

ISSN 2226-910X
E-ISSN 2310-1202

**ВЕСТНИК ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Вестник ВТУИТ

Proceedings of VSEI

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

2020

№

1

16+

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»



**ВЕСТНИК
ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ВЕСТНИК ВГУИТ

2020, Том. 82, № 1

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В 1938 ГОДУ
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

**Воронеж
2020**

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

2020, Vol. 82, No. 1

SCIENTIFIC AND THEORETICAL JOURNAL

FOUNDED IN 1938
COMES 4 TIMES PER YEAR

**Voronezh
2020**

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Афанасьев В.А., Остриков А.Н., Богомолов И.С., Нестеров Д.А., Филиппов П.В. Расчет горелок инфракрасного нагрева микронизатора с использованием биометана	17
Дранников А.В., Шевцов А.А., Квасов А.В., Лыткина Л.И., Бубнов А.Р., Волков С.П. Многофакторный статистический анализ процесса смешивания при получении кормовой добавки на основе свекловичного жома	27
Хвостов А.А., Магомедов М.Г., Журавлев А.А., Шипилова Е.А., Семенихин О.А., Никитченко А.А. Оптимизация параметров технологического трубопровода по технико-экономическим показателям	34
Емельянов А.Б., Копылов М.В., Казарцев Д.А., Абрамян М.К., Нечаев М.В. Оптимизация процесса смешения жидкофазных гетерогенных продуктов на основе многофакторного статистического анализа	47

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Губарева Ю.П., Терещенко Д.А. Влияние дозировки кукурузного масла на показатели качества теста и хлебобулочного изделия с пророщенными семенами льна	53
Кудряшев Г.С., Дыкус И.В., Батищев С.В. Аккумуляция солнечной энергии зерновыми культурами	59
Голыбин В.А., Федорук В.А., Матвиенко Н.А. Проблемы сезонности производства сахара из свеклы	64
Алексеева Т.В., Здоровцев Е.О., Малакова Л.В., Фурсова А.П., Столяров А.Е., Талтынова Е.С. Моделирование пищевых систем для алиментарной коррекции соотношения полиненасыщенных жирных кислот в организме человека	70
Колоколова А.Ю., Илюхина Н.В., Тришканева М.В., Королев А.А. Влияние комбинирования микроволнового и ультрафиолетового методов обработки растительного сырья на ингибирование культуры <i>Salmonella</i>	76
Зипаев Д.В., Тулина А.А., Кожухов А.Н. Использование метода капиллярного электрофореза в оценке пищевых продуктов и напитков	82
Кондратенко В.В., Каневский Б.Л., Покудина Г.П., Борченкова Л.А., Сенкевич В.И. Исследование миграции зоны наименьшего прогревания сока яблочного осветлённого в процессе тепловой обработки	88
Осман А.Д., Едисеева Л.Г., Зеленков В.Н., Латушкин В.В. Изучение силатрансодержащего препарата на улучшение потребительских свойств салата (<i>Lactuca sativa</i> var. Дубачек МС), выращенного в фитотроне ИСР 0.1 методом гидропонии	96
Калужина О.Ю., Яковлева К.С., Кашапова Р.А., Черненков Е.Н., Черненко А.А., Бодров А.Ю. Влияние ультразвука на пивоваренные дрожжи	103
Долматова О.И., Лемешева В.С., Заднепровская Л.А. Молокосодержащий продукт с заменителем молочного жира, произведенный по технологии сметаны с увеличенным сроком годности	110
Андреев М.П., Галдукевич В.А. Характеристика фарша балтийской трески (<i>Gadus Morhua Callarias</i>), промытого электрохимически активированной водой с различной концентрацией ионов активного хлора	117
Васюкова А.Т., Макаров М.Г., Эдварс Р.А., Махмадалиев Э.Ш., Бражников М.Е. Разработка технологии и рецептур мясных фаршевых изделий с БАД	124
Васюкова А.Т., Тихонов Д.А., Тонапетян Т.А., Бойко Г.Ю. Влияние БАД на структуру рыбных фаршевых изделий	129
Новак А.И., Лящук Ю.О. Функциональные свойства растительного наполнителя <i>Melissa officinalis</i> L. в составе творожных продуктов	134
Айрапетян А.А., Манжесов В.И. Разработка технологии вареной колбасы с применением растительных компонентов	138
Курчаева Е.Е., Востроилов А.В., Лыткина Л.И., Шенцова Е.С. Повышение продуктивности и качества мяса кроликов на основе комплексного использования пробиотиков и сорбентов в составе комбикормов	144
Васюкова А.Т., Тихонов Д.А., Тонапетян Т.А., Куликов Д.А. Регулирование функционально-технологических свойств фаршевых систем путём применения структурорегулирующих добавок	150
Пьяникова Э.А., Черемушкина И.В., Ковалева А.Е., Быковская Е.И. Исследование состава сахаров в хлебах хрустящих, обогащенных яблочным порошком	156
Жижин Н.А. Применение метода «быстрой» газовой хроматографии для регулярного анализа жирных кислот в молоке и молочных продуктах	163
Горбачева М.В., Тарасов В.Е., Сапожникова А.И., Калманович С.А. Вытапливание жира в электрохимически активированной водной среде: технологические аспекты, безопасность и качество готового продукта	169
Белашова О.В., Заушинцева А.В., Леванова Л.А., Захарова Ю.В., Марьян А.А., Асякина Л.К. Определение антибактериальной активности флавоноидов из каллуса <i>Scutellaria galericulata</i> L. для разработки функционального творожного продукта	178
Барбашин Д.И. Содержание сахаров, кислотность и АОА в обезвоженных ягодах черной смородины	183
Романова Н.В., Иванова Е.В., Терентьев С.Е. Подбор заквасок прямого внесения для твердых сыров	187
Попов В.Н., Корнеева О.С., Искусных О.Ю., Искусных А.Ю. Инновационные способы переработки биоотходов птицеводства	194

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Шевцов А.А., Шевцов С.А., Кошелев В.А. Ресурсосберегающие термодинамические циклы в технологии хранения жидкого углеводородного топлива	201
Яковлев Н. А., Плакунова Е. В., Мостовой А.С., Щербаков А.С. Модифицированные дисперсные наполнители – натрий кремнефтористый и полифосфат аммония, их свойства и влияние на эпоксидную матрицу	207
Корчагин В.И., Дочкина Ю.Н., Денисова-Барабаш Е.А., Плякина А.А. Сравнительная оценка эффективности коагуляционных методов при извлечении биологически активных компонентов из высококонцентрированных стоков	213
Медведев Р.П., Подковырина Ю.С., Скорынина А.А. Применение люминофора из фосфогипса в качестве люминесцентного наполнителя для полимеров	219
Шмакова Н.С., Кирш И.А., Романова В.А. Влияние катионных поверхностно-активных веществ на физико-механические свойства полимерных композиций	225
Акулинин Е.И., Голубятников О.О., Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И. Численный анализ циклического процесса адсорбционного разделения синтез-газа	230
Буракова Е.А., Бесперстова Г.С., Неверова М.А, Ткачев А.Г., Чапаксов Н.А., Рухов А.В. Влияние термообработки на свойства катализатора синтеза углеродных нанотрубок	237
Копаев А.Ю., Мураховский И.А., Кучменко Т.А. Интенсификация обработки данных и получение новой информации по многомерным сигналам «электронного носа»	247
Остриков А.Н., Шевцов А.А., Тертычная Т.Н., Сердюкова Н.А. Эксергетический анализ технологии получения биодизельного топлива из рапсового масла	252
Глазков С.С., Глазков Д.С., Козлов В.А., Шутилин Ю.Ф. Модель получения полимерных стабилизаторов композитов с заданным составом макромолекулы	262
Щегольков А.В., Щегольков А.В., Комаров Ф.Ф., Парафимович И.Д., Мильчанин О.О., Кобелев А.В. Применение углеродных нанотрубок для создания материалов поглощающих электромагнитное излучение и электродов суперконденсаторов	267

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Саликов Ю.А., Кузьменко Н.И. Применение системного подхода в анализе процессов формирования и функционирования территориальных образований	273
Печеневский В.Ф., Снегирев О.И. Основные концептуальные направления формирования и развития аграрной структуры в Центральном-Черноземном макрорегионе	283
Дзюба А.П. Влияние формы графиков электрических нагрузок потребителей на эффективность ценозависимого управления на основе систем накопителей электроэнергии	291
Журкина Т.А., Сабетова Т.В. Пути повышения финансовых результатов предприятий сферы ЖКХ	304
Агаева Н.Ю., Алексеева Т.В., Столяров А.Е., Талтынова Е.С., Певнева Д.М. Нестеренко И.П. Прогнозирование целевых значений показателей ФЦП «Развитие внутреннего и въездного туризма в РФ 2011-2018 годы»	313
Кручинина В.М., Рыжкова С.М. Анализ потенциала инвестиционной привлекательности рыбохозяйственного комплекса России	322
Казьмина И.В., Дерканосова А.А. Особенности логистического обеспечения высокотехнологичного предприятия	333
Пелькова С.В., Кольцова Т.А. Действующая система государственной поддержки малого предпринимательства в Тюменской области	340
Дзахмишева И.Ш. Исследование социально-экономического состояния туристской индустрии в Кабардино-Балкарской Республике	350
Кудрявцева Н.Н., Пахомова Ю.В., Дуванова Ю.Н. Экономическая модель прогнозирования финансового состояния предприятия	356
Букова А.А., Зазыкина Л.А. Электронный маркетинг как инструмент продвижения малых городов	360
Соколинская Ю.М., Колесниченко Е.А., Чекудаев К.В. Тенденции развития малого предпринимательства	365
Лапшина М.Л., Лукина О.О., Лапшин Д.Д. Использование математических моделей в неравновесной экономике с компенсирующим спросом	369
Ткаченко Д.В. Механизм повышения эффективности и качества государственных услуг	380
Леонтьева А.Г. Социальные риски и их влияние на качество человеческого потенциала региона	389
Бугаев Ю.В., Коробова Л.А., Шурупова И.Ю. Поиск всех решений задачи динамического программирования в случае совпадения их многокритериальных оценок	398
Дзахмишева И.Ш. Оценка конкурентоспособности предприятий розничной торговли в городе Нальчик	404
Армашова-Тельник Г.С. Оценка потенциала технологий распределенной энергетики в качестве компенсации потребности в генерирующих мощностях до 2035 года	409
Дорохин С.В., Зеликов В.А., Субхонбердиев А.Ш., Титова Е.В., Попова Н.Н. Анализ влияния внешнеэкономических факторов на развитие транзитных перевозок на территории ЕАЭС	419

CONTENTS

PROCESSES AND APPARATUSES OF FOOD ENGINEERING

Afanasyev V.A., Ostrikov A.N., Bogomolov I.S., Nesterov D.A., Filiptsov P.V. Calculation of infrared heating burners of a micronizer using biomethane	17
Drannikov A.V., Shevtsov A.A., Kvasov A.V., Lytkina L.I., Bubnov A.R., Volkov S.P. Multivariate statistical analysis of the mixing process in the preparation of feed additives based on beet pulp	27
Khvostov A.A., Magomedov M.G., Zhuravlev A.A., Shipilova E.A., Semenikhin O.A., Nikitchenko A.A. Optimization of process pipeline parameters by techno-economic parameters.	34
Emelyanov A.B., Kopylov M.V., Kazartsev D.A., Abrahamyan M.K., Nechaev M.V. Optimization of the process of mixing liquid-phase heterogeneous products by mathematical modeling	47

FOOD BIOTECHNOLOGY

Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Gubareva Ju.P., Tereshchenko D.A. The influence of the dosage of corn oil on the quality indicators of the dough and products with germinated flax seeds	53
Kudryashev G.S., Dykus I.V., Batishchev S.V. Solar energy storage by grain crops	59
Golybin V.A., Fedoruk V.A., Matvienko N.A. Problems of seasonality of sugar production from beets	64
Alekseeva T.V., Zdorovtsev E.O., Malakova L.V., Fursova A.P., Stolyarov A.E., Taltynova E.S. Modeling of food systems for nutritional correction of the ratio of polyunsaturated fatty acids in people	70
Kolokolova A.Yu., Ilyuhina N.V., Trishkanova M.V., Korolev A.A. The effect of combining microwave and ultraviolet methods of plant materials processing on <i>Salmonella</i> culture inhibition	76
Zipaev D.V., Tulina A.A., Kozhukhov A.N. The use of capillary electrophoresis in the evaluation of food and beverages	82
Kondratenko V.V., Kanevskiy B.L., Pokudina G.P., Borchenkova L.A., Senkevich V.I. Investigation of the migration of the least heating zone of clarified apple juice during heat treatment	88
Othman A.J., Eliseeva L.G., Zelenkov V.N., Latushkin V.V. The study of a silatrane-containing preparation on improving the consumer properties of lettuce (<i>Lactuca sativa</i> var. Dubachek MC), grown hydroponically in phytotron-ISR 0.1	96
Kaluzhina O.Yu., Yakovleva K.S., Kashapova R.A., Chernenkov E.N., Chernenkova A.A., Bodrov A.Yu. The effect of ultrasound on brewing yeast	103
Dolmatova O.I., Lemesheva V.S., Zadneprovskaya L.A. Milkcontaining product with milk fat replacer, manufactured using sourcream technology with an extended shelf life.	110
Andreev M.P., Galdukevich V.A. Characteristic of baltic cod mince <i>Gadus Morhua</i> Callarias washed with electrochemical activated water with different concentration of active chlorine ions	117
Vasyukova A.T., Makarov M.G., Edvars R.A., Mahmaliev E.S., Brazhnikov M.E. Development technology and sandement meat farsetos with dietary supplements	124
Vasyukova A.T., Tikhonov D.A., Tonapetyan T.A., Boyko G.J. Influence additions on the structure of the free fares	129
Novak A.I., Lyashchuk Yu.O. The functional properties of the vegetable filler <i>Melissa officinalis</i> L. in the composition of curd products	134
Hayrapetyan A.A., Manzhosov V.I. Development of boiled sausage technology using vegetable raw ingredients	138
Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Lytkina L.I., Shentsova E.S. Improving the productivity and quality of rabbit meat based on the integrated use of probiotics and sorbents as part of compound feeds	144
Vasyukova A.T., Tikhonov D.A., Tonapetyan T.A., Kulikov D.A. Regulating the functional and technological properties of mince dinghies by applying structural additives	150
Pyanikova E.A., Cheremushkina I.V., Kovaleva A.E., Bykovskaya K.I. The effect of apple powder on the consumption of crispbread	156
Zhizhin N.A. Application of the “fast” gas chromatography method for regular analysis of fatty acids in milk and dairy products	163
Gorbacheva M.V., Tarasov V.E., Sapozhnikova A.I., Kalmanovich S.A. Fat rendering in an electrochemically activated water environment: technological aspects, safety and quality of the finished product	169
Belashova O.V., Zaushintsena A.V., Levanova L.A., Zakharova Yu.V., Mar'in A.A., Asyakina L.K. Determination of the antibacterial activity of flavonoids from callus <i>Scutellaria galericulata</i> L. for the development of a functional curd product	178
Barbashin D.I. Sugar content, acidity and antioxidant activity in dehydrated blackcurrant	183
Romanova N.V., Ivanova E.V., Terentev S.E. Selection of starter cultures of direct application for hard cheeses	187
Popov V.N., Korneeva O.S., Iskusnykh O.Yu., Iskusnykh A.Yu. Innovative ways to process poultry waste	194

CHEMICAL TECHNOLOGY

Shevtsov A.A., Shevtsov C.A., Koshelev V.A. Resource-saving thermodynamic cycles in liquid hydrocarbon fuel storage technology	201
Yakovlev N.A., Plakunova E.V., Mostovoy A.S., Shcherbakov A.S. Surface modification of dispersed fillers (silicofluoride sodium and ammonium polyphosphate). Their properties and influence on an epoxy matrix	207
Korchagin V.I., Dochkina Ju.N., Denisova-Barabash E.A., Plyakina A.A. Comparative evaluation of the coagulation methods effectiveness in the extraction of biologically active components from highly concentrated effluents	213
Medvedev R.P., Podkovyrina Yu.S., Skorynina A.A. The use of the phosphor of phosphogypsum as a filler for fluorescent polymers	219
Shmakova N.S., Kirsh I.A., Romanova V.A. Influence of cationic surfactants on physical and mechanical properties of polymer compositions	225
Akulinin E.I., Golubyatnikov O.O., Dvoretzky D.S., Dvoretzky S.I. Numerical study of the dynamics of synthesis gas adsorption separation	230
Burakova E.A., Besperstova G.S., Neverova M.A., Tkachev A.G., Chapaksov N.A., Rukhov A.V. The influence of heat treatment on the properties of the catalyst for the synthesis of carbon nanotubes	237
Kopaev A.Yu., Murakhovsky I.A., Kuchmenko T.A. Intensification of data processing and obtaining new information on multidimensional signals of the "electronic nose"	247
Ostrikov A.N., Shevtsov A.A., Tertychnaya T.N., Serdyukova N.A. Exergetic analysis of the production technology of biodiesel from rapeseed oil	252
Glazkov S.S., Glazkov D.S., Kozlov V.A., Shutilin Yu.F. A model for producing polymer stabilizers of composites with a given macromolecule composition	262
Shchegolkov A.V., Shchegolkov A.V., Komarov F.F., Parafimovich I.D., Milchanin O.O., Kobelev A.V. The use of carbon nanotubes to create materials that absorb electromagnetic radiation and electrodes of supercapacitors.	267

