОС может применяться при выполнении определённых условий для разных модификаций и классификаторов первого поколения МАИ (см. табл. 4 из ист. [11]).

Для того чтобы исключить все указанные неточности и ошибки измерений по результатам проведённого эксперимента в качестве эталона следует принят классификатор М1.9. Отличительные особенности и преимущества для присвоения статуса «эталон измерения в первом поколении модификаций МАИ» следующие:

1. Принята шкала дробночисленная $[0; \dots; 8]+1$ в 8 основных интервалах измерения на базе фундаментальной шкалы Т. Саати.

2. Исключены искажения в форме $a_{ij}^d = 1$ и $a_{ij}^{nd} = 1$, а приняты $a_{ij}^d = 0 + 1 = 1$ и $a_{ij}^{nd} = 0 + 1 = 1$ для повышения точности и устранения ошибок разного рода в измерениях.

3. В формуле 2 добавлено арифметическое действие $+1$ для получения корректных матричных оценок $1/a_{ij} \vee 1/a_{ij}^n$. При этом действие $+1$ применимо ко всем $a_{ij} \vee a_{ij}^n$ в границах матрицы, чтобы не допустить искажений и ошибок в измерениях.

4. В М1.9 произведено исключение комбинаций типа: $a_{ij}^d = 1$ и $a_{ij}^{nd} = 1$; $a_{ij}^d = 1$ и $a_{ij}^{nd} = 0$; $a_{ij}^d = 0$ и $a_{ij}^{nd} = 1$. Т.к. эти комбинации при реализации арифметического действия $+1$ внесут очень большие искажения измерений в исследовании.

5. Произведено дополнение и/или замена показателя ОС четырьмя вариантами построения транзитивных цепей из: $A_i(j)$; $a_{ij} \vee a_{ij}^n$; $1/a_{ij} \vee 1/a_{ij}^n$; w_{Ai}^n . Эти варианты позволят выстраивать, проверять и перепроверять транзитивную логику и тем самым исключать возможные ошибки, которые могут быть допущены в процессе первичных, промежуточных и конечных вычислений (измерений) локальных векторов приоритетов в границах матрицы.

Все полученные результаты исследования полностью применимы для методики выбора эффективных проектов и др. областей науки в том числе и математике.

Направления дальнейшего развития: дополнительная проработка модификации МАИ искусственного свойства, где нет возможности привязать объекты матриц в иерархии к единым измерениям через единые или смежные измерители; повышение степени универсальности МАИ через расширение возможностей в процедуре конвертирования нечётких чисел разных форм в чёткие (пустые множества или детерминанты); дополнительная проработка новых научных категорий и расширение математической статистической критериальной базы с учётом адаптационных мероприятий, касательно модификаций МАИ первого поколения; описание

решений проблем свёртки локальных векторов приоритетов и процедуры их иерархического синтеза для разных по структуре типов иерархий; описание решения проблемы «Rank Reversal»; дополнительное обоснование того, что показатель ОС является очень ограниченным в применении через экспериментальные данные; разработка решений в области АСУ и СППР в форме специальных программ, в основу которых заложены модификации нулевого, первого и последующих поколений МАИ для разных областей науки и методики выбора эффективных проектов в том числе; постановка научной

проблемы и поиск её решения в направлении модификаций МАИ второго поколения; разработки единых требований по формированию рабочей группы экспертов для повышения качества и эффективности использования методики выбора эффективных проектов; разработки единого алгоритма реализации методики и стандартных организационных процедур; разработка и описание новой концепции и методологии по управлению развитием промышленного предприятия по показателям сбалансированности (гармонизации) денежных потоков; многие другие направления научного исследования.

Литература


- 1 Картвелишвили В.М., Лебедюк Э.А. Метод анализа иерархий: критерии и практика // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2013. № 6 (60). С. 97–112.
- 2 Коробов В.Б., Тутьгин А.Г. Проблемы использования метода анализа иерархий и пути их решения // Экономика и управление. 2016. № 8 (130). С. 60-65.
- 3 Митихин В.Г. К вопросу решения многокритериальных задач на основе метода анализа иерархий // Cloud of Science. 2015. Т. 2. № 4. С. 519–529.
- 4 Митихин В.Г. К вопросу анализа задач принятия решений с иерархической структурой // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 8–2 (39). С. 110–114.
- 5 Мощенко И.Н., Пирогов Е.В. К выбору оценочной шкалы в методе анализа иерархий // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4 (47). С. 96.
- 6 Ногин В.Д. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2004. Т. 44. № 7. С. 1261–1270.
- 7 Подиновская О.В., Подиновский В.В. Анализ иерархических многокритериальных задач принятия решений методами теории важности критериев // Проблемы управления. 2014. № 6. С. 2–8.
- 8 Саати Т.Л. Об измерении неосязаемого. подход к относительным измерениям на основе главного собственного вектора матрицы парных сравнений // Cloud of Science. 2015. Т. 2. № 1. С. 5–39.
- 9 Власов Д.А. Методологические аспекты принятия решений // Молодой ученый. 2016. №. 4. С. 760-763.
- 10 Титов В.А., Хайрулин И.Г. К вопросу о форме свертки локальных векторов приоритетов альтернатив по частным критериям в обобщенный вектор в методе анализа иерархий // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-9. С. 2020-2025.
- 11 Шагеев Д.А. Модификация МАИ для повышения точности измерений в методике выбора эффективных проектов и других областях науки // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2020. Т. 14. № 1. С. 93–115. doi: 10.14529/em200110
- 12 Palma-Mendoza J.A. Analytical hierarchy process and SCOR model to support supply chain re-design // International journal of information management. 2014. V. 34. №. 5. P. 634-638. doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.06.002
- 13 Benmouss K., Laaziri M., Khouli S., Kerkeb M.L. et al. AHP-based Approach for Evaluating Ergonomic // Procedia Manufacturing. 2019. V. 32. P. 856–863. doi: 10.1016/j.promfg.2019.02.294
- 14 Elliott M.A. Selecting numerical scales for pairwise comparisons // Reliability Engineering and System Safety. 2010. V. 95. № 7. P. 750–763. doi: 10.1016/j.res.2010.02.013
- 15 Franek J., Kresta A. Judgment Scales and Consistency Measure in AHP // Procedia Economics and Finance. 2014. V. 12. P. 164–173. doi: 10.1016/S2212–5671(14)00332–3.
- 16 Gnanavelbabu A., Arunagiri P. Ranking of MUDA using AHP and Fuzzy AHP algorithm // Materials Today: Proceedings. 2018. V. 5. №. 5. P. 2. P. 13406–13412. doi: 10.1016/j.matpr.2018.02.334
- 17 Bie P., Astrup A. Dietary protein and kidney function: when higher glomerular filtration rate is desirable // The American Journal of Clinical Nutrition. 2015. V. 102. №. 1. P. 3-4. doi: 10.3945/ajcn.115.112672
- 18 Ishizaka A., Labib A. Review of the main developments in the analytic hierarchy process // Expert Systems with Applications. 2011. V. 38. №. 11. P. 14336–14345. doi: 10.1016/j.eswa.2011.04.143
- 19 Meesariganda B.R., Ishizaka A. Mapping verbal AHP scale to numerical scale for cloud computing strategy selection // Applied Soft Computing. 2017. V. 53. P. 111–118. doi: 10.1016/j.asoc.2016.12.040
- 20 Millet I., Saaty T.L. On the relativity of relative measures – accommodating both rank preservation and rank reversals in the AHP // European Journal of Operational Research. 2000. V. 121. №. 1. P. 205-212. doi: 10.1016/S0377-2217(99)00040-5
- 21 Saaty T.L., Sagir M. An essay on rank preservation and reversal // Mathematical and Computer Modelling. 2009. V. 49. №. 5-6. P. 1230-1243. doi: 10.1016/j.mcm.2008.08.001
- 22 Wang Y.-M., Elhag T.M.S. An approach to avoiding rank reversal in AHP // Decision Support Systems. 2006. V. 42. №. 3. P. 1474-1480. doi: 10.1016/j.dss.2005.12.002