ECONOMICS AND MANAGEMENT

Salikov Yu.A., Kuzmenko N.I. Application of a systematic approach to the analysis of the processes of formation and functioning of territorial entities	273
Pechenevsky V.F., Snegirev O.I. The main conceptual directions of the formation and development of the agrarian structure in the Central Black Earth macro-region	283
Dzyuba A.P. The influence of the form of graphs of electrical loads of consumers on the efficiency of price-dependent control based on the systems of electrical energy storage	291
Zhurkina T.A., Sabetova T.V. The ways to improve the financial results of the housing and utility sector companies	304
Agaveva N.Yu., Alekseeva T.V., Stolyarov A.E., Taltynova E.S., Pevneva D.M., Nesterenko I.P. Forecasting the target values of the Federal target program "Development of domestic and inbound tourism in the Russian Federation 2011-2018"	313
Kruchinina V.M., Ryzhkova S.M. Analysis of the potential investment attractiveness of the Russian fisheries sector	322
Kazmina I.V., Derkanosova A.A. Features of the logistics support of a high-tech enterprise	333
Pelkova S.V., Koltsova T.A. The current system of state support for small business in the Tyumen region	340
Dzakhmisheva I.Sh. Research of the socio-economic condition of the tourist industry in the Kabardino-Balkarian Republic	350
Kudryavtseva N.N., Pakhomova Yu.V., Duvanova Yu.N. Economic model of forecasting financial condition of the enterprise	356
Bukova A.A., Zazykina L.A. E-marketing as a tool for promoting towns	360
Sokolinskaya Yu.M., Kolesnichenko E.A., Chekudaev K.V. Tendencies of development of small business	365
Lapshina M.L., Lukina O.O., Lapshin D.D. Using mathematical models in a disequilibrium economy with offsetting demand	369
Tkachenko D.V. Mechanism for improving the efficiency and quality of public services	380
Leontieva A.G. Social risks and their impact on the quality of the human capital of the region	389
Bugaev Yu.V., Korobova L.A., Shurupova I.Yu. Search for all solutions to the dynamic programming problem if their multicriteria estimates coincide	398
Dzakhmisheva I.Sh. Evaluation of competitiveness of retail enterprises in Nalchik	404
Armashova-Telnik G.S. Assessment of the potential of distributed energy technologies as a compensation for the need for generating capacities until 2035	409
Dorokhin S.V., Zelikov V.A., Subhonberdiev A.S., Titova E.V., Popova N.N. Analysis of the impact of foreign economic factors on the development of transit transport in the territory of The EEU	419

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

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

Материалы журнала размещаются в

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

В журнале представлены статьи по следующим научным специальностям:

05.18.00 – Технология продовольственных товаров;

05.17.00 – Химическая технология;

08.00.00 – Экономические науки

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Председатель (Главный редактор):

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

Заместители председателя (Зам. главного редактора):

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ РУБРИК

Процессы и аппараты пищевых производств

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

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

АНТИПОВ СЕРГЕЙ ТИХОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, заслуженный изобретатель РФ, советник при ректорате по науке, зав. кафедрой машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0002-8932-5922

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

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

ВАСИЛЕНКО ВИТАЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе, профессор кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, декан технологического факультета, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0002-1547-9814

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

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

МАКСИМЕНКО ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе и инновациям, заместитель заведующего 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 Succirto 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 плодородства, виноградарства и экологии, Словацкий сельскохозяйственный университет (Нитра, Словакия), отдел биоэнергетики и пищевых технологий, Жешувский университет (Жешув, Польша) ORCID: 0000-0002-4460-0222

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

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

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

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

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

ПАНДА ВАНДАНА доктор наук, доцент кафедры фармакологии, Ведущий фармацевтический колледж им. К. М. Кунднани (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, зав. кафедрой сервиса и ресторанного бизнеса, декан факультета экономики и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0002-6940-7998

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

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

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

Химическая технология

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

БИТЮКОВ ВИТАЛИЙ КСЕНОФОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, советник при ректорате, профессор кафедры информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

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

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

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

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

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

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

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

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

СУХАНОВ ПАВЕЛ ТИХОНОВИЧ доктор химических наук, профессор, 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 09.03.2020. Подписано в печать 24.03.2020
Выход в свет: 30.03.2020
Формат 70×100 1/8.
Усл. печ. л. 54 Тираж 1500 экз. Заказ.
Цена – свободная.

© ФГБОУ ВО
«Воронеж. гос. ун-т инж.
технол.», 2020

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

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

Journal materials are placed in

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

The journal presents articles on the following scientific specialties:

05.18.00 – Food Technology;

05.17.00 – Chemical Technology;

08.00.00 – Economics

EDITORIAL COUNCIL

Chairman (Editor-in-chief):

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

Vice-chairman (Deputy Chief Editor):

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

EDITORIAL TEAM

Processes and devices for food production

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

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

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

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

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

VASILENKO, VITALII NIKOLAEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Academic Affairs. Professor of the Department of Fats technology, processes and apparatuses of chemical and food industries, the Dean of the Technology Faculty, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia) ORCID: 0000-0002-1547-9814

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

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

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

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

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

CHERTOV, EVGENY DMITRIEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Advisor to the administration, Head of the Department of Technical Mechanics, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Voronezh state university of engineering technologies (Voronezh, Russia)

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

Food biotechnology

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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., Head of the Department of service and restaurant business, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

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

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

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

Chemical Technology

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

SUKHANOV, PAVEL TIKHONOVICH doctor of Chemical Sciences, Professor, Vice Rector for 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, Polessky 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 09.03.2020. Signed to print 24.03.2020

The publication: 30.03.2020

Format 70×100 1/8.

Conditional Print l. 54 Circulation 1500 copies.

Price - Free.

© FSBEI HE

"Voronezh State University
of Engineering
Technologies ", 2020

Процессы и аппараты пищевых производств**Processes and devices for food production**DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-1-17-26>

Оригинальная статья/Research article

УДК 697.1

Open Access

Available online at vestnik-vsuet.ru**Расчет горелок инфракрасного нагрева микронизатора с использованием биометана**

Валерий А. Афанасьев	¹	vnii_kp@vmail.ru	 0000-0003-4129-0422
Александр Н. Остриков	²	ostrikov27@ya.ru	 0000-0002-2335-0017
Игорь С. Богомолов	¹	igor-bog@ya.ru	 0000-0001-8172-6919
Дмитрий А. Нестеров	¹	nestor13_lord@mail.ru	 0000-0002-1168-7755
Павел В. Филиппов	¹	filiptsov9393@mail.ru	 0000-0002-0144-6421

¹ АО «Научно-производственный центр «ВНИИ комбикормовой промышленности», пр-т Труда, 91, г. Воронеж, 394026, Россия² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Проведены исследования по очистке биогаза от соединений серы, углекислого газа и водяных паров для последующего использования в горелках микронизатора. Показана возможность его доведения до показателей природного газа следующего состава: метана (CH₄) – 85 % об., углекислого газа CO₂ – 11 % об., паров воды – 9 мг/м³, сероводорода H₂S – 20 мг/м³ с минимальными энергетическими затратами на его подготовку. Получены основные соотношения для оценки конструктивных и технологических параметров работы горелок инфракрасного излучения. Экспериментальные исследования пределов устойчивости пламени на перфорированных керамических насадках показали, что проскок пламени через них возможен в тех случаях, когда тепловую мощность увеличивают до некоторого критического значения. При этом тепловая мощность зависит от вида газа и содержания воздуха в горючей смеси. Составлены уравнения теплового баланса для оптимизации конструкций и режимов работы горелок инфракрасного излучения. Была усовершенствована конструкция 40 газовых горелок за счет изменения геометрических размеров и формы для равномерного распределения подаваемого биогаза и устойчивого горения по всей площади горелки. Установлено, что температура греющей поверхности горелки ГИК-8 на газовых смесях с содержанием CO₂ 18-34 % составляет 900-950 °С, что не отличается от номинальной температуры при работе на природном газе. Модернизирована система инфракрасного нагрева, адаптированная для сжигания очищенного биогаза с содержанием метана до 98 %, в частности, усовершенствована система подачи и регулирования биометана, система ввода дополнительного биогаза, система автоматического управления горелками.

Ключевые слова: биогаз, газовая горелка, инфракрасное излучение, микронизация, тепловой баланс

Calculation of infrared heating burners of a micronizer using biomethane

Valery A. Afanasyev	¹	vnii_kp@vmail.ru	 0000-0003-4129-0422
Alexander N. Ostrikov	²	ostrikov27@ya.ru	 0000-0002-2335-0017
Igor S. Bogomolov	¹	igor-bog@ya.ru	 0000-0001-8172-6919
Dmitriy A. Nesterov	¹	nestor13_lord@mail.ru	 0000-0002-1168-7755
Pavel V. Filiptsov	¹	filiptsov9393@mail.ru	 0000-0002-0144-6421

¹ JSC Scientific-production center VNII of feed industry, Truda Av., 91 Voronezh, 394026, Russia² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Studies have been carried out on the purification of biogas from sulfur compounds, carbon dioxide and water vapor for subsequent use in micronizer burners. The possibility of bringing it to the parameters of natural gas of the following composition: methane (CH₄) – 85 % vol., carbon dioxide CO₂ – 11 % vol., water vapor – 9 mg/m³, hydrogen sulfide H₂S – 20 mg/m³ with minimal energy costs for its preparation is demonstrated. The basic relationships are obtained for assessing the design and technological parameters of the infrared radiation burners operation. Experimental studies of the flame stability limits on perforated ceramic nozzles have shown that flashback through them is possible when the thermal power is increased to a certain critical value. In this case, the thermal power depends on the type of gas and the air content in the combustible mixture. The heat balance equations have been derived to optimize the designs and operation modes of infrared radiation burners. The design of 40 gas burners was improved by changing the geometric dimensions and shape for a uniform distribution of biogas supplied and sustainable combustion over the entire area of the burner. It was established that the temperature of the heating surface of the GIK-8 burner on gas mixtures with a CO₂ content of 18-34 % is 900-950 °C, which does not differ from the nominal temperature when operating on natural gas. The infrared heating system was modernized, adapted for burning purified biogas with methane content up to 98 %, in particular, the biomethane feed and control system, the additional biogas input system, and the automatic burner control system were improved.

Keywords: biogas, gas burner, infrared radiation, micronization, heat balance

Для цитирования

Афанасьев В.А., Остриков А.Н., Богомолов И.С., Нестеров Д.А., Филиппов П.В. Расчет горелок инфракрасного нагрева микронизатора с использованием биометана // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 17–26. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-17-26

For citation

Afanasyev V.A., Ostrikov A.N., Bogomolov I.S., Nesterov D.A., Filiptsov P.V. Calculation of infrared heating burners of a micronizer using biomethane. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 17–26. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-17-26

Введение

Адаптация инфракрасных горелок, работающих на биометане, является актуальной проблемой для негазифицированных районов. В связи с этим очень важно модифицировать конструкцию ИК-горелки низкого давления. Остановимся на теоретических аспектах данной проблемы [1–14].

В [9] изучено влияние параметров поровой структуры на величину радиационного КПД цилиндрических горелок, функционирующих во внутреннем режиме горения. В работе приведены количественные оценки максимально возможного радиационного КПД, который может реализоваться в зависимости от условий работы метановоздушной горелки во внутреннем режиме горения. В качестве топлива использовался природный газ следующего состава: метан – 91,07% об., этан – 4,05% об., азот – 2,02% об., пропан – 1,69% об., остальное (диоксид углерода, бутан, пентан) – 1,17% об. Установлено, что в зависимости от условий цилиндрические горелки характеризуются радиационным КПД от 60 до 30%. Приведены количественные оценки максимально возможного радиационного КПД горелок в зависимости от удельной мощности, состава топливной смеси и коэффициента черноты излучателя [1–3]. Установлено, что при удельных мощностях 160 и 260 кВт/м² горелки с мелкопористым излучателем характеризуются повышенным радиационным КПД в сравнении со среднепористыми и крупнопористыми горелками.

В [8] экспериментально исследован прерывистый режим работы горелок с полым цилиндрическим излучателем из интерметаллидного *Ni-Al* сплава. Установлено, что самовоспламенение метановоздушной смеси стехиометрического состава возможно только при температурах пористого излучателя более 780–800 °С. Показано, что структура пористости излучателя определяет возможность установления внутреннего режима горения после самовоспламенения смеси. Показана возможность работы полый цилиндрической горелки в режиме прерывистой подачи топливовоздушной смеси. Установлено, что для обеспечения самовоспламенения топливной смеси температура пористого излучателя должна быть не менее 780 °С [4–7, 9, 10].

В [11] выполнено моделирование горения и теплообмена при работе современных высокотемпературных газовых горелок инфракрасного излучения трех конструктивных вариантов: типового, изолированного и модернизированного. Выполнено адаптационное исследование

для подбора математической модели турбулентности. При оценке достоверности результаты математического моделирования сопоставлены с эмпирическими зависимостями, полученными по результатам экспериментальных исследований на базе действующего производственного здания. Получены зависимости, расширяющие представление о тепловом режиме в зоне над излучателями.

В [14] проведены экспериментальные исследования процесса горения смесей природного газа с воздухом над поверхностью плоской проницаемой керамической матрицы из мягкого жаростойкого теплоизолирующего материала Fiberfrax в инфракрасном горелочном устройстве. Температура поверхности рекуператоров из пластин фехраля марки ПХ25Ю6 достигала значений 1400 °С, что позволило увеличить значение плотности потока излучения по сравнению с горелочными устройствами с обычными металлическими и керамическими матрицами. Достигнуты рекордные значения удельной мощности устойчивого поверхностного горения (2250 кВт/м²), что позволило увеличить плотность потока излучения одновременно с улучшением экологических характеристик ИК горелочного устройства. Мягкий керамический материал Fiberfrax позволяет уйти от проблем, связанных с разрушением керамических матриц из-за градиентов температур по толщине матрицы, возникающих на энергонапряженных режимах работы ИК горелок, расширяет возможности при создании горелочных устройств разной формы [12, 13].

Работа [15] посвящена теоретическому исследованию газодинамических и теплофизических процессов, протекающих в инфракрасной газовой горелке. Проведено численное моделирование газодинамических и теплофизических процессов в инфракрасной газовой горелке, получены поля скоростей, температур и концентраций реагирующих веществ в области вблизи горелки. В результате расчетов получены температура пламени и поверхности керамического излучателя, распределение содержания CO₂ в продуктах сгорания горелки. На основании проведенных численных исследований газодинамических и теплофизических процессов в инфракрасном газовом нагревателе определены конструктивные размеры и конфигурационные параметры зоны смешения, что позволило обеспечить эффективный режим работы горелки.

Материалы и методы

Блочная нагревательная горелка низкого давления ГИК-8 работает на смеси природного газа с воздухом. Стационарный режим работы горелок ГИК-8 в составе системы газового инфракрасного

нагрева СГИН-300 агрегата обжарочного инфракрасного ДБОМ-2М предусматривает беспламенное сжигание смеси природного газа с воздухом внутри перфорированных цилиндрических каналов керамической насадки (рисунок 1).

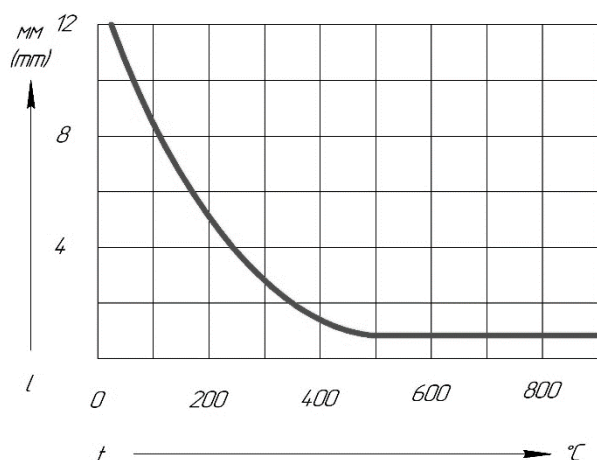


Рисунок 1. Распределение температуры по толщине керамической плитки

Figure 1. Temperature distribution over the thickness of ceramic tiles

При различии в динамике прогрева керамических плиток в стационарном режиме распределение температуры по толщине плитки совершенно не различается. Согласно распределению температуры по толщине керамической плитки зона горения должна непосредственно примыкать к выходной части перфорированных каналов. При этом необходимо доводить до предельно допустимой температуры нагрева зоны от выходных отверстий каналов на глубину 1 мм.

Температурный диапазон нагрева поверхностного слоя керамической плитки имеет нижние и верхние границы. Нижняя граница температурного диапазона ограничивается температурой воспламенения смеси природного газа с воздухом – 530 °С; смеси метана с воздухом – 650 °С.

В результате увеличения расхода смеси, начиная с указанной нижней границы, температура внешней поверхности керамической плитки увеличивается до температуры самовоспламенения смеси, что продвигает зону горения в цилиндрические каналы насадки. Горение повышает температуру поверхности плитки до 950–1000 °С. Сжигание газовой смеси без сетки доводит температуру поверхности плитки до 1700–2000 °С, равной температуре открытого горения газа. При недостаточном теплоотводе с поверхности плитки зона горения продвигается во внутрь цилиндрических каналов до проскока пламени во внутрь корпуса горелки. Проскок пламени во внутрь корпуса горелки недопустим по требованиям безопасности эксплуатации газового оборудования. Следовательно, положение фронта горения для различных горелок инфракрасного излучения является близким к оптимальному. Значение критерия оптимальности – максимум теплоотдачи излучения.

На практике верхняя граница температуры излучающей поверхности керамической плитки для беспламенной горелок равна 950–980 °С.

Горение газовой смеси в приповерхностной зоне керамической плитки определяется существенными факторами: кинетикой химических реакций в зоне горения и окружающим ее пространством; аэродинамическими и теплофизическими характеристиками продуктов сгорания; теплообменом между зоной горения и поверхностью керамической плитки, а также между входной газовой смесью, продуктами сгорания и окружающей средой.

Для исследования работы газовых инфракрасных излучателей на биогазе или бедных газозооных смесей необходимо теоретически и экспериментально установить:

- зависимость температуры горения газового топлива при микрофакельном сжигании на поверхности керамических плиток от коэффициента избытка воздуха;

- изменение теплообмена пламени с керамической плиткой при увеличении коэффициента избытка воздуха;

- температуру воспламенения и теплофизические параметры устойчивого горения в приповерхностной зоне керамических плиток горелки ГИК-8 на смеси метана с воздухом в диапазоне изменения содержания метана 40–90% и на биогазе, очищенном от примесей H_2O и H_2S , в диапазоне изменения содержания CH_4 40–90%.

Результаты

Разбавление продуктов сгорания избыточным воздухом приводит к снижению теоретической температуры горения топлива (рисунок 2). Учитывая нижний предел воспламенения смеси метана с воздухом, коэффициент избытка воздуха не должен быть больше величины $\alpha = 2$.