References

- 1 Kartvelishvili V.M., Lebedyuk E.A. The method of hierarchy analysis: criteria and practice. Bulletin of the Russian University of Economics. G.V. Plekhanov. 2013. no. 6. no. 60. pp. 97–112. (in Russian).
- 2 Korobov V.B., Tutygin A.G. Problems of using the method of analysis of hierarchies and ways to solve them. Economics and management. 2016. no. 8. no. 130. pp. 60–65. (in Russian).
- 3 Mitihin V.G. On the problem of solving multicriteria problems based on the method of analysis of hierarchies. Cloud of Science. 2015. vol. 2. no. 4. pp. 519–529. (in Russian).
- 4 Mitihin V.G. On the issue of analysis of decision-making problems with hierarchical structure. International research journal. 2015. no. 8–2. no. 39. pp. 110–114. (in Russian).
- 5 Moshchenko I.N., Pirogov E.V. To the choice of the evaluation scale in the method of analysis of hierarchies. Engineering journal of Don. 2017. no. 4 (47). pp. 96. (in Russian).
- 6 Nogin V.D. A simplified version of the hierarchy analysis method based on nonlinear convolution of criteria. Journal of Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2004. vol. 44. no. 7. pp. 1261–1270. (in Russian).
- 7 Podinovskaya O.V., Podinovskij V.V. Analysis of hierarchical multicriteria decision-making problems by methods of criteria importance theory. Management problem. 2014. no. 6. pp. 2–8. (in Russian).
- 8 Saaty T.L. On the measurement of the intangible. an approach to relative measurements based on the main eigenvector of the pair comparison matrix. Cloud of Science. 2015. vol. 2. no. 1. pp. 5–39. (in Russian).
- 9 Vlasov D.A. Methodological aspects of decision making. Young scientist. 2016. no. 4. pp. 760–763. (in Russian).
- 10 Titov V.A., Hajrulin I.G. On the form of convolution of local priority vectors of alternatives by particular criteria in the generalized vector in the method of analysis of hierarchies. Fundamental Study. 2013. no. 10-9. pp. 2020–2025. (in Russian).
- 11 Shageev D.A. Modification of AHP to Improve the Accuracy of Measurements in the Method of Effective Projects Selection and Other Fields of Science. Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management. 2020. vol. 14. no. 1. pp. 93–115. doi: 10.14529/em200110 (in Russian).
- 12 Palma-Mendoza J.A. Analytical hierarchy process and SCOR model to support supply chain re-design. International journal of information management. 2014. vol. 34. no. 5. pp. 634–638. doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.06.002
- 13 Benmouss K., Laaziri M., Khouli S., Kerkeb M.L. et al. AHP-based Approach for Evaluating Ergonomic Criteria. Procedia Manufacturing. 2019. vol. 32. pp. 856–863. doi: 10.1016/j.promfg.2019.02.294
- 14 Elliott M.A. Selecting numerical scales for pairwise comparisons. Reliability Engineering and System Safety. 2010. vol. 95. no. 7. pp. 750–763. doi: 10.1016/j.ress.2010.02.013
- 15 Franek J., Kresta A. Judgment Scales and Consistency Measure in AHP. Procedia Economics and Finance. 2014. vol. 12. pp. 164–173. doi: 10.1016/S2212-5671(14)00332-3
- 16 Gnanavelbabu A., Arunagiri P. Ranking of MUDA using AHP and Fuzzy AHP algorithm. Materials Today: Proceedings. 2018. vol. 5. no. 5. pp. 13406–13412. doi: 10.1016/j.matpr.2018.02.334
- 17 Bie P., Astrup A. Dietary protein and kidney function: when higher glomerular filtration rate is desirable. The American Journal of Clinical Nutrition. 2015. vol. 102. no. 1. pp. 3-4. doi: 10.3945/ajcn.115.112672
- 18 Ishizaka A., Labib A. Review of the main developments in the analytic hierarchy process. Expert Systems with Applications. 2011. vol. 38. no. 11. pp. 14336–14345. doi:10.1016/j.eswa.2011.04.143
- 19 Meesariganda B.R., Ishizaka A. Mapping verbal AHP scale to numerical scale for cloud computing strategy selection. Applied Soft Computing. 2017. vol. 53. pp. 111–118. doi: 10.1016/j.asoc.2016.12.040
- 20 Millet L., Saaty T.L. On the relativity of relative measures – accommodating both rank preservation and rank reversals in the AHP. European Journal of Operational Research. 2000. vol. 121. no. 1. pp. 205-212. doi: 10.1016/S0377-2217(99)00040-5
- 21 Saaty T.L., Sagir M. An essay on rank preservation and reversal. Mathematical and Computer Modelling. 2009. vol. 49. no. 5-6. pp. 1230-1243. doi: 10.1016/j.mcm.2008.08.001
- 22 Wang Y-M., Elhag T.M.S. An approach to avoiding rank reversal in AHP. Decision Support Systems. 2006. vol. 42. no. 3. pp. 1474-1480. doi: 10.1016/j.dss.2005.12.002

Сведения об авторах

Денис А. Шагеев к.э.н., доцент, кафедра экономики и управления, Международный Институт Дизайна и Сервиса, ул. Ворошилова, 12, г. Челябинск, 454014, Россия, denisshageev@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1743-1347>

Вклад авторов


Денис А. Шагеев написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Denis A. Shageev Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economics and management department, International Institute of Design and Service, Voroshilova str., 12, Chelyabinsk, 454014, denisshageev@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1743-1347>

Contribution

Denis A. Shageev 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 10/01/2022

После редакции 07/02/2022



Принята в печать 02/03/2022

Received 10/01/2022

Accepted in revised 07/02/2022

Accepted 02/03/2022

Современные тенденции устойчивого развития «доступной среды» на железнодорожном транспорте



Роза Т. Тимакова¹ trt64@mail.ru  0000-0002-4777-1465
Юлия В. Ильюхина¹ timakrt@usue.ru  0000-0001-5581-3963

¹ Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия

Аннотация. Во всем мире неуклонно растет численность людей с ограниченными возможностями здоровья и в настоящее время насчитывается до 15% численности всего населения. В России проживает около 35 млн. маломобильных граждан, в том числе 11,6 млн. человек с инвалидностью, наиболее многочисленна группа инвалидов в возрасте свыше 60 лет (57,2% в общей численности). Недостаточная адаптация туристской инфраструктуры к возможностям и потребностям людей с ограниченными возможностями здоровья является одним из барьеров для формирования «доступной среды». Исследование безбарьерной среды в стране показало низкий уровень адаптации туристской инфраструктуры для разных видов туризма (от культурно-познавательного, лечебно-оздоровительного до горнолыжного и др.): Москва и Санкт-Петербург – до 30% туристской инфраструктуры адаптировано для путешествия людей с ОВЗ, в Сочи в настоящее время в планах довести до 60%, в целом по всем регионам – до 5%. Наиболее востребованным транспортом при организации туров является железнодорожный транспорт, поэтому инфраструктура на железнодорожном транспорте должна соответствовать требованиям «доступной среды» для всех категорий пользователей. Вопросы обеспечения транспортной доступности для населения России в целом и задачи достижения устойчивого развития, рассмотренные в контексте формирования «доступной среды» для людей с ограниченными возможностями здоровья и маломобильных групп населения на железнодорожном транспорте, формируют траекторию развития безбарьерного и инклюзивного железнодорожного туризма на территории страны. ОАО «РЖД» с учетом потребностей разных категорий пассажиров осуществляет комплексную модернизацию подвижного состава и обновление пассажирской инфраструктуры (более 900 пассажирских вагонов оборудованы специализированным купе для пассажиров с ОВЗ), разрабатывает и продвигает новые проекты в рамках развития железнодорожного туризма совместно с предприятиями, работающими в сфере гостеприимства и туризма. Наряду с этим, необходимо учитывать особенности ментальности и возможности здоровья людей с ОВЗ, их невысокий платежеспособный спрос и недостаточную информированность. Последовательная реализация государственной политики в области создания доступного единого безбарьерного пространства для инвалидов и других маломобильных групп населения будет способствовать их социализации в обществе и мобильности при осуществлении поездок и при передвижении в туристско-рекреационной среде

Ключевые слова: доступная среда, безбарьерная среда, инвалиды, туризм, железнодорожный транспорт.

Current trends in the sustainable development of an "accessible environment" in railway transport

Roza T. Timakova¹ trt64@mail.ru  0000-0002-4777-1465
Iuliia V. Iliukhina¹ timakrt@usue.ru  0000-0001-5581-3963

¹ Ural State University of Economics, 62/45 8 March / Narodnaya Volya str., 62/45, Yekaterinburg, 620144, Russia

Abstract. The number of people with disabilities is steadily growing all over the world and currently there are up to 15% of the total population. About 35 million people with limited mobility live in Russia, including 11.6 million people with disabilities, the most numerous group of disabled people aged over 60 years (57.2 % of the total number). Insufficient adaptation of the tourist infrastructure to the opportunities and needs of people with disabilities is one of the barriers to the formation of an "accessible environment". A study of the barrier-free environment in the country showed a low level of adaptation of tourist infrastructure for different types of tourism (from cultural, educational, therapeutic, to mountain skiing, etc.): Moscow and St. Petersburg - up to 30% of tourist infrastructure is adapted for travel of people with disabilities, in Sochi currently plans to bring up to 60%, in general, in all regions – up to 5%. The most popular transport for organizing tours is rail transport, so the infrastructure on rail transport must meet the requirements of an "accessible environment" for all categories of users. The issues of transport accessibility for the Russian population as a whole and the objectives of achieving sustainable development, considered within the context of providing an "accessible environment" for people with disabilities and people with reduced mobility on rail transport, constitute the development pattern for barrier-free and inclusive rail tourism in the country. Considering the needs of different categories of passengers, Russian Railways carries out complex modernization of rolling stock and renovation of passenger infrastructure (more than 900 passenger cars are equipped with a specialized compartment for passengers with disabilities), designs and promotes new projects in the development of railway tourism together with enterprises involved in the hospitality and tourism industry. However, insufficient tourism infrastructure adjustment to the needs of people with disabilities is one of the barriers to providing an accessible environment. Moreover, special features of mentality and health abilities of people with disabilities, their low purchasing power, and lack of awareness should be taken into account. Consistent implementation of state policy in creating a single barrier-free space for people with disabilities will contribute to their socialization in society and mobility when traveling and when traveling in the tourist and recreational environment

Keywords: accessible environment, disabled people, tourism, rail transport.

Для цитирования

Тимакова Р.Т., Ильюхина Ю.В. Современные тенденции устойчивого развития «доступной среды» на железнодорожном транспорте // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 410–417. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-410-417

For citation

Timakova R.T., Iliukhina Iu.V. Current trends in the sustainable development of an "accessible environment" in railway transport. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2022 vol. 84. no. 1. pp. 410–417. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-410-417

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

Введение

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) в мире насчитывается около 15% людей с ограниченными возможностями здоровья [1], для которых возникают определенные трудности при выборе маршрутов путешествия из-за отсутствия доступной среды, начиная от удобных средств передвижения до возможности попасть на территорию коллективных средств размещения и передвижения на территории городских агломераций и туристских дестинаций. В условиях глобального демографического старения человечества численность маломобильных людей продолжает неуклонно расти.

Безбарьерная среда, как международный принцип, закреплен Конвенцией о правах инвалидов и в общеупотребительном понимании трактуется как доступная среда (пространство) с безопасными условиями для всех, в том числе для инвалидов и пожилых людей. Принцип проектирования и планирования безбарьерной среды приводит к понятиям: «доступность» и «мобильность». Понятие «доступный» относится к цели обеспечения доступа для всех слоев населения к транспорту, жилым зданиям, инфраструктуре местонахождения и проживания. Понятие «мобильность» определяется способностью к передвижению во внешней среде, и соответственно для людей с ограниченными возможностями здоровья (инвалидов, людей с инвалидностью) означает возможность без посторонней помощи передвигаться и пользоваться инфраструктурой внешней среды. Важной составляющей «доступной среды» для такой категории людей является социальная мобильность в пределах и за пределами социального слоя, в котором находится индивидуум. Доступность и мобильность следует рассматривать в совокупности как единый принцип, гарантирующий всем людям возможность легко и самостоятельно перемещаться и добираться до намеченного места.

Несмотря на активное развитие транспортных систем (воздушного, автомобильного, железнодорожного, речного и др.) и повышения уровня комфортности, существует определенная проблема доступности для передвижения и путешествия ряда категорий населения таких как: детей, пожилых людей, женщин и людей с ограниченными возможностями здоровья. Эта ситуация противоречит принципу, принятому Организацией Объединенных Наций (ООН), согласно которому «ни одна часть доступной среды не должна проектироваться таким образом, чтобы исключать определенные

группы людей по причине их инвалидности или немощи», отмечают [2].

Конвенция о правах инвалидов определяет необходимость принятия государством мер по обеспечению инвалидам доступа к транспорту наравне с другими категориями граждан [3].

Транспорт, по мнению [4], является неотъемлемой частью повседневной жизни, способствующий обеспечению независимой и устойчивой мобильности населения. Для многих людей пользование общественным транспортом не вызывает серьезных проблем, однако для отдельных категорий пассажиров возникают барьеры и препятствия, которые мешают пользоваться им. Устранение барьеров и преодоление препятствий (в области инфраструктуры, транспортных средств, в сфере информации и связи) повышают качество транспортной доступности для всех категорий пассажиров.

Повышение уровня транспортной доступности способствует формированию единого социально-экономического пространства страны за счет устойчивых связей между отдельными регионами, территориями и населенными пунктами.

Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года закрепил в качестве основной цели развития транспортной системы – удовлетворение потребностей инновационного социально-ориентированного развития экономики и общества в конкурентоспособных качественных транспортных услугах.

Стратегия реализуется в два этапа:

- первый этап (до 2015 года) характеризуется в целом завершением модернизации транспортной системы методами целевого инвестирования и последующего перехода к ее системному комплексному развитию по всем ключевым направлениям. Достигнута реализация ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)», состоящая из отраслевых подпрограмм («Железнодорожный транспорт», «Автомобильные дороги», «Морской транспорт», «Внутренний водный транспорт» и «Гражданская авиация»);

- второй этап (2016–2030 годы) – инновационное развитие транспортной системы по всем направлениям согласно федеральных целевых программ развития транспортной системы [5].

Создание транспортной и гостевой структуры безбарьерного и инклюзивного туризма включает в себя оборудование аэропортов, железнодорожных и автовокзалов, вагонов и автобусов, специальные стоянки, подъемники, траволаторы, снабжение специальными средствами гостиничных номеров [6].

Цель работы – исследование организации «доступной среды» на железнодорожном транспорте с учетом современных тенденций и направлений развития безбарьерного и/или инклюзивного туризма.

Материалы и методы

Материалами для исследования послужили открытые информационные ресурсы, научно-исследовательская литература, статистические материалы и действующие нормативно-правовые акты. В ходе исследования применялись общенаучные методы исследования на основе аналитического и социологического анализа и системного синтеза, статистические методы с интерпретацией полученных результатов исследования в области организации доступной безбарьерной среды и обеспечения комфортных условий для различных категорий населения в рамках реализации безбарьерного и/или инклюзивного туризма.

Результаты и обсуждение

В XXI веке в мире зафиксирован рост числа инвалидов, независимо от уровня экономического развития государств.

Забота о людях с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) является одним из критериев цивилизованности государства и нравственного состояния общества. В последние годы в России активно принимаются меры по обеспечению доступа людей с ограниченными возможностями здоровья к образовательной, культурной и досуговой среде, объектам и услугам, тем самым увеличивая число людей с ограниченными возможностями, участвующих в различных экскурсиях и образовательных мероприятиях, отмечают [7].

В РФ приняты ряд законодательных актов, регулирующих порядок доступности объектов транспортной инфраструктуры и предоставляемых услуг, в том числе на железнодорожном транспорте: Приказ Министерства транспорта РФ от 06.11.2015 № 329 «Об утверждении Порядка обеспечения условий доступности для пассажиров из числа инвалидов пассажирских вагонов, вокзалов, поездов дальнего следования и предоставляемых услуг на вокзалах и в поездах дальнего следования» и Приказ Министерства транспорта РФ от 01.12.2015 № 347 «Об утверждении Порядка обеспечения условий доступности для пассажиров из числа инвалидов транспортных средств автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта, автовокзалов, автостанций и предоставляемых услуг, а также оказания им при этом необходимой помощи», которые регламентируют правила оснащения и доступности транспорта

для людей с ОВЗ, показатели доступности при самостоятельном передвижении пассажиров по объекту (парковки, сменные кресла-коляски, адаптированные лифты, поручни, пандусы, доступные входные двери, ширина дверных проемов и др.).

Принцип универсального дизайна, впервые предложенный архитектором-колясочником Р. Мейсом, основан на беспристрастном, доступном и универсальном использовании любым человеком безбарьерной среды.

Для формирования траектория развития туризма важно разграничение понятий: доступный туризм, безбарьерный туризм, инклюзивный туризм. С точки зрения [8], доступный туризм – это туризм для всех независимо от возраста и физического состояния, безбарьерный туризм формируется с учетом потребностей в доступе и организации туристских услуг для маломобильных групп лиц, инклюзивный туризм трактует доступность туризма для всех, включая лиц с ограниченными возможностями наравне со здоровыми людьми.

Исследование безбарьерной среды за рубежом показало высокий процент адаптации туристской инфраструктуры для разных видов туризма (от культурно-познавательного, лечебно-оздоровительного до горнолыжного и др.): Австралия – 75%, Великобритания – 85%, Венгрия – 65%, Германия – 95%, Греция – 65%, Израиль – 85%, Испания – до 90%, США – 80%, Финляндия – 70%, Франция – 85%, Чехия – 95%, в отличие нашей страны, где показатели очень низкие: Москва и Санкт-Петербург – до 30% туристской инфраструктуры адаптировано для путешествия людей с ОВЗ, в Сочи в настоящее время в планах довести до 60%, в регионах – до 5% (Республика Адыгея, Республика Татарстан, ХМАО и др.) [8]. К первопричинам развития на низком уровне безбарьерного и инклюзивного туризма можно отнести неадаптированность инфраструктуры (транспортной, среды обитания, городской, туристской среды и др.) к потребностям людей из категории маломобильных групп наряду с их ментальностью, низким платежеспособным спросом, слабой информированностью и недостаточным уровнем маркетинговых и информационных коммуникаций в сфере гостеприимства и туризма. До 37% путешественников из лиц с ОВЗ ограничивают свои желания из-за неадаптированности средств размещения к их потребностям [9].

Организация доступной среды на транспорте является комплексным процессом, включающим в себя как вертикальное управление, так и горизонтальное взаимодействие участников этого процесса. Эта деятельность

опирается на многоуровневую, четко структурированную обновленную правовую базу [10].

Принцип универсального дизайна нашел свое отражение и в нормативно-правовых актах Российской Федерации (ГОСТы, СНИПы и отраслевые стандарты) [11].

Исследование стратегий социально-экономического развития субъектов Российской Федерации, входящих в состав Уральского макрорегиона, позволяет сделать вывод о социальных приоритетах, проявляемых через ряд социальных маркеров, таких как улучшение качества жизни и развитая социальная инфраструктура. Одним из социальных приоритетов регионального развития является формирование безбарьерной среды жизнедеятельности маломобильных граждан и создание условий, способствующих интеграции инвалидов в общество и повышению уровня их жизни [12].

Принятая Стратегия развития туризма в Российской Федерации до 2035 года направлена на развитие внутреннего и въездного туризма. В рамках национального проекта «Туризм и

индустрия гостеприимства рассматриваются основные подходы к государственным мерам поддержки в виде субсидий, направленных на создание территориальных планов туристического развития и на формирование привлекательности для туристов центров городов и на создание обеспечивающей инфраструктуры для туристических проектов.

При разработке стратегий развития на уровне регионов важное место уделяется существующей инфраструктуре, а также уровню транспортного обслуживания, отмечают [13].

Из общей численности инвалидов на территории РФ 56% составляют женщины и 44% мужчины; наиболее многочисленна группа инвалидов в возрасте свыше 60 лет (57,2% в общей численности); 84,8% получили инвалидность по общему заболеванию, 11,4% относятся к категории «инвалиды с детства», 3,8% относятся к «прочие категории». При этом в нашей стране отмечается неуклонное снижение численности людей с ОВЗ – на 9,6% в 2021 году по сравнению с 2016 г. (таблица 1).

Таблица 1.

Структурный состав инвалидов по группам инвалидности [12]

Table 1.

Structural composition of the disabled [12]

Годы Years	Всего, тыс. чел. Total, thousand people	Структура,% Structure,%				Численность инвалидов на 1000 чел. Number of disabled people per 1000 people
		1 группа I group	2 группа II group	3 группа III group	Дети-инвалиды Disabled children	
2016	12751	10.1	49.0	36.1	4.8	87.0
2017	12261	10.7	48.3	35.8	5.2	83.5
2018	12111	12.1	45.8	36.7	5.4	82.5
2019	11947	12.0	44.8	37.6	5.6	81.4
2020	11875	12.0	43.9	38.4	5.7	80.9
2021	11631	11.8	42.8	39.4	6.0	79.6

В РФ наиболее многочисленная 2-я группа инвалидов – 42,8%. В Свердловской области картина иная: численность инвалидов 2-й группы составляет -39,9%, 3-й группы – 44,8% (рисунок 1(a)). На территории Свердловской области проживает 2,3% от общей численности людей

с ОВЗ в нашей стране, при этом общая численность населения области в структуре численности страны – 2,9%; численность инвалидов старше 60 лет составляет 60,8%, что превышает общероссийский показатель (рисунок 1 (b)).