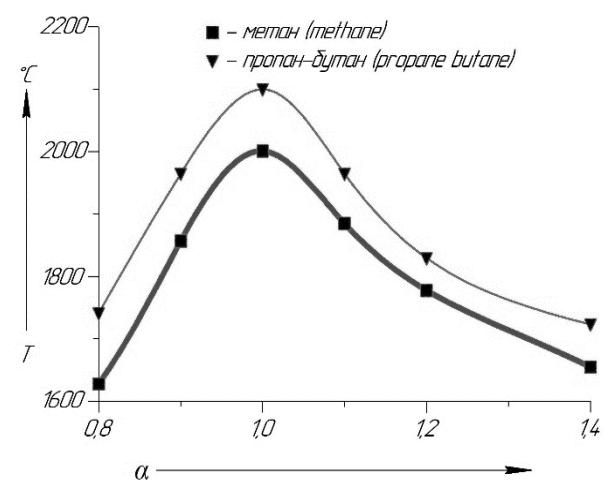


Рисунок 2. Зависимость теоретической температуры горения газового топлива от коэффициента избытка воздуха

Figure 2. The dependence of the theoretical combustion temperature of gas fuel on the coefficient of excess air

Между температурой продуктов сгорания, уходящих из зоны горения, и долей прямой отдачи тепла излучением $\eta_{\text{рад.теор}}$ существует простая зависимость, которая для случая сжигания газа при теоретически необходимом количестве воздуха, подаваемого в зону горения, имеет вид:

$$\eta_{\text{рад.теор}} = 1 - \frac{c' t'}{c'' t''} = 1 - \frac{t'}{t''} c, \quad (1)$$

где t' – реальная температура дымовых газов при выходе из зоны горения; t'' – теоретическая температура горения; c' и c'' – соответственно теплоемкости продуктов сгорания при температурах t' и t'' .

Из формулы (1) видно, что чем ниже температура продуктов сгорания, уходящих из зоны горения, тем большая доля выделившейся теплоты может быть передана излучением в рабочую зону.

Абсолютное количество теплоты $Q_{\text{изл}}$, ккал/ч, излучаемое керамической поверхностью горелки беспламенного типа (собственное излучение) в соответствии с законом Стефана – Больцмана, определяется по формуле:

$$Q_{\text{изл}} = F_0 4,9 \varepsilon \left(\frac{T}{100} \right)^4, \quad (2)$$

или удельный лучистый поток $q_{\text{изл}}$, ккал/(м²·ч):

$$q_{\text{изл}} = 4,9 \varepsilon \left(\frac{T}{100} \right)^4, \quad (3)$$

В приведенных формулах F_0 – поверхность излучателя; T – абсолютная температура этой поверхности; ε – степень черноты излучения экрана.

На рисунке 3 представлены зависимости между указанными величинами, полученные из сопоставления уравнений (2) и (3) для различных значений ε в пределах от 0,5 до 1,0.

Для керамических плиток в диапазоне температур 850–1200 °С степень черноты излучающей поверхности $\varepsilon \leq 0,6$. Даже при таком ограничении остается достаточно широкий диапазон регулирования нагрузки горелки при изменении температуры нагрева поверхности керамики. Поэтому регулирование удельной нагрузки можно производить не только количественно (по числу включенных горелок), но и качественно.

Из вышесказанного следует, что наиболее эффективный путь повышения излучательной способности керамической матрицы – это снижение потерь теплоты с уходящими газами путем увеличения отвода теплоты от пламени к поверхности плиток.

При этом следует учитывать верхний предел температуры огневой поверхности насадки и развитие проскока пламени при захождении пламени вглубь каналов.

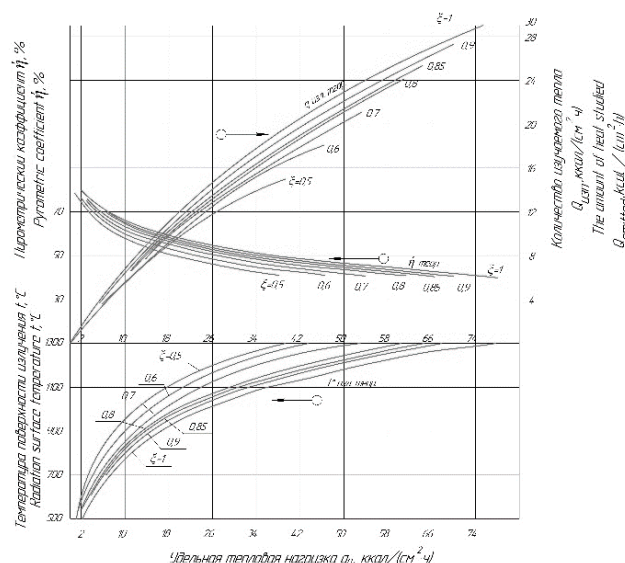


Рисунок 3. Теоретическая зависимость пирометрического коэффициента, количества излучаемого тепла и температуры поверхности излучателя от удельной тепловой нагрузки и коэффициента черноты керамического материала

Figure 3. Theoretical dependence of the pyrometric coefficient, the amount of radiated heat and the surface temperature of the emitter on the specific heat load and the coefficient of blackness of the ceramic material

Стабильность горения по отношению к проскоку можно повысить, увеличив коэффициент α . Это приведет к понижению теоретической температуры горения вследствие разбавления смеси воздухом, а значит, и температуры в зоне горения. На рисунке 4 показано снижение температуры плиток при увеличении коэффициента α .

При этом доля прямой отдачи теплоты излучением $\eta_{\text{рад.теор}}$, судя по формуле (4), не изменится, если не изменится отношение $(t'/t'') \cdot c$. Учитывая, что теплопроводность продуктов сгорания изменяется незначительно в интервале температур 1700–2000 °С, можно утверждать следующее:

$$\frac{t'}{t''} = \frac{800}{2000} = \frac{680}{1700} = 0,4. \quad (4)$$

Данные измерения температуры поверхности горелок ГИК-8 при работе в блоке горелок СГИН-300 определили $t'_{\text{cp}} = 860$ °С при температуре продуктов сгорания $t'_{\text{cp}} = 360$ °С.

$$\frac{t'_{\text{cp}}}{t''_{\text{cp}}} = 0,42. \quad (5)$$

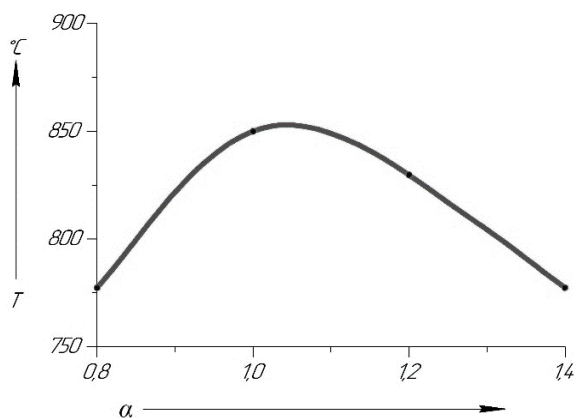


Рисунок 4. Зависимость температуры поверхности керамических плиток от коэффициента избытка воздуха

Figure 4. The dependence of the surface temperature of ceramic tiles on the coefficient of excess air

Выражения (4) и (5) показывают, что доля прямой отдачи теплоты излучением $\eta_{\text{рад.теор}}$ практически не изменяется при понижении теоретической температуры горения из-за увеличения коэффициента избытка воздуха, изменяется лишь согласно закону Стефана – Больцмана количество теплоты $Q_{\text{изл}}$, излучаемой керамической поверхностью горелки, то есть:

$$F_0 4,9\varepsilon \left(\frac{800 + 273,15}{100} \right)^4 > F_0 4,9\varepsilon \left(\frac{680 + 273,15}{100} \right)^4.$$

Зависимость температуры керамических плиток и температуры в зоне горения при микрофакельном сжигании газового топлива от коэффициента избытка воздуха существенно менее выражено сравнительно с кривой изменения теоретической температуры горения.

Различают следующие режимы поведения пламени у огневых отверстий: устойчивое горение, проскок и отрыв пламени. Устойчивое горение (стабильное пламя) – это установившееся состояние, при котором по отношению к выходному

отверстию пламя занимает примерно постоянное положение. Проскок возможен только у пламени предварительно подготовленной газозвушной смеси, а отрыв – любого пламени. Стабильность пламени зависит от скорости газового потока, геометрии огневого канала, состава и температуры смеси, влияния стенки канала и скорости распространения пламени. При фиксированных значениях перечисленных выше параметров и оптимальной величине коэффициента избытка воздуха α максимальная скорость распространения пламени может быть определена по соотношению:

$$W_{\text{max}} = \frac{\sum V_i U_i}{\sum V_i},$$

где V_i – содержание i -го компонента в % об.; U_i – максимальная скорость распространения пламени i -го количества смеси (табличное значение).

Предельные значения скорости газозвушных смесей при $\alpha = 0,95$ приведены в таблице 1.

При увеличении в составе смеси содержания негорючих, балластных газов выше 5%, что характерно для биогаза, скорость распространения пламени снижается, что учитывается введением поправочного коэффициента k :

$$k = \frac{100 - N_2 - 1,2CO_2}{100},$$

где N_2 и CO_2 – содержание этих компонентов в смеси или биогазе, %.

Табличные значения скорости получены при ламинарном истечении газа, когда фронт пламени неподвижен. При промышленном сжигании газа характер истечения газовой смеси часто бывает турбулентным. В этом случае потребуется для расчета скорости вычислить текущее значение критерия Рейнольдса и пользоваться другими формулами расчета.

Таблица 1.

Максимальная скорость распространения пламени

Table 1.

Maximum flame speed

Горючий газ Flammable gas	H ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂
Максимальная скорость распространения пламени, м/с Maximum flame propagation speed, m/s	2,65	0,42	0,61	0,65	0,84	0,80	0,82	0,80

Решающим фактором является соотношение скорости газового потока и скорости распространения пламени на выходе огневого канала. Если скорость распространения пламени превышает скорость потока горючей смеси, то фронт горения перемещается навстречу вытекающей смеси, проникает в огневые отверстия

и ставится воспламененным. Произойдет проскок пламени, который сопровождается хлопком – взрывом горючей смеси в смесителе. Если скорость горючей смеси превышает скорость распространения пламени, то фронт пламени отрывается от огневого отверстия. Отрыв пламени сопровождается погасанием.

Устойчивость по отношению к проскоку является для горелок инфракрасного излучения главным критерием нормальной работы, так как отрыв пламени возникает лишь в диапазонах значений q и α , не представляющих интереса для практики.

В керамической насадке смесь проходит через цилиндрические каналы с диаметром, обеспечивающим докритический режим истечения газа. Докритический режим истечения газа при давлении среды перед соплом меньше или равно 101 кПа. F_c – площадь сечения сопла (цилиндра), m^2 , можно рассчитать по формуле:

$$F_c = \frac{Gv_1}{3600\mu\sqrt{2g(p_1 - p_2)}},$$

где G – расход газа, кг/ч; v_1 – удельный объем газа, m^3/kg ; μ – коэффициент расхода, учитываемый при сжатии струи газа ($\mu = 0,82 - 0,85$); p_1 – давление газа перед соплом и давление среды; g – ускорение силы тяжести.

В докритическом режиме при $p_2 > 101$ кПа сечение сопла (цилиндра) определяют по более точной формуле.

Горение в начальный период происходит в зоне малой толщины над поверхностью, а затем пламя заходит в устье каналов. Благодаря этому огневая поверхность разогревается до температуры 750–950 °С. Насадка прогревается вглубь и осуществляет при этом предварительный подогрев горючей смеси. Предварительный подогрев смеси ведет к увеличению скорости распространения пламени, а это может вызвать его проникновение вглубь каналов насадки и в дальнейшем – проскок пламени.

Экспериментальные исследования пределов устойчивости пламени на перфорированных керамических насадках показали, что проскок пламени через них возможен в тех случаях, когда тепловую мощность увеличивают до некоторого критического значения. При этом тепловая мощность зависит от вида газа и содержания воздуха в горючей смеси.

Для биогаза характерно значительное содержание «балластных» газов, таких как CO_2 , N_2 , и др. Тепловая мощность горелки $Q_{бал}$, кВт, на таких видах газа выше на величину, рассчитанную по формуле:

$$Q_{бал} = \frac{Q_{гор}(100 - N_2 - CO_2)}{100},$$

где $Q_{гор}$ – тепловая мощность горелки на газе, не содержавшем «балластных» газов, кВт; N_2 , CO_2 – содержание азота и примесей углекислого газа, % об.

На рисунке 5 приведены пределы проскока пламени смеси сжиженного газа с воздухом для керамической плитки с отверстиями 1,55 мм. Кривая, ограничивающая область проскоков снизу, получена при мощностях, значительно превышающих номинальную. Так как теплота сгорания смеси стехиометрического состава больше теплоты сгорания при бедной или богатой смеси, то минимум критической тепловой мощности приходится на величину коэффициента $\alpha = 1,05$.

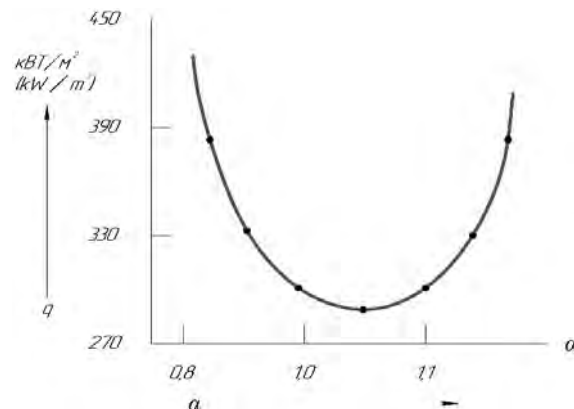


Рисунок 5. Пределы проскока пламени
Figure 5. Flame penetration limits

Из рисунка 5 видно, что при $\alpha \geq 1,15$ возникновение проскока пламени через перфорированные керамические насадки уже не зависит от тепловой нагрузки горелки. Значит, для повышения устойчивости к проскоку горелок инфракрасного излучения при условии повышения температуры поверхности керамических плиток следует использовать газозоодушную смесь с коэффициентом избытка воздуха $\alpha \geq 1,15$.

Тепловой баланс горелки инфракрасного излучения ГИК-8

В литературе проведена оценка теплового баланса инфракрасных горелок с перфорированной насадкой для разного применения. Специфика работы блочных нагревательных горелок ГИК-8 определяется следующими условиями: открытая рабочая зона; принудительное удаление газов – продуктов сгорания, совмещенное с охлаждением; недопустимость открытого пламени в процессе работы; искровой розжиг и запуск горения «бегущей волны»; питание горелок очищенным с повышенным содержанием CO_2 и нестандартным составом негорючих газов примеси.

Тепловой баланс ГИК-8 можно выразить следующим образом:

$$Q_{общ} = Q_{и} + Q_{yx} + Q_{п},$$

где $Q_{и}$ – излучаемая теплота, кВт; Q_{yx} – теплота, уносимая продуктами сгорания, кВт; $Q_{п}$ – потери теплоты корпусом горелки, кВт.

Общая тепловая нагрузка горелки под-
считывается по формуле:

$$Q_{\text{общ}} = V_{\text{г}} Q_{\text{г}},$$

где $V_{\text{г}}$ – расход газа, м³/ч; $Q_{\text{г}}$ – низшая теплота
сгорания газа, МДж/м³.

Излучаемая теплота горелки складывается
из теплоты, излучаемой перегородками
керамических плиток, поверхностью каналов
 $Q_{\text{и.кер}} = Q_{\text{и.л}} + Q_{\text{и.к}}$, уходящими газами $Q_{\text{и.ух}}$,
корпусом горелки $Q_{\text{и.к}}$:

$$Q_{\text{и}} = Q_{\text{и.кер}} + Q_{\text{и.ух}} + Q_{\text{и.к}}.$$

Конвективные потери теплоты горелкой
складываются из потерь теплоты с уходящими
газами $Q_{\text{ух}}$ и потерь теплоты корпусом горелки $Q_{\text{к.к}}$:

$$Q_{\text{к}} = Q_{\text{ух}} + Q_{\text{к.к}},$$

Таким образом, тепловой баланс горелки
имеет вид:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{и.кер}} + Q_{\text{и.ух}} + Q_{\text{и.к}} + Q_{\text{ух}} + Q_{\text{к.к}}.$$

Теплота, излучаемая керамической насад-
кой в окружающую среду или передаваемая
обогреваемым объектам с температурой T_0
согласно закону Стефана – Больцмана для
серых тел может быть рассчитана по формуле

$$Q_{\text{и}} = \varepsilon_k \sigma_o F_k \left[\left(\frac{T_k}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_o}{100} \right)^4 \right],$$

где ε_k – степень черноты плиток; σ_o – постоян-
ная Стефана – Больцмана; F_k – эффективная
площадь поверхности излучения; T_k – темпера-
тура плиток.

Величина энергии, излучаемой с 1 м²
поверхности насадки горелки, определяется из
уравнения

$$q_{\text{и}} = q_1 + q_3,$$

где q_1, q_3 – удельные потоки излучения, кВт/м²,
от излучающей насадки, от уходящих газов
соответственно

Удельные потоки излучения основного и
вторичного излучателя определяются по закону
Стефана – Больцмана:

$$q_1 = \left(\frac{F_{\text{эф.к}}}{F_0} \right) \sigma_1 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4,$$

где $F_{\text{эф.к}}$ – эффективная площадь поверхности
излучения керамической насадки, м²; $\sigma_{1,2}$ – приве-
денный коэффициент излучения, кВт / (м²·К⁴).
Для керамики $\sigma_1 = \varepsilon_1 C_0 = 4,8 - 5$ кВт / (м²·К⁴),
(многократно окисленной при температуре
973–1173 К), $\sigma_2 = \varepsilon_2 C_0 = 4$ кВт / (м²·К⁴); C_0 – ко-
эффициент излучения абсолютно черного тела;
 ε – степень черноты; $T_{1,2}$ – среднеинтегральные
температуры поверхности излучателя, К.