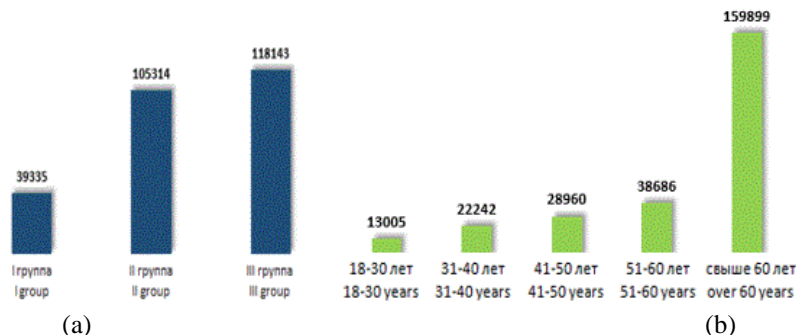


Рисунок 1. Численность людей с ОВЗ по группам инвалидности (a) и по возрастным группам (b) в Свердловской области, чел. [14]

Figure 1. The number of people with disabilities by disability groups and by age group in the Sverdlovsk region, people [14]

В целях реализации государственной политики в области создания доступной для инвалидов среды на уровне страны, регионов и муниципальных образований разрабатываются Дорожные карты по повышению показателей доступности для инвалидов и других маломобильных групп населения объектов и услуг с последующим мониторингом. Реализующиеся проекты отдельных территорий позволяют адаптировать городскую среду для ее использования при движении туристических потоков людей с инвалидностью. Например, в рамках Дорожной карты муниципального образования Екатеринбург удельный вес городских туристических маршрутов для лиц с ОВЗ от общего числа музейных маршрутов увеличился с 2,0% в 2018 г. до 3,0% в 2020 г.; городской подземный электрический транспорт общего пользования полностью оборудован для перевозки инвалидов; 45% объектов транспортной инфраструктуры доступны для инвалидов и маломобильных групп; с заменой автобусного парка увеличилась до 25,7% доля автобусного парка, оборудованного для перевозки инвалидов; по наземному электрическому транспорту доля очень низкая – 0,7%, что требует принятия действенных мер.

Реализация проекта «Умный дом» в условиях цифровизации муниципальных образований с 2019 по 2024 гг. также способствует формированию «доступной среды» в результате реализации таких принципов: комфортность и безопасность среды, ориентация на человека, технологичность городской инфраструктуры [15].

В России проживает около 35 млн. маломобильный граждан, в связи с этим, вопрос о доступности окружающей среды является крайне актуальным, так как существовавшая ранее система муниципального транспорта не предусматривала обслуживание людей с повышенными потребностями и маломобильных граждан [4]. Требуется реализация работ по сочетанию транспортных объектов в структуре селитебной зоны.

В настоящее время в Российской Федерации, как и в других зарубежных странах, пассажирский железнодорожный транспорт активно используется различными группами населения для передвижения, включая путешествия, что связано с наличием развитой разветвленной сети железных дорог, развитием высокоскоростного движения, высоким уровнем обслуживания в поездах, а также с применением большого числа льготных тарифов.

На железнодорожный транспорт приходится более 40% общего пассажиропотока, поэтому инфраструктура должна соответствовать требованиям доступной среды для всех категорий пользователей. Для каждой группы людей с ОВЗ важны определенные аспекты в планировании безбарьерной среды [16].

Можно отметить эффективное направление действий ОАО «РЖД», когда в соответствии с распоряжением от 26.08.2020 № 1827/р на железнодорожном транспорте действует Корпоративный порядок обеспечения условий доступности для маломобильных пассажиров и пассажиров из числа инвалидов услуг, функционирует Центр содействия мобильности ОАО «РЖД», что способствует формированию «доступной среды» на железнодорожном транспорте.

В сети железных дорог Российской Федерации насчитывается более 900 пассажирских вагонов, оборудованных специализированным купе для пассажиров с ОВЗ. Холдинг «РЖД» продолжает работать над улучшением конструкций и условий поездки в специализированных вагонах для пассажиров с ограниченными возможностями здоровья. Комфортабельность мест для людей с ОВЗ можно отметить в поездах «Сапсан», курсирующих между Москвой и Санкт-Петербургом, Санкт-Петербургом и Нижним Новгородом, в поездах «Ласточка», «Аллегро», «Стриж». Например, применяются новые конструкционные разработки в вагонах: предусмотрены подъемные посадочные устройства, увеличена ширина дверей купе, вагона, тамбурной зоны и коридора, которые позволяют пассажирам передвигаться на кресле-коляске [17]. В вагонах предусмотрена кнопка вызова проводника, оборудован эргономичный туалетный комплекс. Отдельные вагоны поездов оборудованы купе для маломобильных пассажиров.

Формирование новой инфраструктуры подвижного состава определяет новые тенденции устойчивого развития «доступной среды»: увеличение пассажиропотока маломобильных категорий населения, в том числе людей с ОВЗ, путешествующих в адаптированных к их потребностям условиях с разными целями как личного плана, выступая в качестве пассажира, так и с культурно-познавательными целями в рамках безбарьерного и / или инклюзивного туризма, т. е. совмещая туристические цели и используя вагон в качестве средства передвижения, коллективного средства размещения и места организации досуга. В этом случае рассматриваются два направления развития железнодорожного туризма: безбарьерного

туризма с формированием групп только из людей с ОВЗ с учетом особенностей заболевания и групп инвалидности; инклюзивного и / или доступного железнодорожного туризма для разных категорий туристов в сборных группах. Для обеспечения непрерывности туристского маршрута РЖД формирует модель мультимодальных перевозок, что определяется, по мнению [18], взаимодействием различных видов транспорта с ответственностью одного перевозчика или организатора.

Наряду с этим, при продвижении новых туристских продуктов на железнодорожном транспорте организаторы сталкиваются с высокими рисками недостаточной информированности потенциальной целевой аудитории и соответственно невысокого спроса.

По исследованиям ряда авторов [19], большинство респондентов с ограниченными возможностями здоровья или ограниченными возможностями передвижения путешествуют с сопровождающими лицами с периодичностью не реже одного раза в год и в основном осуществляют выбор места назначения с использованием социальных сетей, что необходимо учитывать при разработке туристского продукта для людей с ОВЗ.

В настоящее время железнодорожные компании-перевозчики не имеют достаточного опыта в реализации долгосрочных эффективных проектов, отмечают [20].

Требуется усиление маркетингового продвижения и брендирования уникального туристского продукта – собственно железнодорожного туризма, а также инклюзивного туризма и безбарьерного туризма на железнодорожном транспорте.

Важным моментом для исследования уровня удовлетворенности пассажиров из числа инвалидов предоставляемыми услугами на всех этапах поездки является организация обратной связи. Анализ претензионных обращений и предложений, поступающих в Холдинг «РЖД», маркетинговые исследования, опросы и анкетирование позволяют выявлять и оценивать несоответствия ожиданий пассажиров уровню предоставляемых услуг, устранять причины с помощью корректирующих действий и повышать качество обслуживания пассажиров [21].

Критические инциденты с путешественниками-инвалидами можно классифицировать по трем аспектам сбоев в обслуживании, включая отказ в предоставлении услуг, невыполненные специальные запросы и нежелательное поведение сотрудников [22]. Соответственно, жизненно необходима систематизация в обучении специалистов социальной и транспортной

сфер по вопросам, связанным с особенностями работы с инвалидами и предоставления им соответствующих услуг.

Однако без интегрированного взаимодействия всех участников трансформации безбарьерной среды на всех этапах путешествия, комплексного формирования туристско-рекреационной среды и мультимодальности при организации перевозок невозможно достичь высокого уровня адаптации туристкой инфраструктуры для разных видов туризма.

Заключение

Современные тенденции в развитии безбарьерного и/или инклюзивного туризма определяются организацией «доступной среды» для маломобильных категорий людей. Благодаря государственной программе «Доступная среда» активно создается единое безбарьерное пространство, обеспечивающее доступность для лиц с ОВЗ, в том числе имеющих ограничения по передвижению, не только в жилых и общественных зданиях, но и на различных видах транспорта, включая железнодорожный. В этих условиях важное значение в организации доступной безбарьерной среды приобретает логистика железнодорожного транспорта, как наиболее соответствующего ожиданиям туристов, которые выбирают для путешествия туристические маршруты с использованием железнодорожных вагонов в качестве средства передвижения, коллективного средства размещения и места организации досуга.

На уровне субъектов РФ для реализации государственной политики в области создания доступной для инвалидов и других маломобильных групп населения среды разработаны Дорожные карты по достижению показателей доступности объектов и услуг с учетом развития туристско-рекреационной среды. В условиях мультимодальности при совершении туристических маршрутов ежегодно осуществляется мониторинг обеспечения беспрепятственного доступа инвалидов к разным объектам социокультурной и транспортной инфраструктур. Для осуществления транспортного обслуживания увеличивается парк подвижного состава общего и специализированного пользования, оборудованного учетом особенностей обслуживания людей с ОВЗ.

Благодарности

Выражаем признательность Леонтьевой Ю.А. за помощь в получении информационного материала по городу Екатеринбург (Дорожная карта).

Литература



- 1 Всемирный доклад об инвалидности. URL: http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/report/ru/
- 2 Иванов В.Д., Талызов С.Н., Абрамов Л.В. Инклюзивный туризм: туризм для лиц с ограниченными возможностями // Развитие науки и образования в современном мире. 2018. С. 110–116.
- 3 Официальный сайт «Организация Объединенных Наций». URL: <http://www.un.org/ru>
- 4 Никонова В.Д., Папиловская Л.И. Информационная система «доступная среда для пассажиров железнодорожного транспорта» // Наука и образование транспорту. 2020. № 2. С. 40–43.
- 5 Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года. URL: <http://www.ifap.ru/>
- 6 Давыдова К.В., Холодилина Ю.Е. Безбарьерный туризм: понятие и сущность // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 5–5. С. 92–94.
- 7 Заславская О.В., Малафий А.С. Психолого-педагогическая готовность экскурсовода к работе с людьми с ограниченными возможностями здоровья // Образование и наука. 2019. Т. 21. № 10. С. 167–188. doi: 10.17853/1994–5639–2019–10–167–188
- 8 Межова Л.А. Теория и практика развития инклюзивного туризма в России и за рубежом. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=17354>
- 9 Coros M.M., Gica O.A., Yallop A.C., Moisescu O.I. Innovative and sustainable tourism strategies: A viable alternative for Romania's economic development // Worldwide Hospitality and Tourism Themes. 2017. V. 9. № 5. P. 504–515. doi: 10.1108/WHAT-07-2017-0033
- 10 Рыкова Л.А. Некоторые аспекты формирования доступной среды для инвалидов на транспорте (железнодорожном) // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 56. С. 74–77. doi: 10.18411/lj-11-2019-19
- 11 Иванов В.Д., Рафикова В.Д., Талызов С.Н. Нормативно-правовое обеспечение специального и инклюзивного образования лиц с ограниченными возможностями здоровья // Colloquium Journal. 2018. № 6. URL: <http://www.tourlib.net/>
- 12 Дворяжнина Е.Б., Простова Д.М. Региональные стратегические приоритеты развития и социально ориентированные некоммерческие организации // Управленец. 2021. Т. 12. № 4. С. 106–119. doi: 10.29141/2218–5003–2021–12–4–8
- 13 Timakova R.T., Ergunova O.T. Strategy for the development of food enterprises in Urals in “new normal” // Strategy for the development of food enterprises in Urals in «new normal» // II International Conference on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society – (ICEST-II 2021). 2021. V. 116:229. P. 2037–2045. doi: 10.15405/epsbs.2021.09.02.229
- 14 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <http://gks.ru>
- 15 Тимакова Р.Т., Ергунова О.Т. Методологический подход к цифровизации и индустриализации развития региональных и муниципальных структур на постковидном пространстве // Вестник Воронежского технологического университета. 2020. Т. 82. № 4. С. 371–377. doi: 10.20914/2310–1202–2020–4–371–376
- 16 Крошечкина И.Ю., Самсонова В.О., Яковлева А.Д. Комплексные решения развития безбарьерной среды мегаполиса с учетом инфраструктуры железнодорожного транспорта // Актуальные проблемы современного транспорта. 2020. № 3. С. 23–29.
- 17 Власюк Т.А. Организация безбарьерной среды для маломобильных пассажиров на железнодорожном транспорте в Российской Федерации на основе государственной программы «доступная среда» // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2021. № 1(42). С. 82–84.
- 18 Клепиков А.А. Особенности макро-, мезо- и микрологистической системы авиакомпании в концепции ERP бизнес-процессов // Инновации и инвестиции. 2022. № 1. С. 51–55.
- 19 Ferst M.D., Anjos S.J.G., Coutinho H.R.M., Flores L.C.D. Electronic word of mouth (e-wom) and the choice of tourist destination by disabilities or reduced mobility person // Podium-sport leisure and tourism review. 2020. № 9 (3). P. 435–461. doi: 10.5585/podium.v9i3.16015
- 20 Роменская М.В., Калинин К.А., Екимов А.В. Транспортное обслуживание туристических перевозок на железнодорожном транспорте // Вопросы устойчивого развития общества. 2021. № 8. С. 255–264.
- 21 Рыкова Л.А. К вопросу о взаимодействии участников процесса формирования доступной среды для маломобильных пассажиров на железнодорожном транспорте // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. № 2. С. 213–219
- 22 Kim S.E., Lehto X.Y. The voice of tourists with mobility disabilities: insights from online customer complaint websites // International journal of contemporary hospitality management. 2012. № 24(2–3). P. 451–476. doi: 10.1108/09596111211217905

References

- 1 World Disability Report. Available at: http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/report/ru/ (in Russian)
- 2 Ivanov V.D., Talyzov S.N., Abramov L.V. Inclusive tourism: tourism for people with disabilities. Development of Science and education in the modern world. 2018. pp. 110–116. (in Russian).
- 3 The United Nations. Available at: <http://www.un.org/ru> (in Russian).
- 4 Nikonova V.D., Papirovskaia L.I. Information system "Accessible environment for railway transport passengers". Science and education for transport. 2020. no. 2. pp. 40–43. (in Russian).
- 5 The concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2030. Available at: <http://www.ifap.ru/> (in Russian).

- 6 Davydova K.V., Kholodilina Yu. E. Barrier-free tourism: concept and essence. Actual problems of humanities and natural sciences. 2017. no. 5–5. pp. 92–94. (in Russian).
- 7 Zaslavskaya O.V., Malafiy A.S. Psychological and pedagogical readiness of a guide to work with people with disabilities. Education and Science. 2019. vol. 21. no. 10. pp. 167–188. doi: 10.17853/1994–5639–2019–10–167–188 (in Russian).
- 8 Mezhova L.A. Theory and practice of inclusive tourism development in Russia and abroad. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=17354> (in Russian).
- 9 Coros M.M., Gica O.A., Yallop A.C., Moisescu O.I. Innovative and sustainable tourism strategies: A viable alternative for Romania’s economic development. Worldwide Hospitality and Tourism Themes. 2017. vol. 9. no. 5. pp. 504–515. doi: 10.1108/WHATT-07–2017–0033
- 10 Rykova L.A. Some aspects of the formation of an accessible environment for disabled people in transport (railway). Trends in the development of science and education. 2019. no. 56. pp. 74–77. doi: 10.18411/lj-11–2019–19 (in Russian).
- 11 Ivanov V.D., Rafikova V.D., Talyzov S.N. Regulatory and legal support of special and inclusive education of persons with disabilities. Colloquium Journal. 2018. no. 6. Available at: <http://www.tourlib.net/> (in Russian).
- 12 Dvoryadkina E.B., Prostova D.M. Regional strategic development priorities and socially oriented non-profit organizations. Manager. 2021. vol. 12. no. 4. pp. 106–119. doi: 10.29141/2218–5003–2021–12–4–8 (in Russian).
- 13 Timakova R.T., Ergunova O.T. Strategy for the development of food enterprises in Urals in “new normal”. Strategy for the development of food enterprises in Urals in «new normal». II International Conference on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society – (ICEST-II 2021). 2021. vol. 116:229. pp. 2037–2045. doi: 10.15405/epsbs.2021.09.02.229.
- 14 Official website of the Federal State Statistics Service. Available at: <http://gks.ru> (in Russian).
- 15 Timakova R.T., Ergunova O.T. Methodological approach to digitalization and industrialization of the development of regional and municipal structures in the post-shaped space. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 371–377. doi: 10.20914/2310–1202–2020–4–371–376 (in Russian).
- 16 Kroshechkina I. Yu., Samsonova V.O., Yakovleva A.D. Integrated solutions for the development of a barrier-free environment of a megalopolis, taking into account the infrastructure of railway transport. Actual problems of modern transport. 2020. no. 3. pp. 23–29. (in Russian).
- 17 Vlasyuk T.A. Organization of a barrier-free environment for low-mobility passengers on railway transport in the Russian Federation on the basis of the state program "Accessible environment". Bulletin of the Belarusian State University of Transport: Science and Transport. 2021. no. 1(42). pp. 82–84. (in Belarusian).
- 18 Klepikov A.A. Features of the macro-, meso – and macrologistic airline system in the concept of ERP business processes. Innovations and investments. 2022. no. 1. pp. 51–55. (in Russian).
- 19 Ferst M.D., Anjos S.J.G., Coutinho H.R.M., Flores L.C.D. Electronic word of mouth (e-wom) and the choice of tourist destination by disabilities or reduced mobility person. Podium-sport leisure and tourism review. 2020. no. 9 (3). pp. 435–461. doi:10.5585/podium.v9i3.16015
- 20 Romenskaya M.V., Kalinin K.A., Ekimov A.V. Transport service of tourist transportation on railway transport. Issues of sustainable development of society. 2021. no. 8. pp. 255–264. (in Russian).
- 21 Rykova L.A. On the issue of interaction of participants in the process of forming an accessible environment for low-mobility passengers on railway transport. Bulletin of Science and Practice. 2021. vol. 7. no. 2. pp. 213–219 (in Russian).
- 22 Kim S.E., Lehto X.Y. The voice of tourists with mobility disabilities: insights from online customer complaint websites. International journal of contemporary hospitality management. 2012. no. 24(2–3). pp. 451–476. doi: 10.1108/09596111211217905

Сведения об авторах

Роза Т. Тимакова д.т.н., профессор, кафедра туристического бизнеса и гостеприимства, кафедра логистики и коммерции, 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>
Юлия В. Ильюхина аспирант, Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия, timakrt@usue.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5581-3963>



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

Roza T. Timakova Dr. Sci. (Engin.), professor, tourism and hospitality department, logistics and commerce department, food engineering department, Ural State Economic University, St. 8-e Marta/Narodnoy voli, 62/45, Ekaterinburg, 620144, Russia, trt64@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-4777-1465>
Iuliia V. Iliukhina graduate student, Ural State Economic University, St. 8-e Marta/Narodnoy voli, 62/45, Ekaterinburg, 620144, Russia, timakrt@usue.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5581-3963>

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 14/01/2022	После редакции 04/02/2022	Принята в печать 01/03/2022
Received 14/01/2022	Accepted in revised 04/02/2022	Accepted 01/03/2022

Формирование инновационного отраслевого развития

Лариса А. Третьякова¹ lora_tretyakova@mail.ru  0000-0002-0030-4341
Наталья А. Азарова² azarovarsd@rambler.ru  0000-0001-8244-8922
Ростислав Н. Пузаков² puzakov2018@mail.ru

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, 12, Белгород, 308015, Россия

² Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, 8, Воронеж, 394087, Россия

Аннотация. В современных условиях экономического развития формирование инновационного отраслевого развития обеспечивается на основе глобальной реализации человеческого капитала. В ситуации экономических кризисов, обусловленных нестабильностью внешней среды, человеческий капитал является единственным источником и ресурсом для инновационных изменений в экономических процессах. Поэтому в качестве базиса основных инновационных изменений роста современной экономики России предлагаем рассмотреть показатель «человеческий капитал», который был исследован в данной статье. Актуализация современной инновационной политики, включающей ориентиры развития РФ на инновационно-технологически развитый путь обусловила особую значимость показателя «человеческий капитал». Авторами выделена методология исследования синергии данных аспектов исследования. В статье сделан вывод о том, что с учетом несовершенства существующих концептуальных положений относительно роли и значения человеческого капитала в процессе формирования инновационного отраслевого развития с целью повышения инновационной активности всех участников отраслевой экономической системы и обеспечения влияния на интенсивное развитие отраслей и комплексов, необходимо обеспечить объективный пересмотра традиционных подходов исследования развития отраслей. Данное исследование позволит повысить инновационную активность всех участников отраслевой производственно-экономической системы. При этом человеческий потенциал выступает главной движущей силой и активом обеспечения устойчивого и интенсивного отраслевого развития, определяет возможности отраслевых производственно-экономических систем по формированию диверсификационных направлений разработана структурно-логическая схема обеспечения инновационного отраслевого развития, включающая этапы инновационного развития, такие как этап формирования предпосылок инновационного отраслевого развития, этап реализации человеческого потенциала в отрасли, этап реализации совокупного отраслевого потенциала и с приоритетными методами управления, направленными на создание условий для динамичного развития и обеспечения технологических точек роста.