Эффективную площадь поверхности
излучения насадки, перфорированной цилин-
дрическими отверстиями, можно определить
по формуле:

$$F_{\text{эф.к}} = (1 - b\varphi_k)F_o,$$

где b – коэффициент, зависящий от диаметра
каналов $d_{\text{кан}}$ и их глубины прогрева h до темпе-
ратуры, равной температуре поверхности
насадки (при $h / d_{\text{кан}} = 1$); $b = 0,59 \varphi_k$ – коэффи-
циент живого сечения каналов; F_o – суммарная
площадь поверхности излучения насадки и
цилиндрических каналов.

На основании вышеизложенного удель-
ный лучистый поток от керамической огневой
насадки можно выразить формулой:

$$q_1 = (1 - 0,59\varphi_k)\varepsilon_1 C_o \left(\frac{T_1}{100} \right)^4,$$

Угловой коэффициент облученности φ опре-
деляется по формуле из работы Е.И. Казанцева:

$$\varphi_{1,2} = 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d}{S} \right)^2} + \frac{d}{S} \arctg \sqrt{\frac{d}{S} - 1},$$

Для распространенных конструкций
 $d = 1,2$ мм, $S = 7,2$ мм, $\varphi_{1,2} = 0,278$.

А.К. Родиным установлено, что доля из-
лучения продуктов сгорания в ГИИ составляет
в среднем 12% от общего количества излуче-
ния. Таким образом, удельный поток излучения
от уходящих газов составит:

$$q_3 = 0,12 q_1. \quad (6)$$

Удельные теплотопотери с уходящими
газами определяются по формуле:

$$q_4 = \frac{c_{\text{сп}} B_q}{Q_{\text{и}}} (T_{\text{ух}} - T_o), \quad (7)$$

где $c_{\text{сп}}$ – средняя удельная теплоемкость про-
дуктов сгорания газа в диапазоне 1073–1373 К,
Дж / (м³·К); B – объем продуктов сгорания,
м³/м³; $T_{\text{ух}}$ – температура уходящих газов, К;
 T_o – температура окружающего воздуха, К.

Конвективные тепловые потери корпу-
сом горелки:

$$Q_{\text{к.корп}} = F_{\text{корп}} \alpha (T_{\text{ух}} - T_o),$$

где $F_{\text{корп}}$ – конвективная площадь поверхности
корпуса горелки, м²; α – коэффициент теплооб-
мена конвекцией, кВт / (м²·К); $T_{\text{корп}}$ – средняя
температура корпуса горелки.

Потери теплоты корпусом горелки:

$$Q_{\text{и.корт}} = F_{\text{корт}} \varepsilon_{\text{корт}} C_0 \left[\left(\frac{T_{\text{корт}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right],$$

где $\varepsilon_{\text{корт}}$ – степень черноты поверхности корпуса горелки.

Таким образом, на основании балансового уравнения имеем:

$$q_{\text{общ}} = q_{\text{и}} + q_{\text{ух}} + \left(\frac{Q_{\text{к.корт}}}{F_0} \right) + \left(\frac{Q_{\text{и.корт}}}{F_0} \right), \quad (8)$$

Фактический лучистый КПД в общем случае составит:

$$\eta_{\text{л}} = \frac{q_{\text{и}}}{q_{\text{общ}}}.$$

По условиям работы горелок ГИК-8 следует учитывать конвективные потери теплоты при обтекании корпуса и открытой поверхности излучателя смесью газов из окружающего воздуха и продуктов сгорания, инициируемая вытяжным вентилятором):

$$Q_{\text{к.кер}} = F_{\text{кер}} \alpha (T_{\text{кер}} - T_0), \quad (9)$$

где $F_{\text{кер}}$ – площадь поверхности теплообмена, м²; α – коэффициент теплообмена конвекцией, кВт/(м²·К); $T_{\text{кер}}$ – средняя температура поверхности теплообмена.

Таким образом, с учетом конвективных потерь теплоты, возникающих при обтекании открытой поверхности излучателя окружающим воздухом, тепловой баланс имеет следующий вид:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{и.кер}} + Q_{\text{и.ух}} + Q_{\text{ух}} + Q_{\text{к.к.}} + Q_{\text{к.кер}}. \quad (10)$$

Выражение (10) вместе с соотношениями (6), (7), (8), (9) составляет тепловую модель процесса горения горелки ГИК-8. Устанавливаемое соотношение теоретического и экспериментального подходов являются типичными при создании газогорелочных систем радиационного нагрева.

Была усовершенствована конструкция 40 газовых горелок за счет изменения геометрических размеров и формы для равномерного распределения подаваемого биогаза и устойчивого горения по всей площади горелки (рисунок 6).

Установлено, что температура греющей поверхности горелки ГИК-8 на газовых смесях с содержанием CO₂ 18–34% составляет 900–950 °С, что не отличается от номинальной температуры при работе на природном газе.



Рисунок 6. Общий вид системы газового инфракрасного нагрева

Figure 6. General view of a gas infrared heating system

Заключение

Проведены исследования по очистке биогаза от примесей. Показана возможность его подготовки и доведения до показателей природного газа с последующим использованием в горелках микронизатора следующего научно обоснованного состава: метана (CH₄) – 85% об., углекислого газа (CO₂) – 11% об., паров воды – 9 мг/м³, сероводорода (H₂S) – 20 мг/м³ с минимальными энергетическими затратами на его подготовку.

Получены основные соотношения для оценки конструктивных и технологических параметров работы горелок инфракрасного излучения. Составлены уравнения теплового баланса для оптимизации конструкций и режимов работы горелок инфракрасного излучения.

Была изготовлена система очистки биогаза (для линии микронизации зерна) от сероводорода, водяных паров и углекислого газа.

Модернизирована система инфракрасного нагрева, адаптированная для сжигания очищенного биогаза с содержанием метана до 98%, в частности, усовершенствована система подачи и регулирования биометана, система ввода дополнительного биогаза, система автоматического управления горелками.

Литература

- 1 Wu H., Kaviany M., Kwon O.C. Power conversion using a superadiabatic radiant burner // Appl. Energ. 2018. V. 2019. P. 392–399. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.08.168
- 2 Chen X., Xia X.L., Sun C., Li Y. The transient measurement of gas temperature in porous material using thermocouples at high temperatures // Int. J. Heat Mass Tran. 2015. V. 91. P. 1060–1068. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.08.055
- 3 Janvekar A.A., Miskam M.A., Abas A., Ahmad Z.A. et al. Effects of the preheat layer thickness on surface/submerged flame during porous media combustion of micro burner // Energ. 2017. V. 122. P. 103–110. doi: 10.1016/j.energy.2017.01.056
- 4 Deng L., Liu Y., Zheng D., Wang L. et al. Application and development of biogas technology for the treatment of waste in China // Renew. Sust. Energ. Rev. 2017. V. 70. P. 851. doi: 10.1016/j.rser.2016.11.265
- 5 Song F., Wen Z., Dong Z., Wang E. et al. Ultra-low calorific gas combustion in a gradually-varied porous burner with annular heat recirculation // Energy. 2017. V. 119. P. 497–503. doi: 10.1016/j.energy.2016.12.077
- 6 Sirotkin F., Fursenko R., Kumar S., Minaev S. Flame anchoring regime of filtrational gas combustion: Theory and experiment // Proc. Combust. Inst. 2017. V. 36. № 3. P. 4383–4389. doi: 10.1016/j.proci.2016.06.006
- 7 Arrieta C.E., Garcia A.M., Amell A.A. of the combustion of natural gas and high-hydrogen content syngases in a radiant porous media burner // Int. J. Hydrogen Energ. 2017. V. 42. № 17. P. 12669–12680. doi: 10.1016/j.ijhydene.2017.03.078
- 8 Мазной А.С., Пичугин Н.С. Самовоспламенение метановоздушной смеси при прерывистом режиме работы полой цилиндрической Ni–Al радиационной горелки // Горение и взрыв. 2019. Т. 12. № 1. С. 29–36.
- 9 Мазной А.С., Кирдяшкин А.И., Пичугин Н.С. Радиационные горелки цилиндрической формы с максимальной эффективностью преобразования энергии горения в излучение // Горение и взрыв. 2018. Т. 11. № 2. С. 56–65. doi: 10.30826/CE18110208
- 10 Мазной А.С., Кирдяшкин А.И., Гушин А.Н., Пичугин Н.С. и др. Экологические характеристики радиационных горелок с полым цилиндрическим излучателем // Горение и взрыв. 2018. Т. 11. № 3. С. 21–27. doi: 10.30826/CE18110303
- 11 Ермолаев А.Н. Численное исследование горения и тепломассообмена при работе высокотемпературных газовых горелок инфракрасного излучения // Fundamental research. 2017. № 1. С. 56–62.
- 12 Василик Н.Я., Шмелев В.М. Инфракрасное горелочное устройство с высокой удельной мощностью // Горение и взрыв. 2019. Т. 12. № 1. С. 37–42.
- 13 Василик Н.Я., Шмелев В.М. Горение смесей природного газа с воздухом на поверхности рекуперационной матрицы // Горение и взрыв. 2017. Т. 10. № 2. С. 4–8.
- 14 Василик Н.Я., Порсин А.В., Шмелев В.М. Инфракрасное горелочное устройство с каталитическим радиационным экраном // Горение и взрыв. 2018. Т. 11. № 2. С. 51–55.
- 15 Корепанов М.А., Шаклеин А.А., Алес М.Ю. Численное моделирование термогазодинамических процессов // Химическая физика и мезоскопия. 2018. Т. 20. № 2. С. 220–229.

References

- 1 Wu H., Kaviany M., Kwon O.C. Power conversion using a superadiabatic radiant burner. Appl. Energ. 2018. vol. 2019. pp. 392–399. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.08.168
- 2 Chen X., Xia X.L., Sun C., Li Y. The transient measurement of gas temperature in porous material using thermocouples at high temperatures. Int. J. Heat Mass Tran. 2015. vol. 91. pp. 1060–1068. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.08.055
- 3 Janvekar A.A., Miskam M.A., Abas A., Ahmad Z.A. et al. Effects of the preheat layer thickness on surface/submerged flame during porous media combustion of micro burner. Energ. 2017. vol. 122. pp. 103–110. doi: 10.1016/j.energy.2017.01.056
- 4 Deng L., Liu Y., Zheng D., Wang L. et al. Application and development of biogas technology for the treatment of waste in China. Renew. Sust. Energ. Rev. 2017. vol. 70. pp. 851. doi: 10.1016/j.rser.2016.11.265
- 5 Song F., Wen Z., Dong Z., Wang E. et al. Ultra-low calorific gas combustion in a gradually-varied porous burner with annular heat recirculation. Energy. 2017. vol. 119. pp. 497–503. doi: 10.1016/j.energy.2016.12.077
- 6 Sirotkin F., Fursenko R., Kumar S., Minaev S. Flame anchoring regime of filtrational gas combustion: Theory and experiment. Proc. Combust. Inst. 2017. vol. 36. no. 3. pp. 4383–4389. doi: 10.1016/j.proci.2016.06.006
- 7 Arrieta C.E., Garcia A.M., Amell A.A. of the combustion of natural gas and high-hydrogen content syngases in a radiant porous media burner. Int. J. Hydrogen Energ. 2017. vol. 42. no. 17. pp. 12669–12680. doi: 10.1016/j.ijhydene.2017.03.078
- 8 Maznoy A.S., Pichugin N.S. Self-ignition of a methane-air mixture during intermittent operation of a hollow cylindrical Ni – Al radiation burner. Combustion and Explosion. 2019. vol. 12. no. 1. pp. 29–36. (in Russian).
- 9 Maznoy A.S., Kiryashkin A.I., Pichugin N.S. Radiation burners of a cylindrical shape with maximum efficiency of conversion of combustion energy into radiation. Combustion and Explosion, 2018. vol. 11. no. 2. pp. 56–65. doi: 10.30826/CE18110208 (in Russian).
- 10 Maznoy A.S., Kiryashkin A.I., Gushchin A.N., Pichugin N.S. et al. Ecological characteristics of radiation burners with a hollow cylindrical emitter. Combustion and Explosion. 2018. vol. 11. no. 3. pp. 21–27. doi: 10.30826/CE18110303 (in Russian).
- 11 Ermolaev A.N. Numerical study of combustion and heat and mass transfer during operation of high-temperature gas burners of infrared radiation. Fundamental research. 2017. no. 1. pp. 56–62.
- 12 Vasilik N.Ya., Shmelev V.M. High power density infrared burner. Combustion and Explosion. 2019. vol. 12. no. 1. pp. 37–42. (in Russian).
- 13 Vasilik N.Ya., Shmelev V.M. Combustion of mixtures of natural gas with air on the surface of a recovery matrix. Combustion and Explosion. 2017. vol. 10. no. 2. pp. 4–8. (in Russian).
- 14 Vasilik N.Ya., Porsin A.V., Shmelev V.M. Infrared burner with a catalytic radiation screen. Combustion and Explosion. 2018. vol. 11. no. 2. pp. 51–55. (in Russian).
- 15 Korepanov M.A., Shaklein A.A., Alles M.Yu. Numerical modeling of thermogasdynamic processes. Chemical Physics and Mesoscopy. 2018. vol. 20. no. 2. pp. 220–229. (in Russian).

Сведения об авторах

Валерий А. Афанасьев д.т.н., профессор, генеральный директор, АО «Научно-производственный центр «ВНИИ комбикормовой промышленности», пр-т Труда, 91, г. Воронеж, 394026, Россия, vnii_kp@vmail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4129-0422>

Александр Н. Остриков д.т.н., профессор, заведующий кафедрой, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ostrikov27@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2335-0017>

Игорь С. Богомолов к.т.н., первый заместитель генерального директора, АО «Научно-производственный центр «ВНИИ комбикормовой промышленности», пр-т Труда, 91, г. Воронеж, 394026, Россия, igor-bog@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8172-6919>

Дмитрий А. Нестеров к.т.н., заведующий сектором, сектор специальных технологий и оборудования производства комбикормов. БВД и премиксов, АО «Научно-производственный центр «ВНИИ комбикормовой промышленности», пр-т Труда, 91, г. Воронеж, 394026, Россия, nestor13_lord@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1168-7755>

Павел В. Филиппов старший инженер, сектор специальных технологий и оборудования производства комбикормов. БВД и премиксов, АО «Научно-производственный центр «ВНИИ комбикормовой промышленности», пр-т Труда, 91, г. Воронеж, 394026, Россия, filiptsov9393@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0144-6421>

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

Valery A. Afanasyev Dr. Sci. (Engin.), general manager, JSC Scientific-production center VNII of feed industry, Truda Av., 91 Voronezh, 394026, Russia, vnii_kp@vmail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4129-0422>

Alexander N. Ostrikov Dr. Sci. (Engin.), head of department, technology of fats, processes and apparatuses of chemical and food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ostrikov27@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2335-0017>

Igor S. Bogomolov Cand. Sci. (Engin.), first deputy general director, JSC Scientific-production center VNII of feed industry, Truda Av., 91 Voronezh, 394026, Russia, igor-bog@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8172-6919>

Dmitriy A. Nesterov Cand. Sci. (Engin.), head of sector, sector of special technologies and equipment for the production of animal feed, protein and vitamin supplements and premixes, JSC Scientific-production center VNII of feed industry, Truda Av., 91 Voronezh, 394026, Russia, nestor13_lord@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1168-7755>

Pavel V. Filiptsov senior engineer, sector of special technologies and equipment for the production of animal feed, protein and vitamin supplements and premixes, JSC Scientific-production center VNII of feed industry, Truda Av., 91 Voronezh, 394026, Russia, filiptsov9393@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0144-6421>

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 12/02/2020	После редакции 21/02/2020	Принята в печать 02/03/2020
Received 12/02/2020	Accepted in revised 21/02/2020	Accepted 02/03/2020

Многофакторный статистический анализ процесса смешивания при получении кормовой добавки на основе свекловичного жома

Алексей В. Дранников	¹	drannikov@list.ru	 0000-0002-3060-8688
Александр А. Шевцов	¹	shevalol@rambler.ru	 0000-0003-2599-5692
Александр В. Квасов	¹	alex-kvasov1994@yandex.ru	
Лариса И. Лыткина	¹	larissaig2410@rambler.ru	 0000-0003-2033-6751
Алексей Р. Бубнов	¹	alex.bubnov.97@mail.ru	 0000-0001-6532-5509
Сергей П. Волков	¹	ser-volkov97@yandex.ru	 0000-0002-8046-5021

¹ Воронежского государственного университета инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Свекловичный жом – это главный побочный продукт сахарной промышленности, получаемый при традиционной технологии сахарного производства. Жом используют на корм скоту в свежем, кислом и сухом виде. Меласса является вторым побочным продуктом и представляет собой вязкую жидкость темно-коричневого цвета. При низких температурах (ниже 10 °C) она густеет и теряет текучесть. В значительной мере ее вязкость зависит от температуры нагрева. С повышением температуры в мелассе происходит карамелизация сахаров, т. е. превращение их в твердую кристаллическую массу. Меласса используется в комбикормовой промышленности при гранулировании и брикетировании кормов как связывающий ингредиент. При вводе мелассы в сушеный свекловичный жом смесь становится очень вязкой, что осложняет смешивание. Высокие требования предъявляются к смешиванию составляющих кормовых брикетов, поскольку при получении такой продукции данный процесс должен обеспечить ее высокую однородность и стабильность. В технологических процессах по изготовлению кормовых смесей первоначальной задачей является операция по смешиванию компонентов, результаты которой влияют на поедаемость и усвояемость кормов. Задачей смешивания является получение наилучшей однородности смеси. Этот процесс занимает много времени и следовательно имеет большие энергозатраты. Для решения этой проблемы предлагается смеситель, имеющий в конструкции 3 камеры с различными рабочими органами, в каждой из которых происходят разные элементарные процессы смешивания: конвективное, диффузионное смешивание и сегрегация. Выбор рациональных параметров процесса смешивания позволит обеспечить получение продукта высокого качества при минимальных энергетических затратах.

Ключевые слова: смешивание, смеситель, жом, корма, кинетика

Multivariate statistical analysis of the mixing process in the preparation of feed additives based on beet pulp

Alexey V. Drannikov	¹	drannikov@list.ru	 0000-0002-3060-8688
Alexander A. Shevtsov	¹	shevalol@rambler.ru	 0000-0003-2599-5692
Alexander V. Kvasov	¹	alex-kvasov1994@yandex.ru	
Larisa I. Lytkina	¹	larissaig2410@rambler.ru	 0000-0003-2033-6751
Alexey R. Bubnov	¹	alex.bubnov.97@mail.ru	 0000-0001-6532-5509
Sergey P. Volkov	¹	ser-volkov97@yandex.ru	 0000-0002-8046-5021

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

Abstract. Beet pulp is the main by-product of the sugar industry, obtained by the traditional technology of sugar production. Pulp is used for livestock feed in fresh, sour and dry form. Molasses is the second by-product. It is a dark brown viscous liquid. It thickens and loses fluidity at low temperatures (below 10 °C). Its viscosity depends on the heating temperature to a large extent. Caramelization of sugars occurs with increasing temperature in molasses, i.e., their transformation into a solid crystalline mass takes place. Molasses is used in the feed industry for granulating and briquetting feeds as a binding ingredient. When molasses is introduced into dried beet pulp, the mixture becomes very viscous, which complicates mixing. High demands are made on the mixing of the components of feed briquettes, since upon obtaining such products this process should ensure its high uniformity and stability. In the technological processes for the manufacture of feed mixtures, the initial task is the operation of the components mixing, the results of which affect the eatability and digestibility of feed. The task of mixing is to obtain the best mixture uniformity. This process takes a lot of time and therefore has a large energy consumption. To solve this problem, we offer a mixer with 3 chambers with different working elements, each of which has different elementary mixing processes: convective mixing, diffusion mixing and segregation. The choice of rational parameters of the mixing process will ensure the high quality product with minimal energy costs.

Keywords: mixing, mixer, pulp, feed, kinetics

Для цитирования

Дранников А.В., Шевцов А.А., Квасов А.В., Лыткина Л.И., Бубнов А.Р., Волков С.П. Многофакторный статистический анализ процесса смешивания при получении кормовой добавки на основе свекловичного жома // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 27–33. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-27-33

For citation

Drannikov A.V., Shevtsov A.A., Kvasov A.V., Lytkina L.I., Bubnov A.R., Volkov S.P. Multivariate statistical analysis of the mixing process in the preparation of feed additives based on beet pulp. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 27–33. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-27-33

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

Введение

Для оценки сил влияния различных факторов на процесс смешивания и вывода математической модели, наиболее полно описывающей зависимость между однородностью смеси и продолжительностью перемешивания, были проведены кинетические исследования.

Исследования по кинетике смешивания проводятся в непрерывном режиме на смесителе [1, 2, 8–10]. Коэффициент вариации определяется методом отбора проб. Для этого изготовлено специальное устройство, которое позволяет отбирать пробы. Отбор проб осуществляется по средней длине смесителя. Окончательный коэффициент вариации определяется в исследовательской лаборатории.

Параметры процесса смешивания в каждом опыте поддерживаются постоянными в интервале значений: частота вращения рабочего органа смесителя $n = 40\text{--}120 \text{ мин}^{-1}$, степень заполнения бункера $\alpha = 0,2\text{--}1,0$, количество введенной мелассы $C_m = 2,5\text{--}10\%$, длительность смешивания $\tau = 80\text{--}200 \text{ с}$ начальным коэффициентом вариации $K = 35$, рекомендуемый коэффициент вариации $3\text{--}5\%$.

Для исследования взаимодействия различных факторов, влияющих на процесс смешивания свекловичного жома и нагретой мелассы, применяются математические методы планирования эксперимента [4]. 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

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i X_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} X_i^2 + \sum_{i \leq j}^n b_{ij} X_i X_j,$$

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 смешивания:

X_1 – частота вращения рабочего органа смесителя n , мин^{-1} ; X_2 – степень заполнения рабочей камеры смесителя; X_3 – концентрация мелассы в смеси, %; X_4 – продолжительность смешивания τ , с. Все эти факторы не коррелируют между собой (таблица 1).

Таблица 1.

Пределы изменения входных факторов

Table 1.

The range of variation of the input factors

Условия планирования Planning conditions	Кодированное значение Encoded value	Значения факторов в точках плана The values of the factors in the points plan			
		X_1	X_2	X_3	X_4
		$n, \text{мин}^{-1}$ min^{-1}	α	$C_m, \%$	$\tau, \text{с} \mid \text{s}$
Основной уровень Basic level	0	80	06	6.25	140
Интервал варьирования The range variation	Δ	20	0.2	1.875	30
Верхний уровень Top level	+1	100	0.8	8.125	170
Нижний уровень Lower level	-1	60	0.4	4.375	110
Верхняя «звездная» точка upper "star" point	+2	120	1	10	200
Нижняя «звездная» точка lower "star" point	-2	40	0.2	2.5	80

Выбор интервалов изменения входных факторов обусловлен технологическими условиями процесса смешивания свекловичного жома с мелассой в активных механических режимах, а также технико-экономическими показателями процесса.

Критериями оценки влияния входных факторов на процесс смешивания свекловичного жома с мелассой являются: Y_1 – удельные

энергозатраты процесса смешивания, $(\text{кВт} \cdot \text{ч})/\text{кг}$; Y_2 – неоднородность смешивания, %.

Выбор критериев оценки Y обусловлен их наибольшей значимостью для процесса смешивания свекловичного жома с мелассой. Так, Y_1 определяет энергоемкость процесса и является важным показателем в оценке его энергетической эффективности, Y_2 определяет производительность процесса смешивания и

напрямую связан с его скоростью. Программа исследования была заложена в матрицу планирования эксперимента (таблица 1).

Для исследования применяли центральное композиционное ротatableное униформпланирование и полный факторный эксперимент ПФЭ 2^4 . 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 применяли следующие статистические критерии: Кохрена, Стьюдента, Фишера. В результате получили нелинейные уравнения регрессии, описывающие данный процесс:

$$Y_1 = 0.0014 + 0.2204X_1 + 0.053X_2 + 0.17X_3 + 0.0304X_4 - 0.01427X_1^2 - 0.0305X_2^2 - 0.0055X_3^2 - 0.0205X_4^2 - 0.001875X_1X_2 - 0.003125X_1X_3 - 0.003125X_1X_4 - 0.003125X_2X_3 - 0.003125X_2X_4 - 0.00168X_3X_4; \quad (1)$$

$$Y_2 = 5 - 2.54X_1 + 0.79X_2 - 3.79X_3 - 0.708X_4 + 1.63X_1^2 + 5.135X_2^2 + 1.88X_3^2 - 1.114X_4^2 + 0.187X_1X_2 + 0.687X_1X_3 + 0.812X_1X_4 - 0.437X_2X_3 - 0.562X_2X_4 + 0.687X_3X_4. \quad (2)$$

Анализ уравнений регрессии (1) и (2) позволяет выделить факторы, влияющие на рассматриваемый процесс. На критерии оценки наибольшее влияние оказывает частота вращения рабочего органа смесителя, наименьшее – продолжительность смешивания. 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 (1)

$b_1: b_2 = 4.16; b_1: b_3 = 1.3; b_1: b_4 = 7.25; b_3: b_2 = 3.2; b_3: b_4 = 5.6; b_2: b_4 = 1.7.$

Степень влияния параметров относительно друг друга в уравнении (2)

$b_1: b_2 = 3.2; b_1: b_3 = 0.7; b_1: b_4 = 3.6; b_3: b_2 = 4.8; b_3: b_4 = 5.4; b_2: b_4 = 1.1.$

Полученные уравнения нелинейные. В результате выполнения 32 опытов получена информация о влиянии факторов и построена математическая модель процесса, позволяющая рассчитать удельные энергозатраты и коэффициент неоднородности смешивания внутри выбранных интервалов варьирования входных факторов.

На рисунках 1–3. показаны кривые равных значений выходных параметров, которые несут смысл номограмм и представляют практический интерес.

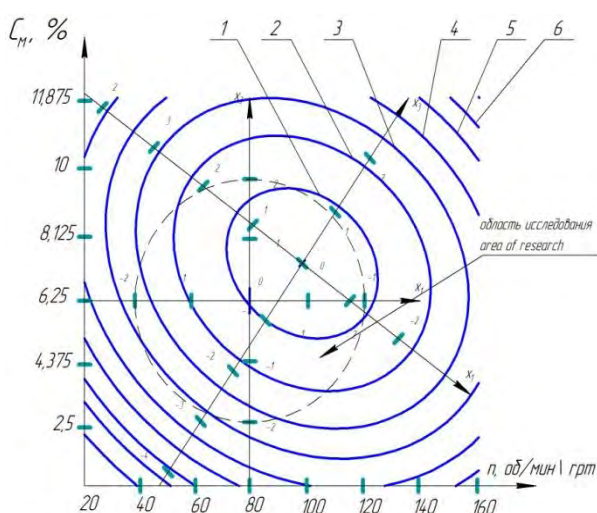


Рисунок 1. Кривые равных значений неоднородности от продолжительности смешивания и частоты вращения рабочих органов смесителя: 1 – 2; 2 – 4; 3 – 6; 4 – 8; 5 – 10; 6 – 12

Figure 1. Curves of equal values of inhomogeneity from duration of mixing and frequency of rotation of working bodies of the mixer: 1 – 2; 2 – 4; 3 – 6; 4 – 8; 5 – 10; 6 – 12

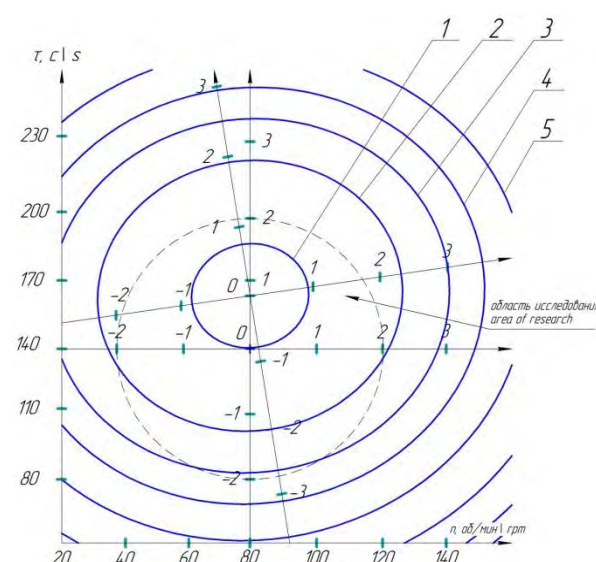


Рисунок 2. Кривые равных значений неоднородности от коэффициента содержания мелассы и частоты вращения рабочего органа (кг/м³): 1 – 2; 2 – 4; 3 – 6; 4 – 8; 5 – 10; 6 – 12

Figure 2. Curves of equal inhomogeneity values from molasses content coefficient and working body rotation frequency (kg / m³): 1 – 2; 2 – 4; 3 – 6; 4 – 8; 5 – 10; 6 – 12

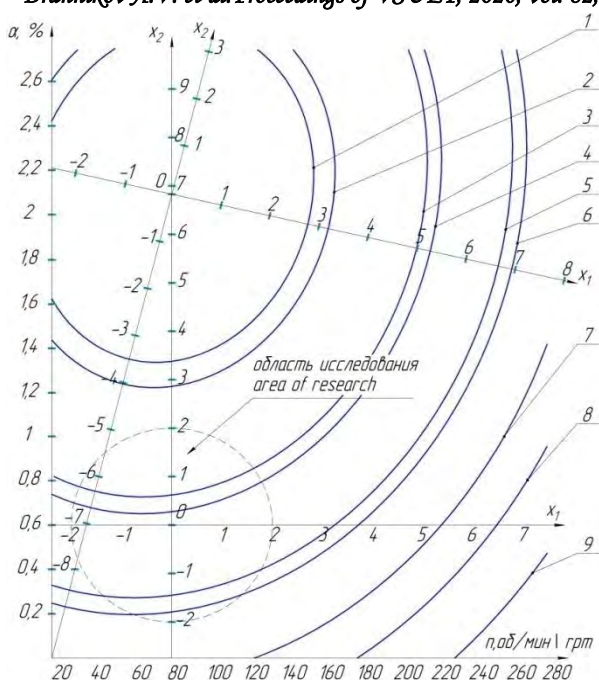


Рисунок 3. Кривые равных значений удельных энергозатрат от степени заполнения смесителя и частоты вращения рабочих органов смесителя (мин^{-1}): 1 – 0.075; 2 – 0.15; 3 – 0.225; 4 – 0.3; 5 – 0.375; 6 – 0.45; 7 – 0.525; 8 – 0.6; 9 – 0.675

Figure 3. Curves of equal values of specific energy consumption from the degree of filling of the mixer and the speed of the mixer working bodies (min^{-1}): 1 – 0.075; 2 – 0.15; 3 – 0.225; 4 – 0.3; 5 – 0.375; 6 – 0.45; 7 – 0.525; 8 – 0.6; 9 – 0.675

Задача оптимизации сформулирована следующим образом: найти такие режимы работы смесителя, которые бы в широком диапазоне изменения входных параметров процесса смешивания доставляли минимум удельных энергозатрат процесса смешивания и минимум неоднородности смеси. Общая математическая постановка задачи оптимизации представлена в виде следующей модели:

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

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

Таблица 2.
Оптимальные интервалы параметров

Table 2.
Optimal intervals of the parameters

Y_i	$X_1, \text{мин}^{-1}$		X_2		$X_3, \text{кг/м}^3$		$X_4, \text{об/мин}$	
	mi	ma	mi	ma	min	ma	mi	ma
Y_1	40	80	0.6	0.2	2.5	6.25	80	130
Y_2	80	40	0.6	0.2	6.25	2.5	80	140

В результате были получены рациональные интервалы изменения параметров:

$X_1 = 40 \dots 80 \text{ мин}^{-1}$; $X_2 = 0.2 \dots 0.6$; $X_3 = 2.5 \dots 6.25\%$; $X_4 = 80 \dots 140 \text{ с}$. 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%.

На основе экспериментальных и теоретических данных предложена модернизация конструкции смесителя с Z-образным рабочим органом.

Смеситель (рисунок 4) содержит корпус 1 с загрузочными патрубками 2 и форсунками 3, имеет три последовательно расположенных камеры 4–6. Внутри корпуса 1 расположены быстроходный 7 и тихоходный 8 валы, причем быстроходный вал 7 расположен внутри тихоходного вала 8 и проходит через три камеры.

В первой камере 4 установлен быстроходный вал 7 с расположенными вначале двумя очищающими лопастями 9, а затем – z-образной лопастью 10. Очищающие лопасти 9 на быстроходном валу 7 и опора 11 между первой 4 и второй 5 камерами корпуса смесителя 1 имеют профиль, соответствующий профилю z-образной лопасти. В верхней части первой камеры 4 расположены форсунки 3 для подачи жидких и вязких компонентов.

Через вторую 5 и третью 6 камеры проходит тихоходный вал 8, который приводится во вращение от быстроходного вала 7 с помощью планетарной зубчатой передачи, расположенной в опоре 11 между первой 4 и второй 5 камерами корпуса 1.

Данная планетарная передача обеспечивает противоположное направление вращения водил 14 (а следовательно, и вала 8) и центрального колеса 12, на котором жестко крепится вал 8, так как передаточное отношение i имеет отрицательное значение $i = -(z_3 / z_1)$, где z_1 и z_3 – соответственно числа зубьев зубчатых колес 12 и 13.

Во второй камере 5 тихоходный вал 8 снабжен конусообразными лопастями 16 (рисунок 4, в). Внутренняя цилиндрическая поверхность второй камеры 5 корпуса смесителя 1 снабжена зубчатым венцом 17, взаимодействующим с зубчатым колесом 18, подшипник качения которого 19 насажен на ось 20, причем ось закреплена на стойке 21, которая приварена к тихоходному валу 8, а к торцевой части зубчатого колеса 18 жестко прикреплен рамная мешалка 22. На тихоходном валу 8 во второй камере 5 между конусообразными лопастями 16 в плоскости, перпендикулярной оси вала 8, установлены ленточные спирали 23, приводимые во вращение с помощью конических зубчатых колес 20 от быстроходного вала 7 (рисунок, 4 а и в).