Ключевые слова: инновации, отраслевое развитие, человеческий капитал, потенциал, экономическое развитие

Formation of innovative industry development

Larisa A. Tretyakova¹ lora_tretyakova@mail.ru  0000-0002-0030-4341
Natalya A. Azarova² azarovarsd@rambler.ru  0000-0001-8244-8922
Rostislav N. Puzakov² puzakov2018@mail.ru

¹ Belgorod State University Belgorod, Victory Av., 85, 12, Belgorod, 308015, Russia

² Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev Av., 8 Voronezh, 394087, Russia

Abstract. In the current conditions of economic development, the formation of innovative sectoral development is provided on the basis of the global implementation of human capital. In the situation of economic crises due to the instability of the external environment, human capital is the only source and resource for innovative changes in economic processes. Therefore, we propose to consider the indicator "human capital" as the basis for major innovative changes in the growth of modern Russian economy, which has been investigated in this article. The actualization of modern innovation policy, which includes guidelines for the development of the Russian Federation towards an innovation-technologically developed path, has determined the particular importance of the "human capital" indicator. The authors have highlighted the methodology for investigating the synergy of these research aspects. In the paper a conclusion is drawn, that taking into account imperfection of existing conceptual positions concerning a role and value of the human capital in the course of forming of innovative branch development for the purpose of increase of innovative activity of all participants of branch economic system and maintenance of influence on intensive development of branches and complexes, it is necessary to provide objective revision of traditional approaches of branch development research. The given research will allow increasing innovative activity of all participants of branch industrial-economic system. At the same time, human potential acts as the main driving force and asset of ensuring sustainable and intensive sectoral development, determines the opportunities of sectoral production and economic systems for the formation of diversification directions The structural and logical scheme of ensuring innovative sectoral development, which includes the stages of innovative development, such as the stage of forming prerequisites for innovative sectoral development, the stage of realization of human potential in the industry, the stage of realization of aggregate.

Keywords: innovation, industry development, human capital, potential, economic development

Введение

Обоснование стратегических целевых установок отраслевого развития определяется адаптированным под современные условия

развития экономики пониманием экономической сущности категории «инновационное развитие» с учетом факторной зависимости учета тенденций формирования стабильного и динамичного функционирования человеческого

Для цитирования

Третьякова Л.А., Азарова Н.А., Пузаков Р.Н. Формирование инновационного отраслевого развития // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 418–424. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-418-424

For citation

Tretyakova L.A., Azarova N.A., Puzakov R.N. Formation of innovative industry development. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 418–424. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-418-424

капитала, что также определяет методологическую системность разработки программных и проектных мероприятий по формированию инновационного отраслевого развития [1]. При этом, выявление особенностей формирования инновационного отраслевого развития на основе глобальной реализации человеческого капитала, позволит разработать методологический базис отбора доминант формирования инновационного отраслевого развития, обеспечивающих повышение доходности и конкурентоспособности отрасли на основе динамичного роста производительности труда, при согласованном использовании инновационных стратегий на микро-уровне (предприятий и организаций) и на мезо-уровне (отрасли, региона) [2].

Материалы и методы

Методологией научного исследования данной тематики являлся аналитический метод исследования, включающий метод экономической теории и метод научного познания, которые позволили обеспечить наличие общих подходов к научному освоению экономической действительности, определяющих специфику формирования инновационного отраслевого развития. Методологическая платформа исследования сформирована на основе методологии системного исследования взаимосвязанных явлений и процессов социально-экономической действительности; дедуктивного, индуктивного и диалектического принципов его исследования. В работе использованы методы методологического и абстрактного мышления; сравнительного, матричного, детерминированного факторного анализа, а также метод наблюдения и системный методы.

Результаты

К результатам проведенного исследования относятся: выделены особенности формирования инновационного отраслевого развития на основе реализации человеческого капитала; определены элементы инновационного отраслевого развития, обоснована структурно-логическая схема обеспечения инновационного отраслевого развития, которая предложена в виде оценки формирования инновационного отраслевого развития на основе глобальной реализации человеческого капитала [3]. Авторами были разработаны перечень научных обособленных постулатов, обеспечивающих предложения по совершенствованию государственными органами власти или руководителями предприятий для разработки социально-экономических проектов и программ, направленных на формирование инновационного потенциала предприятий и организаций на основе человеческого капитала.

Обсуждение

Определяя вектор трансформации научных представлений об экономической сущности категории «инновационное развитие» было установлено, что проблемой, определяющей методологическую системность изучения инновационного отраслевого развития, является его понятийный аппарат, а именно факторные зависимости формирования и стабильного, динамичного развития, а также другие проблемные зоны, связанные с этим экономическим процессом, и они требуют разрешения и временной корректировки [4]. Для обоснования авторской позиции по поводу сущностной характеристики категории «инновационное развитие» были изучены труды отечественных ученых, исследующих проблемное поле инновационного развития разноуровневых экономических систем, что позволило установить совпадение научных взглядов на представление категории «инновационность» [5]. При этом чаще всего исследования инноваций и инновационного развития осуществляют в рамках экономических систем региона или предприятия. Анализ результатов исследования инноваций отдельными зарубежными учеными показал, что их взгляды гораздо шире определяют содержание данной категории, при этом концептуально в зарубежных исследованиях инновационность – это технико-технологическая возможность обеспечивать рост экономики, сопровождающаяся быстрой сменой технологических укладов, ростом производительности труда и высокой отраслевой наукоёмкостью на устойчивой основе [6]. Проведя анализ представленных определений инновационности в развитии, можно сделать вывод, что теоретические концепции, которые представлены в отечественной и зарубежной научной литературе не дают системного представления об этом экономическом явлении, что существенно затрудняет осуществление процесса управления инновационным развитием экономических систем различного уровня иерархии и сложности [7]. Изучение направлений трансформации научных представлений об экономической сущности категории «инновационное развитие», позволило дать авторское определение – это статические и динамические преимущества отраслевого развития, формирующиеся под доминирующим влиянием человеческого потенциала, обеспечивающие доходность развития отраслей и комплексов и рост производительности труда [8].

Инновации в организациях – это, прежде всего, влияние человеческого фактора. Эффективное управление человеческим капиталом обусловило реализацию идей и инноваций.

Стимулирование перспективы управления инновациями обусловило развитие новых концепций, научных доктрин, практических примеров и качественно-выполненных научных исследований, в том числе обеспечивает инновационность результата (т. е. созданной новизны) [9]. Таким образом, и человеческий капитал, и знания являются ключевыми факторами, способствующими инновациям в компаниях. Интеграция человеческого капитала и инноваций является важнейшим вопросом научного исследования.

Исследуя стратегические направления эффективного отраслевого развития на основе глобальной реализации человеческого капитала, его совокупность необходимо исследовать в рамках следующей иерархии: на уровне субъекта производственно-хозяйственной деятельности – корпоративный – микро-уровень, на уровне отрасли – отраслевой – мезо-уровень, на уровне государства – национальный – макро-уровень [10, 11].

Этот подход обеспечит комплексное и системное решение следующих задач, обеспечивающих возможности реализации научно-технического прогресса в концепции социально-экономического развития отраслей. Перечень этих задач включает в себя эффективность

вовлечения в развитие отраслевой инфраструктуры, имиджевый приоритет, уровень диффузионности наукоемкой системы, в отраслевых компонентах; создание условий для максимально плотного формирования компетентностного профиля человеческого капитала потенциала и др.

Человеческий потенциал отрасли характеризует единство экономических ресурсов отрасли, а также общность социально-демографической, социально-культурной и деятельной институциональных категорий. Вовлечение в процессы производства регионально-отраслевых комплексов определяется применяемыми методами, принципами и технико-технологическими особенностями научного инструментария, формированием конкурентных приоритетов отрасли в концепте сменбы технологических укладов и уровня диффузии наукоёмкой системы в отраслевые сегменты [12].

Для обоснования и разработки инструментария оценки формирования инновационного отраслевого развития на основе глобальной реализации человеческого капитала необходимо рассматривать все его элементы с позиции единой методологии, структурно определяя количественные и качественные индикаторы его оценки (рисунок 1).