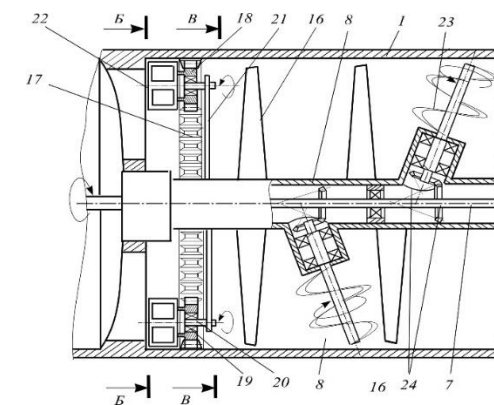
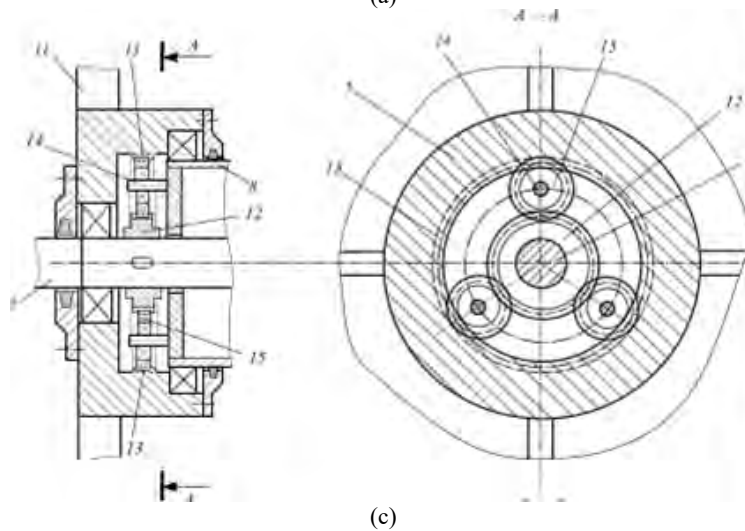
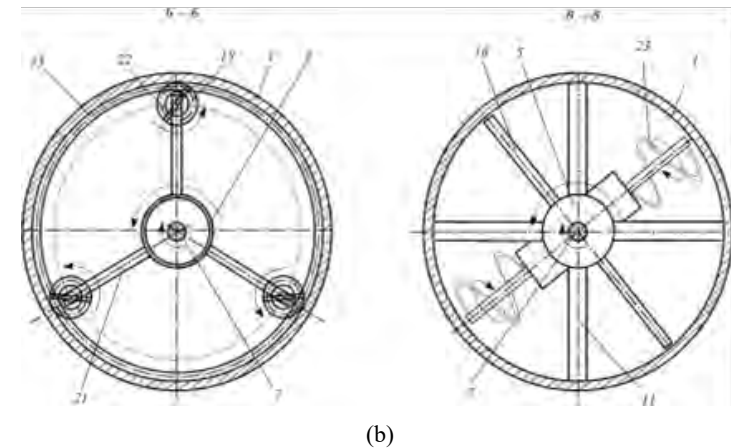
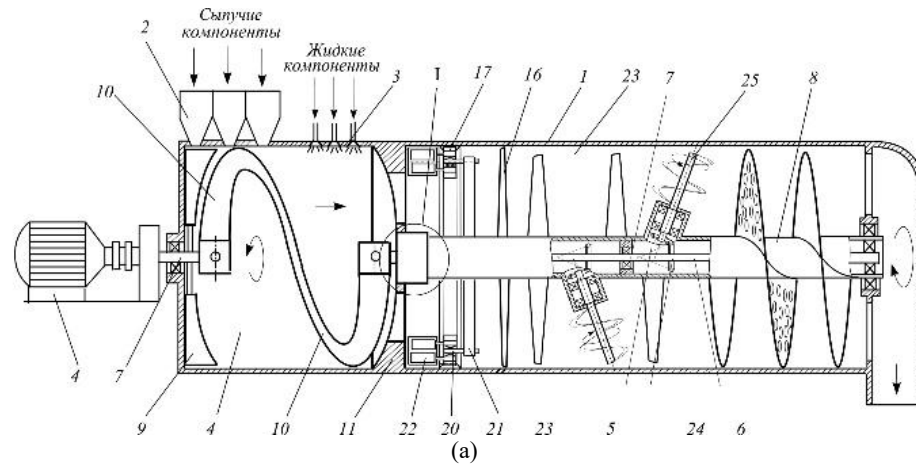


Рисунок 4. Смеситель с z-образным рабочим органом: (a) – общий вид; (b) – продольный разрез опоры 5 с планетарным зубчатым; (c) – сечение Б-б и сечение В-В; (d) продольный разрез камеры смесителя 5: 1 – корпус; 2 – загрузочные патрубки; 3 – форсунки; 4-6 – камеры; 7, 8 – быстроходный и тихоходный валы; 9 – очищающие лопасти; 10 – z-образные лопасти; 11 – опора; 12 – зубчатые колеса; 13 – внутренний венец; 14 – ведомые водила; 15 – сателлиты; 16 – конусообразные лопасти; 17 – зубчатый венец; 18 – зубчатое колесо; 19 – подшипник; 20 – ось; 21 – стойка; 22 – рамные мешалки; 23 – спирали; 24 – конические зубчатые колеса; 25 – шнек

Figure 4. Mixer with z – shaped working body (a) – General view; (b) – longitudinal section of the support 5 with planetary gear; (c)-section B-b and section B – B; (d) longitudinal section of the mixer chamber 5: 1 – housing; 2 – loading nozzles; 3 – nozzles; 4-6 – chambers; 7, 8 – high – speed and low – speed shafts; 9 – cleaning blades; 10 – z – shaped blades; 11 – support; 12 – gears; 13 – inner crown; 14 – driven drivers; 15 – satellites; 16 – cone – shaped blades; 17 – toothed crown; 18 – gear Wheel; 19 – bearing; 20 – axle; 21 – rack; 22 – frame agitators; 23 – spirals; 24 – bevel gears; 25 – auger

При этом зубчатые колеса образуют пространственную зубчатую передачу для передачи вращения между валами, оси которых пересекаются.

В предлагаемой конструкции смесителя ленточные спирали 23 установлены под углом к центральной оси и вращаются с большой угловой скоростью, что позволяет обеспечить как турбулизацию многофазной смеси, содержащей компоненты с разной дисперсностью частиц, так и увеличить пропускную способность, а следовательно и производительность смесителя.

На находящемся в третьей камере 6 тихоходном валу 8 жестко закреплен однозаходный шнек 25 с переменным шагом витков.

Рамные мешалки 22 во второй камере 5, совершающие вращение вокруг собственной оси при движении по внутренней поверхности камеры 5 посредством взаимодействия венца 17 и зубчатого колеса 18, осуществляют вытеснение смешиваемых высоковязких компонентов из застойных зон смесителя между камерами 4 и 5.

Рабочими органами (конусообразными лопастями 16 и ленточными спиралями 23) создаются три вида движения смеси в смесителе: тангенциальное, радиальное и осевое течения. При тангенциальном течении смесь в смесителе движется преимущественно по концентрическим окружностям, параллельным плоскости вращения рабочих органов. Перемешивание происходит за счет вихрей, возникающих на их кромках. Качество перемешивания будет наихудшим, когда скорость вращения смеси равна скорости вращения рабочих органов (конусообразных лопастей 16 и ленточных спиралей 23). Радиальное течение характеризуется направленным движением смеси от оси вращения к стенкам смесителя перпендикулярно оси вращения валов 7 и 8.

Осевое течение компонентов смеси направлено параллельно оси вращения валов 7 и 8. В предлагаемом смесителе смешивание условно состоит из трех элементарных процессов:

- конвективное смешивание – это перемещение групп частиц из одного объема смеси в другой внедрением и скольжением слоев;
- диффузионное смешивание – это постепенное перемещение частиц различных компонентов через вновь образованные границы их раздела;
- сегрегация – это сосредоточение близких по форме, массе и размерам частиц в разных местах смесителя.

Если разделить смешивание на три интервала по времени, то в первом преобладает конвективное смешивание, во втором – диффузионное, в третьем – сегрегация. Первые два процесса способствуют равномерному распределению частиц в смеси, последний препятствует этому. Поэтому целесообразно заканчивать процесс в конце второго интервала смешивания [3-7].

Применение предложенной конструкции трех камер смешивания 4–6, а также оригинальной конструкции вращающихся рабочих органов (лопастей 16, ленточных спиралей 23, конусообразных лопастей 16, однозаходного шнека 25 с переменным шагом витков) также позволит повысить однородность полученной смеси и тем самым улучшить качество многокомпонентных смесей.

Заключение

Использование предлагаемого смесителя позволит сократить продолжительность технологического цикла получения готовой смеси, а следовательно, снизить удельные энергозатраты на смешивание при достижении наилучшей однородности получаемой смеси.

Литература

1. Иванец В.Н., Бородулин Д.М., Андрюшков А.А. Анализ работы смесителей непрерывного действия центробежного типа на основе корреляционного подхода // Хранение и переработка сельхоз сырья. 2012. № 8. С. 23–26.
2. Лыткина Л.И., Шевцов А.А., Шенцова Е.С., Апалихина О.А. Особенности процесса смешивания высоковязких компонентов при производстве белково-витаминно-минеральных брикетов // Материалы LIV отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2015 год. Воронеж: ВГУИТ, 2016. С. 31.
3. Полезная модель № 171698, RU, В 01F 7/02, 7/08. Смеситель / Апалихина О.А., Переверзева С.А., Сазонова С.И., Шевцов А.А. и др., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ВГУИТ». № 2016144385, Заявл. 11.11.2016; Оpubл. 13.06.2017, Бюл. № 17.
4. Грачев Ю.П., Плаксин Ю.М. Математические методы планирования эксперимента. ДелЛипринт, 2005. 296 с.
5. Лыткина Л.И., Шевцов А.А., Переверзева С.А. Смеситель с Z-образной рабочей лопастью для высоковязких компонентов // Вестник ВГУИТ. 2017. № 4. С. 18–22.
6. Полезная модель № 179544, RU, A23N 17/00. Смеситель сыпучих кормов / Лазуткина С.А., Миннибаев М.Р.; Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» № 2017143655; Заявл. 13.12.2017; Оpubл. 17.05.2018, Бюл. № 14.
7. Полезная модель № 179085, RU, A23N 17/00, B01F 7/08. Смеситель сыпучих кормов / Лазуткина С.А., Миннибаев М.Р.; Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». № 2017143654; Заявл. 13.12.2017; Оpubл. 26.04.2018, Бюл. № 12.
8. Zaporozhtseva L.A., Marysheva Y.V. Economic opportunities of development for agricultural enterprises in crisis conditions // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2016. V. 52. № 4. P. 59–64.
9. Мезенова О.Я., Потапова В.А. Оптимизация рецептуры рыбобластных снэков // Вестник Международной академии холода. 2015. № 3. С. 19–22.
10. Hevko R.B., Liubin M.V., Tokarchuk O.A., Lyashuk O.L. et al. Determination of the parameters of transporting and mixing feed mixtures along the curvilinear paths of tubular conveyors // INMATEH – Agricultural Engineering. 2018. V. 55. P. 97–104.

References

- 1 Ivanets V.N., Borodulin D.M., Andryushkov A.A. Analysis of the operation of continuous mixers of the price-trobezhny type based on the correlation approach. Storage and processing of agricultural raw materials. 2012. no. 8. pp. 23–26. (in Russian).
- 2 Lytkina L.I., Shevtsov A.A., Shentsova E.S., Apalikina O.A. Features of the process of mixing high-viscosity components in the production of protein-vitamin-mineral briquettes. Materials of the LIV reporting scientific conference of teachers and researchers of VSUET for 2015. Voronezh, VSUET, 2016. pp. 31. (in Russian).
- 3 Apalikina O.A., Pereverzeva S.A., Sazonova S.I., Shevtsov A.A. et al. Mixer. Utility model RF, no. 171698, 2017.
- 4 Grachev Yu.P., Plaksin Yu.M. Mathematical methods of experiment planning. Deliprint, 2005. 296 p. (in Russian).
- 5 Lytkina L.I., Shevtsov A.A., Pereverzeva S.A. Mixer with Z-shaped working blade for high-viscosity components. Proceedings of VSUET. 2017. no. 4. pp. 18–22. (in Russian).
- 6 Lazutkina S.A., Minnibaev M.R. Mixer of bulk feed. Utility model RF, no. 179544, 2018.
- 7 Lazutkina S.A., Minnibaev M.R. Mixer of bulk feed. Utility model RF, no. 179085, 2018.
- 8 Zaporozhtseva L.A., Marysheva Y.V. Economic opportunities of development for agricultural enterprises in crisis conditions. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2016. vol. 52. no. 4. pp. 59–64.
- 9 Mezenova O.Ya., Potapova V.A. Optimization of the recipe for fish-growing snacks. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2015. no. 3. pp. 19–22. (in Russian).
- 10 Hevko R.B., Liubin M.V., Tokarchuk O.A., Lyashuk O.L. et al. Determination of the parameters of transporting and mixing feed mixtures along the curvilinear paths of tubular conveyors. INMATEH – Agricultural Engineering. 2018. vol. 55. pp. 97–104.

Сведения об авторах

Алексей В. Дранников д.т.н., доцент, 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>

Александр А. Шевцов д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, shevalol@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2599-5692>

Александр В. Квасов аспирант, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alex-kvasov1994@yandex.ru

Лариса И. Лыткина д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, larissaig2410@rambler.ru

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

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

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

Сергей П. Волков студент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ser-volkov97@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8046-5021>

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

Alexey V. Drannikov Dr. Sci. (Engin.), associate professor, machines and devices for 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>

Alexander A. Shevtsov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, processes and devices of chemical and food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, shevalol@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2599-5692>

Alexander V. Kvasov graduate student, machinery and food production machines department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, alex-kvasov1994@yandex.ru

Larisa I. Lytkina Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of bakery, confectionery, pasta and grain processing department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, larissaig2410@rambler.ru

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

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

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

Sergey P. Volkov student, machinery and food production machines department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ser-volkov97@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8046-5021>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 28/01/2020	После редакции 11/02/2020	Принята в печать 20/02/2020
Received 28/01/2020	Accepted in revised 11/02/2020	Accepted 20/02/2020

Оптимизация параметров технологического трубопровода по технико-экономическим показателям

Анатолий А. Хвостов	¹	khvtol1974@yandex.ru	 0000-0002-3836-9404
Магомед Г. Магомедов	²	mmg@inbox.ru	 0000-0003-2494-4973
Алексей А. Журавлев	¹	zhuraa1@rambler.ru	 0000-0002-2194-767X
Елена А. Шипилова	¹	elen_ship@list.ru	 0000-0003-1050-036X
Олег А. Семенихин	³	semenihin72@yandex.ru	 0000-0002-2611-0297
Анатолий А. Никитченко	¹	nik.to77@mail.ru	 0000-0002-0039-1449

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

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

³ Воронежский государственный технический университет, Московский пр., 14, г. Воронеж, 394026, Россия

Аннотация. В пищевой и химической промышленности проектирование новых технологических трубопроводов и модернизация действующих трубопроводных систем транспортирования сырья, полуфабрикатов и готовой продукции представляет собой комплексную организационно-техническую задачу, одним из этапов которой является проведение необходимых гидравлических расчетов. Общепринятым в отечественной и зарубежной практике является гидравлический расчет трубопроводных линий на основании уравнения неразрывности потока и уравнения Бернулли для реальной вязкой жидкости, которое учитывает потери давления на трение и на преодоление местных сопротивлений трубопровода. При таком подходе гидравлический расчет является многовариантной задачей, т.к. существует бесконечное множество сочетаний параметров диаметр трубопровода - перепад давления, неравноценных как с экономической, так и технической позиций. На основании анализа литературных источников в работе показана целесообразность проведения гидравлического расчета трубопроводных линий по технико-экономическим показателям. В качестве критерия технико-экономической оптимизации технологических трубопроводов предложены суммарные годовые затраты на создание и эксплуатацию технологического трубопровода, являющиеся линейной суперпозицией капитальных и эксплуатационных затрат. В работе предложены расчетные соотношения для определения оптимального диаметра технологического трубопровода из условия минимизации суммарных годовых затрат на его создание и эксплуатацию с учетом текущих цен и тарифов на трубопровод и электроэнергию, трассировки трубопровода, условий его работы, а также свойств транспортируемой среды. На примере гидравлической установки для перекачивания патоки проведены вычислительные эксперименты по оценке влияния диаметра трубопровода и массового расхода транспортируемой среды на технико-экономические показатели технологического трубопровода и определены его оптимальные параметры. Для приближенной оценки эффективности оптимизационных мероприятий предложен критерий, позволяющий сопоставить суммарные годовые затраты на создание и эксплуатацию технологических трубопроводов с оптимальными и отличными от них параметрами.

Ключевые слова: технологический трубопровод, технико-экономическая оптимизация, потери давления, критерий оптимизации, гидравлический расчет

Optimization of process pipeline parameters by techno-economic parameters

Anatoly A. Khvostov	¹	khvtol1974@yandex.ru	 0000-0002-3836-9404
Magomed G. Magomedov	²	mmg@inbox.ru	 0000-0003-2494-4973
Alexei A. Zhuravlev	¹	zhuraa1@rambler.ru	 0000-0002-2194-767X
Elena A. Shipilova	¹	elen_ship@list.ru	 0000-0003-1050-036X
Oleg A. Semenikhin	³	semenihin72@yandex.ru	 0000-0002-2611-0297
Anatoly A. Nikitchenko	¹	nik.to77@mail.ru	 0000-0002-0039-1449

¹ Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh), Staryh Bolshevikov street, 54 A Voronezh, 394064, Russia

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

³ Voronezh State Technical University, Moscow Av., 14 Voronezh, 394026, Russia

Для цитирования

Хвостов А.А., Магомедов М.Г., Журавлев А.А., Шипилова Е.А., Семенихин О.А., Никитченко А.А. Оптимизация параметров технологического трубопровода по технико-экономическим показателям // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 34–46. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-34-46

For citation

Khvostov A.A., Magomedov M.G., Zhuravlev A.A., Shipilova E.A., Semenikhin O.A., Nikitchenko A.A. Optimization of process pipeline parameters by techno-economic parameters. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 34–46. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-34-46

Abstract. In the food and chemical industry, the design of new process pipelines and modernization of existing pipeline systems for transportation of raw materials, semi-finished products and finished products is a complex organizational and technical task, one of the stages of which is to carry out the necessary hydraulic calculations. It is common practice in domestic and foreign practices to hydraulically calculate pipeline lines based on the flow intricacy equation and the Bernoulli equation for a real viscous liquid, which takes into account pressure losses on friction and on overcoming local pipeline resistances. With this approach, hydraulic calculation is a multivariate task, as there are infinite combinations of pipeline diameter - differential pressure parameters, unequal from both economic and technical positions. Based on the analysis of literary sources, the work shows the expediency of carrying out hydraulic calculation of pipeline lines according to techno-economic indicators. Total annual costs for creation and operation of the process pipeline, which are a linear superposition of capital and operating costs, are proposed as a criterion for technical and economic optimization of process pipelines. The work proposes design ratios for determining the optimum diameter of the process pipeline based on the condition of minimization of the total annual costs for its creation and operation taking into account the current prices and tariffs for the pipeline and electric power, routing of the pipeline, conditions of its operation, as well as properties of the transported medium. On the example of hydraulic plant for pumping of molasses, computational experiments were carried out to assess the influence of pipeline diameter and mass flow rate of transported medium on technical and economic indices of process pipeline and its optimal parameters were determined. In order to estimate the efficiency of optimization measures, the criterion is proposed, which allows to compare the total annual costs for creation and operation of process pipelines with optimal and different parameters.

Keywords: process pipeline, techno-economic optimization, pressure loss, optimization criterion, hydraulic calculation

Введение

При создании предприятий пищевой промышленности одним из наиболее важных и сложных этапов является проектирование и расчет технологических трубопроводов. На выполнение этого этапа затрачивается до 30–35% от общих трудозатрат на разработку технологической и монтажно-технологической частей проекта.

С позиций системного анализа технологические трубопроводы представляют собой функциональную подсистему, в которой осуществляются взаимосвязанные между собой гидравлические, тепловые и механические процессы и явления, интегрированную в общую химико-технологическую систему и обеспечивающую практическую взаимосвязь между отдельными единицами технологического оборудования [1].

Основными элементами системы технологических трубопроводов являются технологические трубопроводы, машины для создания разности давлений (насосы, компрессоры) и технологические резервуары [2].

Технологические трубопроводы классифицируют по различным признакам: виду транспортируемой среды, материалу, применяемому для изготовления, длине, величине давления, функциональному назначению, наличию и типа тепловой изоляции, способу прокладки [1, 2].

Проектирование новых технологических трубопроводов и модернизация действующих трубопроводных систем представляет собой комплексную организационно-техническую задачу [1], одним из этапов которой является проведение гидродинамических расчетов на основе уравнений неразрывности и Навье-Стокса, дополненных уравнениями конвективной теплопроводности и состояния движущейся среды, что представляет известные трудности.

Используя допущения об изотермичности, стационарности и несжимаемости потока движущейся среды, задачу в исходной постановке

сводят к проведению гидравлических расчетов по уравнению неразрывности потока и уравнению Бернулли для реальной вязкой жидкости, которое учитывает потери давления на трение и на преодоление местных сопротивлений трубопровода. Данный подход является общепринятым в отечественной и зарубежной практиках при проведении гидравлических расчетов технологических трубопроводов пищевых и химических производств и охватывает решение трех практических задач: определение диаметра трубопровода, определение перепада давления в трубопроводе и оценка его пропускной способности [2, 3].

Для расчета технологических трубопроводов транспортировки не-newтоновских пищевых сред традиционные методики уточнены эмпирическими соотношениями, позволяющими учесть аномалию вязкости перекачиваемого продукта [4, 5].

Гидравлические расчеты сложных трубопроводов с разветвлениями, кольцами, участками разного диаметра и пр. проводят с использованием методов теории графов и электрогидравлической аналогии [1, 6].

Возможности численного моделирования трубопроводных систем сложной структуры позволяют рассматривать тепломассообменные, химические и биохимические процессы, протекающие в трубопроводных системах, взаимосвязанными, моделировать режимы работы и выбирать оптимальные конструктивные и эксплуатационные параметры [7–12].

Одной из задач при традиционном гидравлическом расчете является задача определения диаметра трубопровода и потерь давления в линии заданной трассировки при постоянном объемном расходе [2].

При таком подходе гидравлический расчет является многовариантной задачей, т. к. существует бесконечное множество сочетаний параметров диаметр трубопровода – перепад давления, обеспечивающих перекачивание транспортируемой среды с заданным расходом.

Причем варианты неравноценны как с экономической, так и технической точки зрения.

Так, с одной стороны, при уменьшении диаметра трубопровода снижается его стоимость и металлоемкость (т. е. капитальные затраты), но, при заданном расходе жидкости, увеличивается скорость ее течения, и, как следствие, возрастают потери давления на ее перекачивание по трубопроводу. Для создания более высокого давления в трубопроводе требуется установка более мощного гидравлического насоса, потребляющего больше электроэнергии. Следовательно, снижение капитальных затрат на создание трубопроводной системы путем уменьшения диаметра трубопровода приводит к удорожанию стоимости насосной установки и затрат на эксплуатацию трубопроводной системы.

С другой стороны, транспортирование жидкости по более дорогому трубопроводу, изготовленному из труб большего диаметра, требует меньших затрат электроэнергии на привод насосной установки.

В этой связи выбор диаметра трубопровода должен быть обоснован как технически, так и экономически. Очевидно, существует некий оптимальный диаметр трубопровода, при котором сумма затрат на сооружение технологического трубопровода и перекачивания по нему жидкости будет минимальной.

Для решения такой задачи оптимизации предложено большое количество технико-экономических критериев, отличающихся друг от друга сложностью, детализацией и количеством учитываемых экономических и технологических показателей. Однако общим для всех критериев является учет эксплуатационных затрат, связанных с затратами на электроэнергию для привода насоса (затраты на создание перепада давления) и капитальных затрат, обусловленных стоимостью трубопровода [13, 14].

В качестве примера можно отметить работы [15–18], где в качестве критерия оптимизации использован показатель совокупных дисконтированных затрат. В работах [19–21] приведена оптимизация параметров трубопровода по затратам электроэнергии на привод насоса. При оптимизации параметров криогенных трубопроводов в качестве критериев оптимизации авторы [22, 23] использовали мощности гидравлических и тепловых потерь. Использование метода исследования пространства параметров (МПП) позволило авторам найти Парето-оптимальное решение. Для минимизации материальных затрат на воздухопроводы вентиляционных систем авторами [24–26] использовано динамическое программирование, позволившее последовательно определить оптимальные диаметры

участков вентиляционной системы для заданных значений давлений и расходов воздуха. В работе [27] предложен выбор оптимального диаметра трубопровода для сети централизованного теплоснабжения, состоящей из ответвлений и колец, с использованием теории графов и минимизации затрат.

В этой связи актуальной является задача определения оптимального диаметра и потерь давления в трубопроводе, обеспечивающих одновременно снижение стоимости трубопровода и затрат электроэнергии для привода насоса.

Объекты и методы

В качестве критерия технико-экономической оптимизации (ТЭО) используем суммарные годовые затраты F , р./год на создание и эксплуатацию технологического трубопровода, являющиеся линейной суперпозицией капитальных K , р., и эксплуатационных $\mathcal{E}$, р., затрат [13, 14]

$$F = K + \mathcal{E}. \quad (1)$$

Капитальные затраты K , р./год, в первом приближении, представим как затраты на создание трубопровода, пропорциональные его габаритным размерам, прейскурантной цене и отнесенные к одному году эксплуатации трубопровода

$$K = f_{mp}(D)L, \quad (2)$$

где L – общая длина трубопровода (включает в себя длину всех горизонтальных и вертикальных участков), м; $f_{mp}(D)$ – регрессионное уравнение, аппроксимирующее прейскурантные данные по стоимости трубопровода в зависимости от его диаметра. Величина $f_{mp}(D)$ является стоимостью 1 погонного метра трубопровода диаметром D и толщиной стенки трубы δ , мм.

В качестве аппроксимирующей функции $f_{mp}(D)$ в [1] рекомендуется линейная зависимость

$$f_{mp}(D) = aD, \quad (3)$$

где a – регрессионный коэффициент, р./м²; D диаметр трубопровода, м.

С учетом (3) капитальные затраты по формуле (2) представим в виде

$$K = S_D D, \quad (4)$$

где S_D – удельные затраты, р./м

$$S_D = aL. \quad (5)$$

Эксплуатационные затраты $\mathcal{E}$, р./год, на эксплуатацию трубопровода в течение календарного года представляют собой затраты на перемещение среды по трубопроводу и пропорциональны количеству электроэнергии, потребленной

насосом за время его работы в течение года и тарифной стоимости 1 кВт·ч электроэнергии

$$\mathcal{E} = 365 N_{эл} c_{эл} \tau, \quad (6)$$

где $N_{эл}$ – мощность электродвигателя привода насоса, кВт; $c_{эл}$ – тариф (стоимость) 1 кВт·ч электроэнергии, руб./кВт·ч; τ – продолжительность работы трубопроводной установки в течение суток, ч.

Мощность электродвигателя привода насоса

$$N = K_3 \frac{Q \Delta P}{1000 \eta}, \quad (7)$$

где K_3 – коэффициент запаса мощности электродвигателя $K_3 = 1,2$; Q – объемный расход транспортируемой среды, м³/с; ΔP – давление, развиваемое насосом, Па; η – КПД привода насоса (учитывает механический КПД, утечки через зазоры и сальники насоса, износ и пр.), $\eta = 0,8$.

С учетом (7) эксплуатационные затраты по формуле (6) представим в виде

$$\mathcal{E} = S_p \Delta P, \quad (8)$$

где S_p – удельные затраты для создания единицы перепада давления, руб./кПа

$$S_p = \frac{365 K_3 Q c_{эл} \tau}{\eta}. \quad (9)$$

С учетом затрат (4) и (9) критерий оптимизации по формуле (1) примет вид [28]

$$F = S_p \Delta P + S_D D. \quad (10)$$

В критерии (10) давление ΔP , развиваемое насосом, представляет собой потери давления в технологическом трубопроводе, зависящие от его топологии, наличия гидравлических сопротивлений, объемного расхода транспортируемой жидкости и ее свойств, а также диаметра трубопровода [2]. Таким образом, критерий ТЭО (10) учитывает текущие значения цен и тарифов на трубопровод и электроэнергию, параметры трубопровода, условия транспортирования жидкости, ее свойства и отвечает основным требованиям, предъявляемым к критериям оптимизации [1]: измеряет эффективность системы; является количественным; имеет ясный физический смысл и достаточно полно отражает наиболее существенные стороны процесса.

Задача технико-экономической оптимизации технологического трубопровода заданной топологии заключается в нахождении таких значений D и ΔP , при которых критерий ТЭО (10) достигает минимального значения при заданном объемном расходе транспортируемой среды Q ,

который, в свою очередь, также зависит от D и ΔP [31]:

$$F(\Delta P, D) = S_p \Delta P + S_D D \xrightarrow{\Delta P, D} \min, \quad (11)$$

$$Q(\Delta P, D) = \text{const}. \quad (12)$$

Таким образом, имеем задачу условной оптимизации критерия (11) при наличии ограничения (уравнения связи) вида (12). Для решения задачи в постановке (11) и (12) необходимо свести ее к задаче на безусловный экстремум.

Уравнение связи (12) должно в явном виде связывать потери давления ΔP , диаметр трубопровода D и объемный расход Q транспортируемой среды.

Представим связь между ΔP и D в виде уравнения

$$\Delta P = \Delta P_{лин} + \Delta P_{мс} \pm \Delta P_{сг}, \quad (13)$$

где $\Delta P_{лин}$ – потери давления по длине трубопровода, Па; $\Delta P_{мс}$ – потери давления, обусловленные наличием местных сопротивлений, Па; $\Delta P_{сг}$ – гидростатические потери давления, связанные с изменением высоты подъема (опускания) транспортируемой среды, Па.

Потери давления по длине трубопровода определим по формуле Дарси-Вейсбаха

$$\Delta P_{лин} = \lambda \frac{L_z + L_6}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \quad (14)$$

где λ – коэффициент трения; L_z , L_6 – соответственно, длина горизонтального и вертикального участков трубопровода, м; v – средняя скорость движения транспортируемой среды в трубопроводе, м/с; ρ – плотность среды, кг/м³; D – диаметр трубопровода, м.

Потери давления, обусловленные наличием местных сопротивлений, определим по формуле Вейсбаха

$$\Delta P_{мс} = \sum \xi_{мс} \frac{\rho v^2}{2}, \quad (15)$$

где $\xi_{мс}$ – коэффициент местного сопротивления.

Гидростатические потери давления определим по формуле

$$\Delta P_{сг} = \pm \rho g L_6, \quad (16)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с².

С учетом формул (14)–(16) имеем

$$\Delta P = \lambda \frac{L_z + L_6}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2} + \sum \xi_{мс} \frac{\rho v^2}{2} \pm \rho g L_6. \quad (17)$$

Уравнение (17) не содержит в явном виде величину объемного расхода Q . Для приведения этого уравнения к виду (12), представим

среднюю скорость движения транспортируемой среды в трубопроводе круглого сечения через его диаметр D :

$$g = \frac{4Q}{\pi D^2}. \quad (18)$$

В условиях ламинарного режима течения значение коэффициента трения λ зависит от величины числа Рейнольдса Re

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (19)$$

которое определяется как

$$Re = \frac{gD\rho}{\mu}, \quad (20)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости транспортируемой среды, Па·с.

С учетом формул (18) – (20) уравнение (17) принимает вид

$$\Delta P = \frac{8\rho Q^2}{\pi^2 D^4} \left(\frac{16\mu\pi}{\rho Q} (L_e + L_g) + \sum \xi_{mc} \right) \pm \rho g L_g \quad (21)$$

Уравнение связи (21) позволяет определить оптимальные значения D и ΔP , при которых критерий оптимизации (1) достигает минимального значения при заданном объемном расходе

$$\Delta P^* = \frac{1}{2} \left[\frac{\rho Q^2}{\pi^2} \left(\frac{16\mu\pi}{\rho Q} (L_e + L_g) + \sum \xi_{mc} \right) \left(\frac{S_D}{S_P} \right)^4 \right]^{0.2} \pm \rho g L_g. \quad (26)$$

Подстановка оптимальных значений ΔP^* и D^* в критерий оптимизации (1) позволяет рассчитать минимальное значение суммарных затрат на сооружение трубопровода заданной трассировки и транспортирование среды с заданными расходом и свойствами.

На рисунке 1 представлена геометрическая интерпретация задачи оптимизации технологического трубопровода. В пространстве $(F; \Delta P; D)$ представлена плоскость целевой функции (1), уравнение связи (13) для $Q = \text{const}$ и кривая, образованная сечением плоскости (1) цилиндрической поверхностью с основанием (13).

Точка A' с координатами $(\Delta P^*; D^*)$ является проекцией точки $A(F_{\min}; \Delta P^*; D^*)$ минимального значения критерия оптимизации (в данной точке одновременно выполняются условия (11) и (12), т. е. достигается условный экстремум критерия оптимизации (1).

транспортируемой среды Q . Необходимое условие минимизации критерия (1) имеет вид [1, 31]

$$\frac{dF}{dD} = S_P \frac{d\Delta P}{dD} + S_D = 0. \quad (22)$$

Решением уравнения (22) является оптимальное значение диаметра трубопровода, которое в дальнейшем используется для определения оптимальных потерь давления по уравнению (21).

Дифференцируя (21) по диаметру D , получим

$$\frac{d\Delta P}{dD} = -\frac{32\rho Q^2}{\pi^2 D^5} \left(\frac{16\mu\pi}{\rho Q} (L_e + L_g) + \sum \xi_{mc} \right). \quad (23)$$

Подставляя (23) в (22), приходим к уравнению

$$-\frac{32\rho Q^2}{\pi^2 D^5} \left(\frac{16\mu\pi}{\rho Q} (L_e + L_g) + \sum \xi_{mc} \right) S_P + S_D = 0. \quad (24)$$

Решая уравнение (24) относительно D и исключая комплексные корни, получим оптимальное значение диаметра трубопровода

$$D^* = 2 \left[\frac{\rho Q^2}{\pi^2} \left(\frac{16\mu\pi}{\rho Q} (L_e + L_g) + \sum \xi_{mc} \right) \frac{S_P}{S_D} \right]^{0.2} \quad (25)$$

Подстановка решения (25) в уравнение связи (21) позволяет определить оптимальное значение потерь давления в трубопроводе

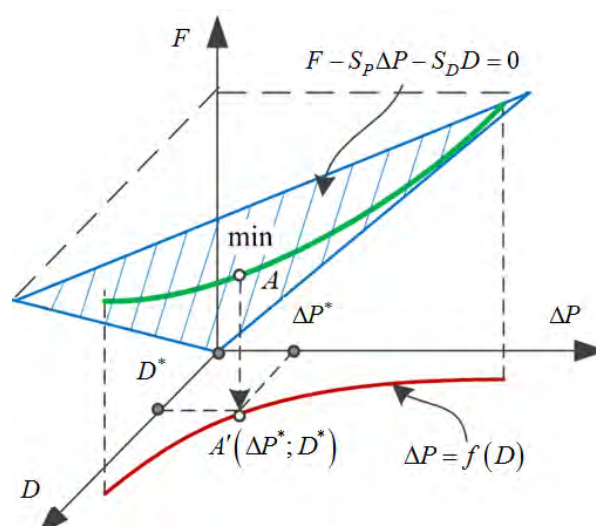


Рисунок 1. Графическая интерпретация задачи оптимизации

Figure 1. Graphical interpretation of the optimization task

Результаты и обсуждение

Обсуждаемую методику оптимизации параметров технологического трубопровода по технико-экономическим показателям проиллюстрируем вычислительными экспериментами на примере гидравлической установки для транспортирования патоки, используемой в кондитерском производстве (рисунок 2).

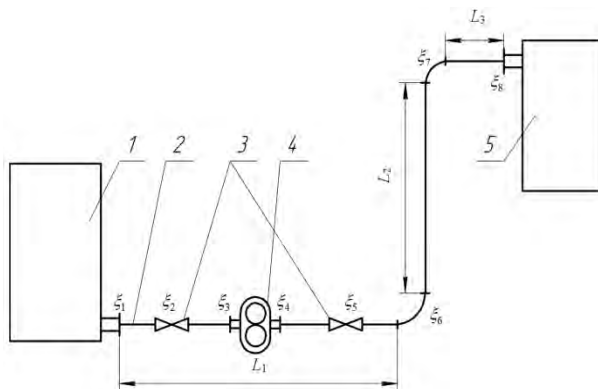


Рисунок 2. Схема установки: 1 – расходная емкость; 2 – трубопровод; 3 – регулировочный вентиль; 4 – насос; 5 – производственная емкость

Figure 2. Installation diagram: 1 – consumption capacity; 2 – pipeline; 3 – adjusting valve; 4 – pump; 5 – production capacity

Технологический трубопровод состоит из двух горизонтальных участков длиной, соответственно, $L_1 = 20$ м и $L_3 = 2$ м и вертикального участка длиной $L_2 = 8$ м. Суммарная длина горизонтальных участков $L_2 = 22$ м, длина вертикального участка $L_2 = 8$ м. Трубопровод содержит местные сопротивления, значения которых представлены в таблице 1.

Для изготовления технологического трубопровода используем трубы электросварные из пищевой нержавеющей стали марки 1 2 x 18Н10Т (зарубежный аналог AISI 304) по ГОСТ 11068–81 «Трубы электросварные из коррозионно-стойкой стали». По преysкуранным ценам методом наименьших квадратов получены значения регрессионного коэффициента a , руб./м², аппроксимирующей функция (3) (таблица 2).

В качестве модельной среды для транспортирования используем патоку с массовой долей редуцирующих веществ 52,7% с температурой $t = 40$ °С. При данной температуре плотность и коэффициент динамической вязкости патоки равны, соответственно, $\rho = 1430$ кг/м³ и $\mu = 9,9$ Па·с [29].

Вычислительный эксперимент № 1. Заключался в оценке влияния диаметра трубопровода на технико-экономические показатели и определении оптимальных параметров трубопровода для перекачивания патоки с массовым расходом $M = 100$ кг/ч (объемный расход $Q = 1,943 \cdot 10^{-5}$ м³/с).