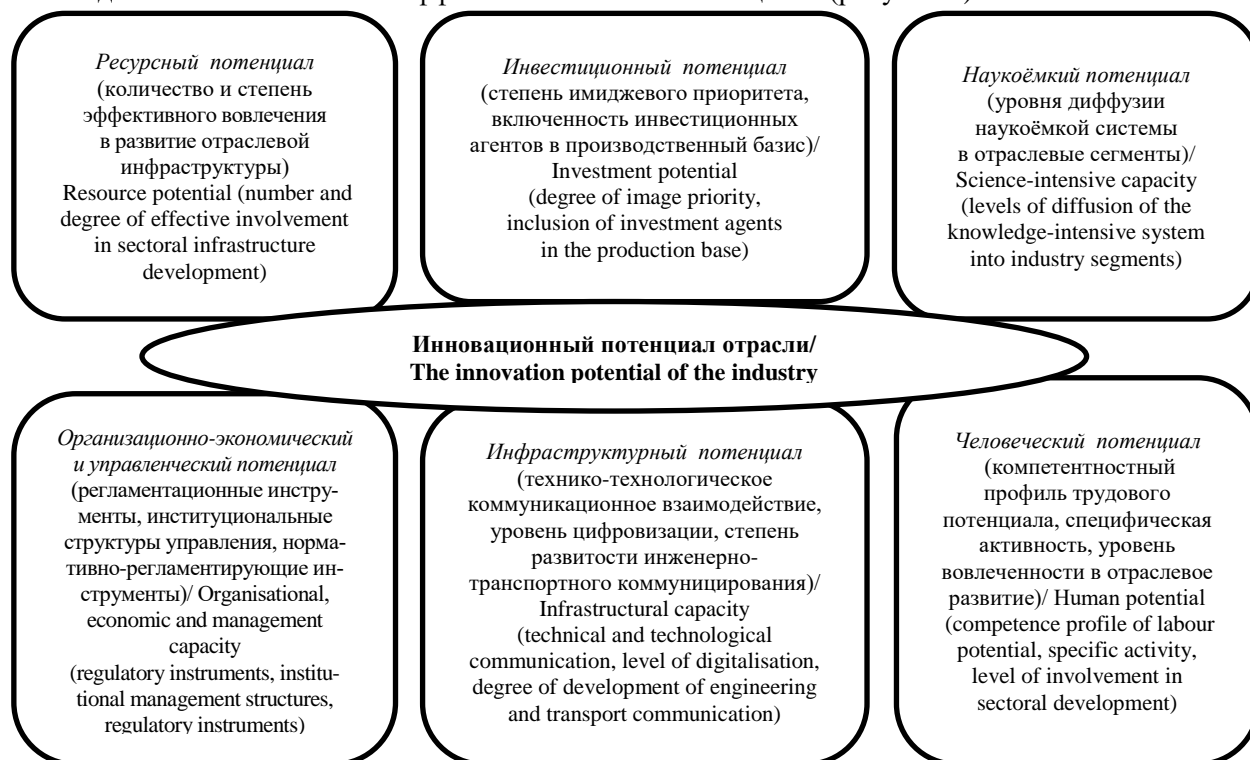


Рисунок 1. Иновационный потенциал отрасли

Figure 1. The innovation potential of the industry

Мы предполагаем, что все методы деятельности человеческого капитала влияют на уровень формирования инновационного отраслевого развития организации, который

отражает ее нематериальные свойства, генерирующие стоимость, включая навыки и мотивацию сотрудников, внешние связи и знания. В целом, человеческий капитал вносит вклад в инновации

путем расширения базы знаний организации и стимулируя создание инноваций. Концепция инновационного отраслевого развития обеспечивает понимание того, как знания функционируют в качестве ключевого актива, создающего стоимость для организаций [13].

Концепция инновационного отраслевого развития обеспечивает реализацию конкурентного преимущества на всех уровнях отраслевого развития, включающая в себя ресурсный потенциал, инвестиционный потенциал, наукоемкий потенциал, организационно-экономический потенциал, и инфраструктурный потенциал. Человеческий капитал в данном случае включает

сотрудников организации и их атрибуты, такие как знания, опыт, приверженность и мотивация [14].

Концептуально, формирование инновационного отраслевого развития на основе глобальной реализации человеческого капитала обеспечивает устойчивое и динамичное развитие отрасли, при этом управленческие процессы «управление отраслью» и «управление инновационностью» взаимозависимы, сбалансированы и предполагают интегрированное достижение общих целей: тактических, оперативных, стратегических [15].

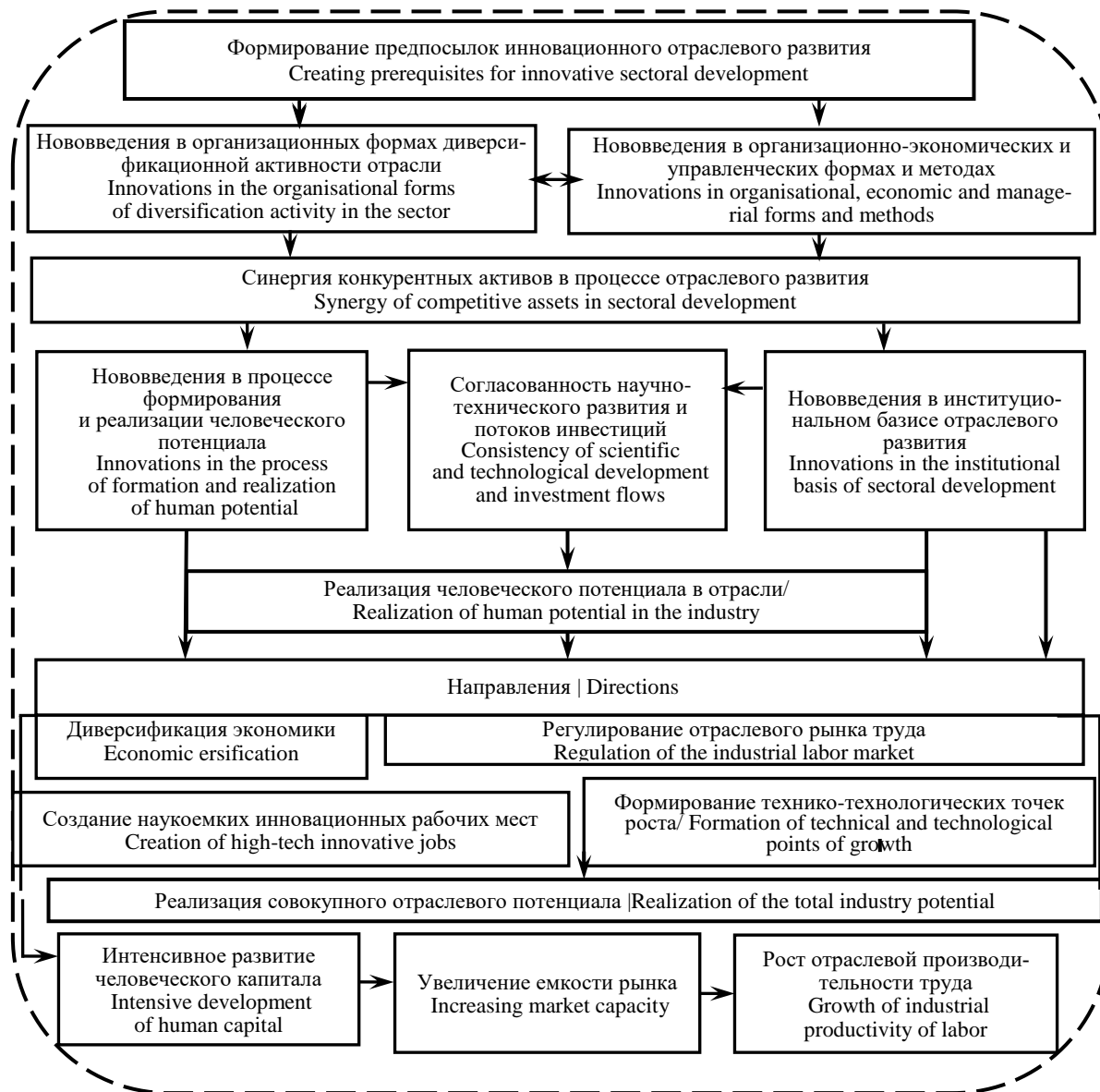


Рисунок 2. Структурно-логическая схема обеспечения инновационного отраслевого развития
Figure 2. Structure and logic diagram for ensuring innovative sectoral development

Интенсивность и полнота диффузии всех составляющих отраслевого развития в систему инновационных активов определяет конкурен-

тоспособность, включающую в себя качественные и количественные характеристики производственно-экономического развития от-

расли: инновационно-ресурсную, инвестиционно-финансовую, экологическую, институциональную, социальную [16].

Синергетический эффект формирования инновационного отраслевого развития определяется повышением качества реализации человеческого капитала, с учетом максимизации его компетентностного развития, при сбалансированном использовании инвестиционных стратегий на микро-уровне и на мезо-уровне, а также институциональных инструментов управления развитием и реализацией человеческого капитала [17].

Концепция формирования инновационного отраслевого развития на основе глобальной реализации человеческого капитала определяется как система взаимосвязанных теоретико-методологических взглядов на идеи, цели, методы, принципы, механизмы, методологический инструментарий [2, 5, 7, 15].

В данном исследовании обоснованы методы оценки уровня формирования инновационного отраслевого развития на основе глобальной реализации человеческого капитала. Такая система оценки позволит определить соответствие результата принципам формирования инновационного отраслевого развития, определить степень развития (экстенсивное или интенсивное) [18, 19].

Исходя из исходных положений, разработана структурно-логическая схема обеспечения инновационного отраслевого развития, включающая следующие этапы:

- этап формирования предпосылок инновационного отраслевого развития;
- этап реализации человеческого потенциала в отрасли;
- этап реализации совокупного отраслевого потенциала и с приоритетными методами управления, направленными на создание условий

для динамичного развития и обеспечения технологических точек роста (рисунок 2).

Синергия конкурентных активов в процессе отраслевого развития является катализатором инновационных процессов отраслевого развития. Однако драйвером процесса является человеческий капитал и его составляющие.

Заключение

Совокупность блоков инновационных предпосылок в виде нововведений в различных формах отраслевой деятельности, а также наличие эффективной системы их взаимодействия образует основу для инновационного отраслевого развития, представляющего собой сложное понятие, включающее в себя агрегированные характеристики, являющиеся важнейшими составляющими инновационности отрасли и позволяющие охарактеризовать его с разных позиций: ресурсный; финансовый; экологический; организационный потенциалы и человеческий капитал. С учетом несовершенства существующих концептуальных положений относительно роли и значения человеческого капитала в процессе формирования инновационного отраслевого развития целью повышения инновационной активности всех участников отраслевой экономической системы и обеспечения влияния на интенсивное развитие отраслей комплексов объективно обусловлена необходимость пересмотра традиционных подходов развития отраслей. С точки зрения ускорения темпов роста наукоёмких производств, быстрой смены технологических укладов, ориентация на максимально полное развитие и масштабную реализацию человеческого капитала позволит руководителям и аналитикам рассчитывать на сценарно-прогрессивный рост отраслевой производительности труда, формируя тенденционные предпосылки увеличения емкости отраслевого рынка.

Литература

- 1 Войтович В.Н., Замлея А.Т. Методы и модели управления производительностью труда: анализ мирового опыта // Российское предпринимательство. 2013. № 4 (226). С. 80–87.
- 2 Казакова Н.А. Риск-ориентированная модель оценки вероятности банкротства компаний, входящих в стратегические альянсы // Экономический анализ: теория и практика. 2019. Т. 18. № 7. С. 1295–1308. doi: 10.24891/ea.18.7.1295
- 3 Зиновьева И.С., Азарова Н.А., Небесная А.Ю. Эколого-экономические показатели устойчивого развития регионов в контексте обеспечения качества жизни населения // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27. № 2. С. 114–122. doi: 10.21209/2227-9245-2021-27-2-114-122
- 4 Олифинов А.В., Маковейчук К.А., Петренко С.А. Трансформация бизнес-моделей в условиях цифровой экономики // International Journal of Open Information Technologies. 2019. Т. 7. № 4. С. 85–91.
- 5 Портер М. Конкурентное преимущество: Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. 715 с.
- 6 Темников А.О., Подшивалова М.В. Информация как основной источник инноваций бизнес-моделей в условиях цифровой трансформации // Вестник Южно-Урал. гос. ун-та. Сер.: Экономика и менеджмент. 2020. Т. 14. № 3. С. 128–137. doi: 10.14529/em200314
- 7 Азарова Н.А., Небесная А.Ю., Свиридов А.С., Глаголева Л.Э. Анализ человеческого капитала в регионе как источника процесса импортозамещения // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3(77). С. 451–457. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-451-457

- 8 Ajitabh A., Momaya K. Competitiveness of firms: review of theory, frameworks and models // Singapore management review. 2004. V. 26. №. 1. P. 45-61.
- 9 Greer C.R., Lusch R.F., Hitt M.A. A service perspective for human capital resources: A critical base for strategy implementation // Academy of Management Perspectives. 2017. V. 31. №. 2. P. 137-158. doi: 10.5465/amp.2016.0004
- 10 Wang C.H., Hsu L.C. The influence of dynamic capability on performance in the high technology industry: The moderating roles of governance and competitive posture // African Journal of Business Management. 2010. V. 4. №. 5. P. 562-577. doi: 10.5897/AJBM.9000599
- 11 Morrison R.J. et al. Developing human capital for successful implementation of international marine scientific research projects // Marine pollution bulletin. 2013. V. 77. №. 1-2. P. 11-22. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.09.001
- 12 Nixon B. Leading business transformation – learning by doing // Industrial and Commercial Training. 2003. V. 35. №. 4. P. 163–167.
- 13 Jacobson W.S., Sowa J.E. Strategic human capital management in municipal government: An assessment of implementation practices // Public Personnel Management. 2015. V. 44. №. 3. P. 317-339. doi: 10.1177/0091026015591283
- 14 Porter M.E., Ketels C., Delgado M. The microeconomic foundations of prosperity: findings from the business competitiveness index // The global competitiveness report. 2007. V. 2008. P. 51-81.
- 15 Mishchuk H., Bilan Y., Pavlushenko L. Knowledge management systems: issues in enterprise human capital management implementation in transition economy // Polish Journal of Management Studies. 2016. V. 14. doi: 10.17512/pjms.2016.14.1.15
- 16 Thudaa A., Sarib J., Maharanic A. Employees Perception of Human Capital Practices, Employee's Productivity, and Company Performance // Integrated Journal of Business and Economics. 2019. V. 15. P. 240-250.
- 17 Silvia M. Competitiveness: From microeconomic foundations to national determinants // Studies in Business and Economics. 2006. V. 1. №. 1. P. 29-35.
- 18 Suchanek P., Spalek J., Sedlacek M. Competitiveness Factors in Post-transformation Period: The Case of Czech Enterprises // European Research Studies. 2011. V. 14. №. 1. P. 119–143.
- 19 Siudek T., Zawojcka A. Competitiveness in the economic concepts, theories and empirical research // Acta Scientiarum Polonorum. Oeconomia. 2014. V. 13. №. 1.
- 20 Dragievic T., Siano P., Prabakaran S. Future Generation 5G Wireless Networks for Smart Grid: A Comprehensive Reviews // Energies. 2019. №. 12 (11). P. 1–17.

References

- 1 Voitovich V.N., Zamlelaya A.T. Methods and models of labor productivity management: analysis of world experience. Russian Journal of Entrepreneurship. 2013. no. 4 (226). pp. 80–87. (in Russian).
- 2 Kazakova N.A. Risk-based model for assessing the probability of bankruptcy of companies included in strategic alliances. Economic analysis: theory and practice. 2019. vol. 18. no. 7. pp. 1295–1308. doi: 10.24891/ea.18.7.1295 (in Russian).
- 3 Zinovieva I.S., Azarova N.A., Nebesnaya A.Yu. Ecological and economic indicators of sustainable development of regions in the context of ensuring the quality of life of the population. Bulletin of the Transbaikalian State University. 2021. vol. 27. no. 2. pp. 114–122. doi: 10.21209/2227-9245-2021-27-2-114-122 (in Russian).
- 4 Olifirov A.V., Makoveychuk K.A., Petrenko S.A. Transformation of business models in the digital economy. International Journal of OpenInformationTechnologies. 2019. vol. 7. no. 4. pp. 85–91. (in Russian).
- 5 Porter M. Competitive advantage: How to achieve high results and ensure its sustainability. Moscow, Alpina Business Books, 2005. 715 p. (in Russian).
- 6 Temnikov A.O., Podshivalova M.V. Information as the main source of business model innovation in the context of digital transformation. Vestnik Yuzhno-Ural. state university Ser.: Economics and management. 2020. vol. 14. no. 3. pp. 128–137. doi:10.14529/em200314 (in Russian).
- 7 Azarova N.A., Nebesnaya A.Yu., Sviridov A.S., Glagoleva L.E. Analysis of human capital in the region as a source of the import substitution process. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 3(77). pp. 451–457. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-451-457 (in Russian).
- 8 Ajitabh A., Momaya K. Competitiveness of firms: review of theory, frameworks and models. Singapore management review. 2004. vol. 26. no. 1. pp. 45-61.
- 9 Greer C.R., Lusch R.F., Hitt M.A. A service perspective for human capital resources: A critical base for strategy implementation. Academy of Management Perspectives. 2017. vol. 31. no. 2. pp. 137-158. doi: 10.5465/amp.2016.0004
- 10 Wang C.H., Hsu L.C. The influence of dynamic capability on performance in the high technology industry: The moderating roles of governance and competitive posture. African Journal of Business Management. 2010. vol. 4. no. 5. pp. 562-577. doi: 10.5897/AJBM.9000599
- 11 Morrison R.J. et al. Developing human capital for successful implementation of international marine scientific research projects. Marine pollution bulletin. 2013. vol. 77. no. 1-2. pp. 11-22. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.09.001
- 12 Nixon B. Leading business transformation – learning by doing. Industrial and Commercial Training. 2003. vol. 35. no. 4. pp. 163–167.
- 13 Jacobson W.S., Sowa J.E. Strategic human capital management in municipal government: An assessment of implementation practices. Public Personnel Management. 2015. vol. 44. no. 3. pp. 317-339. doi: 10.1177/0091026015591283
- 14 Porter M.E., Ketels C., Delgado M. The microeconomic foundations of prosperity: findings from the business competitiveness index. The global competitiveness report. 2007. vol. 2008. pp. 51-81.
- 15 Mishchuk H., Bilan Y., Pavlushenko L. Knowledge management systems: issues in enterprise human capital management implementation in transition economy. Polish Journal of Management Studies. 2016. vol. 14. doi: 10.17512/pjms.2016.14.1.15

16 Thudaa A., Sarib J., Maharanic A. Employees Perception of Human Capital Practices, Employee's Productivity, and Company Performance. *Integrated Journal of Business and Economics*. 2019. vol. 15. pp. 240-250.

17 Silvia M. Competitiveness: From microeconomic foundations to national determinants. *Studies in Business and Economics*. 2006. vol. 1. no. 1. pp. 29-35.


18 Suchanek P., Spalek J., Sedlacek M. Competitiveness Factors in Post-transformation Period: The Case of Czech Enterprises. *European Research Studies*. 2011. vol. 14. no. 1. pp. 119-143.


19 Siudek T., Zawajska A. Competitiveness in the economic concepts, theories and empirical research. *Acta Scientiarum Polonorum. Oeconomia*. 2014. vol. 13. no. 1.

20 Dragjevic T., Siano P., Prabakaran S. Future Generation 5G Wireless Networks for Smart Grid: A Comprehensive Reviews. *Energies*. 2019. no. 12 (11). pp. 1-17.

21

Сведения об авторах

Лариса А. Третьякова д.э.н., профессор, кафедра менеджмента и маркетинга, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия, lora_tretyakova@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0030-4341>

Наталья А. Азарова к.э.н., доцент, кафедра мировой и национальной экономики, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф.Морозова, ул. Тимирязева, 8, Воронеж, 394087, Россия, azarovarsd@rambler.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8244-8922>

Ростислав Н. Пузаков студент, экономический факультет, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф.Морозова, ул. Тимирязева, 8, Воронеж, 394087, Россия, puzakov2018@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

Larisa A. Tretyakova Dr. Sci. (Econ.), professor, management and marketing department, Belgorod State National Research University, Pobedy str., 85 Belgorod, 308015, Russia, lora_tretyakova@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0030-4341>

Natalya A. Azarova Cand. Sci. (Econ.) associate professor, world and national economy department, Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov, Timiryazeva Street, Voronezh, 394087, Russia, azarovarsd@rambler.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8244-8922>

Rostislav N. Puzakov student, economic department, Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov, Timiryazeva Street, Voronezh, 394087, Russia, puzakov2018@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 18/01/2022	После редакции 11/02/2022	Принята в печать 02/03/2022
Received 18/01/2022	Accepted in revised 11/02/2022	Accepted 02/03/2022

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: <http://vestnik.vsuet.ru/>

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-vsuet.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 СОРЕ.

ОФОРМЛЕНИЕ СТАТЬИ

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, подрисуночные 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 подрисуночные подписи, не должен превышать: для работ, имеющих общее значение 5–20 страниц текста, для кратких сообщений до 3 стр.

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: <http://vestnik.vsuet.ru/>

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:

Лапидус 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., Belozеров 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):

Pyukhina 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-cifrovoy-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 vestnikvgt@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/vguit/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 ee 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., 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. № 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).