Таблица 1.
Значения коэффициентов местных сопротивлений [2]

Table 1.
Values of local resistance coefficients [2]

Местное сопротивление Local resistance	Значение Value
Вход в трубу Entrance to a pipe	$\xi_1 = 0,5$
Вентиль Valve	$\xi_2 = 4,0$
Внезапное расширение Sudden expansion	$\xi_3 = 0,64$
Внезапное сужение Sudden constriction	$\xi_4 = 0,64$
Вентиль Valve	$\xi_5 = 4,0$
Колено (поворот на 90 град.) Elbow (90 degree rotation)	$\xi_6 = 1,3$
Колено (поворот на 90 град.) Elbow (90 degree rotation)	$\xi_7 = 1,3$
Выход из трубы Escaping of a pipe	$\xi_8 = 1,0$

Таблица 2.
Значение регрессионного коэффициента a
аппроксимирующей функции (3)

Table 2.
Value of regression coefficient a
of approximation function (3)

Диаметр трубы D , мм Pipe diameter D , mm	Толщина стенки трубы δ , мм Thickness of a wall of the pipe δ , mm	Коэффициент a , руб./м ² Coefficient a , rubles/m ²
6,0 ÷ 20	1,0	$8,525 \cdot 10^3$
12,0 ÷ 101,6	1,5	$10,3 \cdot 10^3$
12,0 ÷ 304,0	2,0	$13,641 \cdot 10^3$
21,3 ÷ 323,9	3,0	$18,857 \cdot 10^3$
76,1 ÷ 406,4	4,0	$28,044 \cdot 10^3$

В ходе вычислительного эксперимента значение диаметра трубопровода варьировали в интервале от 0,05 до 0,1 м с последующим вычислением технико-экономических показателей.

Зависимость потерь давления ΔP в трубопроводе от его диаметра D , вычисленная по формуле (21), представлена на рисунке 3.

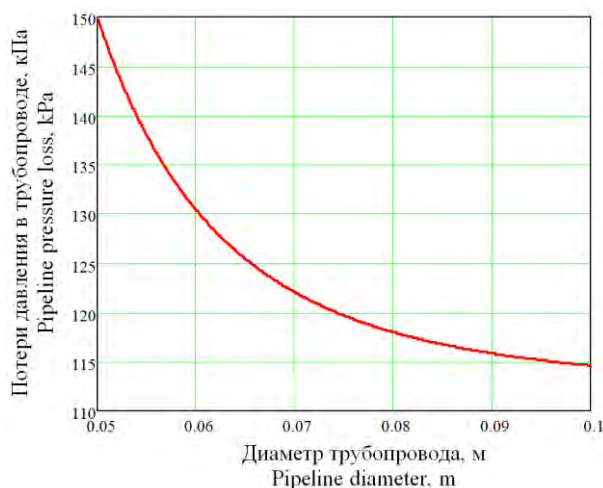


Рисунок 3. Зависимость потерь давления в трубопроводе от его диаметра

Figure 3. Dependence of pressure losses in the pipeline on its diameter

Гидравлическая линия проектируется на основе электросварных труб из пищевой нержавеющей стали марки 12 x 18Н10Т, толщина стенки $\delta = 1,5$ мм, значение регрессионного коэффициента $a = 10,3 \cdot 10^3$ р./м² (таблица 2). Удельные капитальные затраты по формуле (5) составят $S_D = 3,09 \cdot 10^5$ р./м.

Коэффициент запаса мощности электродвигателя и КПД привода насоса приняты, соответственно $K_z = 1,2$ и $\eta = 0,8$. Продолжительность работы установки в течение суток $\tau = 8$ ч. Тарифная стоимость 1 кВт·ч электроэнергии (для Воронежской области, декабрь 2019 г.) составляет $c_{эл} = 3,74$ р./кВт·ч. Удельные эксплуатационные затраты по формуле (9) равны $S_P = 0,318$ р. / Па.

На рисунке 4 представлены зависимости капитальных, эксплуатационных и суммарных годовых затрат от диаметра трубопровода, рассчитанных, соответственно, по формулам (4), (8) и (10). Как следует из данных рисунка 4, увеличение диаметра трубопровода приводит к возрастанию капитальных затрат (кривая 1) на создание трубопроводной системы для транспортирования патоки при одновременном снижении эксплуатационных затрат (кривая 2) на транспортирование продукта. Экстремальный характер кривой 3 указывает на существование значения диаметра трубопровода, который обеспечивает создание и эксплуатацию гидравлической установки для транспортирования патоки с минимальными суммарными затратами. Вычисления по формулам (17) и (18) дают оптимальные значения диаметра трубопровода $D^* = 0,063$ м и потерь давления $\Delta P^* = 1,27 \cdot 10^5$ Па,

при которых суммарные годовые затраты на сооружение и эксплуатацию трубопровода минимальны $F^* = 5,993 \cdot 10^4$ р./год.

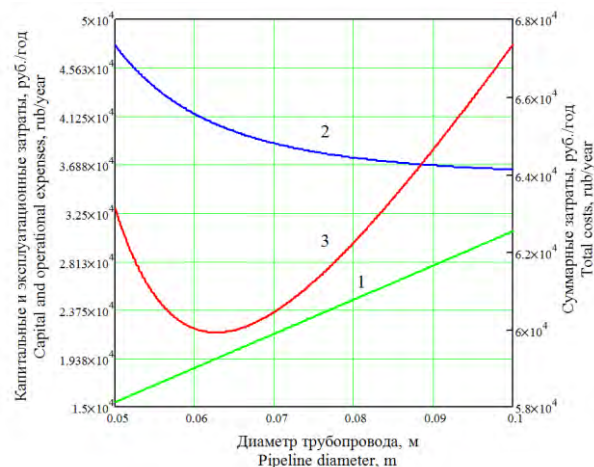


Рисунок 4. Зависимость капитальных (1), эксплуатационных (2) и суммарных годовых затрат (3) на сооружение и эксплуатацию трубопровода в зависимости от его диаметра

Figure 4. Dependence of capital (1), operating (2) and total annual costs (3) for pipeline construction and operation depending on its diameter

Рассчитанное оптимальное значение диаметра трубопровода следует скорректировать по сортаменту труб, согласно ГОСТ 11068–81 «Трубы электросварные из коррозионно-стойкой стали» с последующим уточнением капитальных, эксплуатационных и суммарных годовых затрат.

Вычислительный эксперимент № 2. Заключался в оценке влияния массового расхода (объемного расхода) перекачиваемой патоки на технико-экономические показатели и оптимальные параметры трубопровода.

Расчет проведен для значений массового расхода $M_1 = 100$ кг/ч, $M_2 = 150$ кг/ч и $M_3 = 200$ кг/ч (объемный расход, соответственно, $Q_1 = 1,943 \cdot 10^{-5}$ м³/с, $Q_2 = 2,914 \cdot 10^{-5}$ м³/с и $Q_3 = 3,885 \cdot 10^{-5}$ м³/с). В ходе вычислительного эксперимента значение диаметра трубопровода варьировали в интервале от 0,05 до 0,1 м с последующим вычислением технико-экономических показателей.

Для электросварной трубы со стенкой толщиной $\delta = 1,5$ мм значение регрессионного коэффициента $a = 10,3 \cdot 10^3$ р./м² (таблица 2). Удельные капитальные затраты по формуле (5) составят $S_D = 3,09 \cdot 10^5$ р./м. Капитальные затраты, в соответствии с формулой (4), не зависят от массового расхода продукта и определяются только диаметром трубопровода (рисунок 4, кривая 1).

Потери давления ΔP в трубопроводе вычислялись по формуле (21). Расчет удельных эксплуатационных затрат выполнен по формуле (9) с исходными данными $K_3 = 1,2$ и $\eta = 0,8$, $\tau = 8$ ч и $c_{эл} = 3,74$ р./кВт·ч. Эксплуатационные затраты рассчитывались по формуле (8). На рисунке 5 показаны зависимости затрат на эксплуатацию трубопровода от его диаметра для заданных значений массовых расходов патоки.

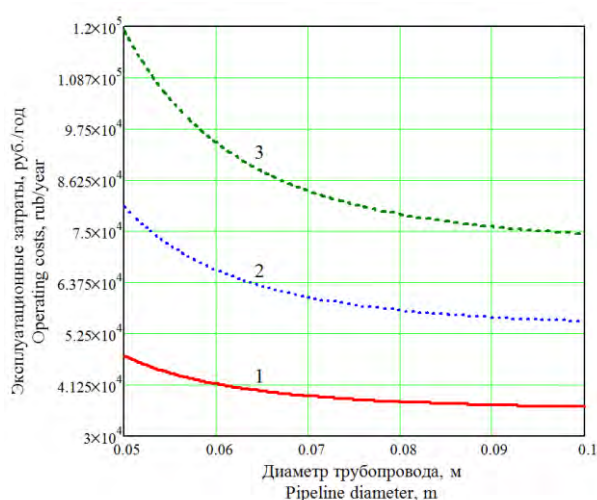


Рисунок 5. Влияние диаметра трубопровода на эксплуатационные затраты при транспортировании патоки в количестве: 1 – 100 кг/ч; 2 – 150 кг/ч; 3 – 200 кг/ч

Figure 5. Influence of the pipeline diameter on the operating costs in the transporting of molasses in the amount of: 1 – 100 kg/h; 2 – 150 kg/h; 3 – 200 kg/h

Как следует из данных рисунка 5, увеличение диаметра трубопровода при постоянном массовом расходе продукта приводит к снижению эксплуатационных затрат что связано с уменьшением потерь давления в гидравлической линии. Однако темп снижения затрат на эксплуатацию трубопровода не постоянен и зависит от массового расхода продукта. Так, при массовом расходе патоки $M_1 = 100$ кг/ч увеличение диаметра в 2 раза

способствует снижению эксплуатационных затрат примерно на $1,3 \cdot 10^4$ р. год; при массовом расходе $M_3 = 200$ кг/ч аналогичное увеличение диаметра приводит к уменьшению затрат на транспортировку патоки на $4,5 \cdot 10^4$ р. год.

Влияние диаметра трубопровода и массового расхода транспортируемой патоки на суммарные годовые затраты, вычисленные по формуле (10), показано на рисунке 6.

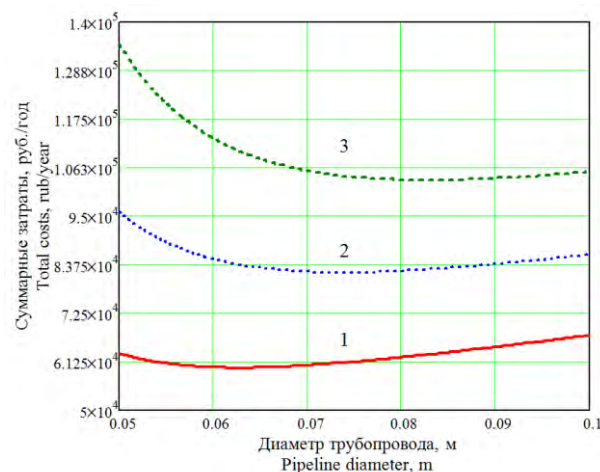


Рисунок 6. Влияние диаметра трубопровода на суммарные годовые затраты при транспортировании патоки в количестве: 1 – 100 кг/ч; 2 – 150 кг/ч; 3 – 200 кг/ч

Figure 6. Influence of the pipeline diameter on the operating costs in the transporting of molasses in the amount of: 1 – 100 kg/h; 2 – 150 kg/h; 3 – 200 kg/h

Данные рисунка 6 свидетельствуют о существовании значения диаметра трубопровода (при постоянном значении массового расхода), при котором суммарные годовые затраты на создание и эксплуатацию технологического трубопровода достигают своего минимума. Оптимальные значения диаметра трубопровода и потерь давления для заданных массовых расходов патоки вычислены по формулам (17), (18) и представлены в таблица 3.

Таблица 3.

Технико-экономические показатели трубопровода оптимального диаметра

Table 3.

Technical and economic indices of the pipeline of optimal diameter

Массовый расход M , кг/ч Mass flow M , kg/h	Диаметр D^* , м Diameter D^* , m	Потери давления ΔP^* , Па Pressure loss ΔP^* , Pa	Капитальные затраты K , р./год Capital expenditures K , rubles/year	Эксплуатационные затраты $\mathcal{E}$, р./год Operational costs $\mathcal{E}$, rubles/year	Суммарные затраты F^* , р./год Total costs F^* , rubles/year
100	0,063	$1,27 \cdot 10^5$	$1,937 \cdot 10^4$	$4,055 \cdot 10^4$	$5,993 \cdot 10^4$
150	0,073	$1,242 \cdot 10^5$	$2,278 \cdot 10^4$	$5,926 \cdot 10^4$	$8,204 \cdot 10^4$
200	0,083	$1,222 \cdot 10^5$	$2,556 \cdot 10^4$	$7,781 \cdot 10^4$	$1,034 \cdot 10^5$

Эффективность оптимизационных мероприятий ориентировочно оценим по показателю эффективности $K_{эф}$, %, который можно интерпретировать как "степень крутизны" зависимости $F = f(D, M)$ между двумя значениями суммарных затрат:

$$K_{эф} = \left| \frac{F^* - F^{\max}}{F^*} \right| 100 \quad (27)$$

где F^* – значение суммарных затрат при оптимальном значении диаметра трубопровода D^* и заданном значении массового расхода патоки M ; $F^{\max}$ – наибольшее значение суммарных затрат, соответствующее неоптимальному значению диаметра трубопровода при заданном значении массового расхода (таблица 4).

Таблица 4.

Эффективность оптимизационных мероприятий

Table 4.

Effectiveness of optimizing actions

Массовый расход M , кг/ч Mass flow M , kg/h	Оптимальные параметры Optimal parameters		Неоптимальные параметры Non-optimal parameters		Показатель эффективности $K_{эф}$, % Efficiency indicator $K_{эф}$, %
	Диаметр D^* , м Diameter D^* , m	Суммарные затраты F^* , руб./год Total costs F^* , rubles/year	Диаметр D , м Diameter D , m	Суммарные затраты F , руб./год Total costs F , rubles/year	
100	0,063	$5,993 \cdot 10^4$	0,1	$6,690 \cdot 10^4$	11,63
150	0,073	$8,204 \cdot 10^4$	0,05	$9,515 \cdot 10^4$	15,98
200	0,083	$1,034 \cdot 10^5$	0,05	$1,344 \cdot 10^5$	29,98

Анализ формулы (27) и результатов вычислительного эксперимента позволяет сделать вывод о целесообразности и эффективности мероприятий, направленных на оптимизацию технологического трубопровода: поиск оптимального проектного решения при данных условиях тем целесообразнее, чем больше значение показателя эффективности $K_{эф}$ и наоборот.

Так, создание установки для транспортирования патоки в количестве 100 кг/ч с оптимальным диаметром трубопровода $D^* = 0,063$ м и ее эксплуатация в течение календарного года при односменном режиме работы обеспечит снижение суммарных годовых затрат на $0,697 \cdot 10^4$ руб./год. Эффективность оптимизационных мероприятий при этом составит $K_{эф} = 11,63\%$. Создание установки с оптимальным диаметром трубопровода $D^* = 0,083$ м для транспортирования 200 кг/ч патоки и ее эксплуатация при тех же временных режимах позволяет сэкономить $3,1 \cdot 10^4$ руб./год с эффективностью оптимизационных мероприятий при этом $K_{эф} = 29,98\%$.

Таким образом, экономически целесообразными и эффективными являются проектные решения по созданию высокопроизводительных гидравлических установок, эксплуатирующихся длительное время в течение календарного года. Создание малопроизводительных установок и их непродолжительная эксплуатация возможны без учета оптимальных параметров технологического трубопровода в виду низкой эффективности и экономической целесообразности.

Рассмотренная методика оптимизации технологических трубопроводов по технико-экономическим показателям, при необходимости, может быть дополнена проверочными расчетами трубопровода и его элементов на прочность, выносливость и вибрацию по соответствующим нормативным документам.

Заключение

1. Предложены расчетные соотношения для определения оптимального диаметра технологического трубопровода из условия минимизации суммарных годовых затрат на его создание и эксплуатацию с учетом текущих цен и тарифов на трубопровод и электроэнергию, трассировки трубопровода, условий его работы, а также свойств транспортируемой среды.

2. Проведены вычислительные эксперименты по оценке влияния диаметра трубопровода на технико-экономические показатели установки для транспортирования патоки с постоянным массовым расходом. Установлено, что увеличение диаметра трубопровода приводит к снижению эксплуатационных затрат на транспортирование патоки при одновременном увеличении капитальных затрат на создание трубопроводной системы. Найдено оптимальное значение диаметра трубопровода, обеспечивающее минимум суммарных годовых затрат на создание и эксплуатацию гидравлической установки для транспортирования патоки.

3. Проведены вычислительные эксперименты по оценке влияния массового расхода перекачиваемой патоки на технико-экономические показатели и оптимальные параметры трубопровода для перекачивания патоки. Установлено, что увеличение массового расхода перекачиваемой патоки приводит к повышению суммарных годовых затрат на создание и эксплуатацию трубопроводной системы. При этом значение

оптимального диаметра трубопровода возрастает, а потери давления в гидравлической установке незначительно снижаются.

4. Для приближенной оценки эффективности оптимизационных мероприятий предложен критерий, позволяющий сопоставить суммарные годовые затраты на создание и эксплуатацию технологических трубопроводов с оптимальными и отличными от них параметрами.

Литература

- 1 Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Проектирование и расчет оптимальных систем технологических трубопроводов. М.: Химия. 1991. 368 с.
- 2 Остриков А.Н. Процессы и аппараты пищевых производств. СПб.: Гиорд, 2012. 616 с.
- 3 Mikhalev M.A. Hydraulic calculation of pressure pipes // Magazine of Civil Engineering. 2012. V. 32. № 6. P. 20–28. doi: 10.5862/MCE.32.3
- 4 Арет В.А., Николаев Б.Л., Николаев Л.К. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции. СПб.: Гиорд, 2009. 448 с.
- 5 Косой В.Д., Виноградов Я.И., Малышев А.Д. Инженерная реология биотехнологических сред. СПб.: ГИОРД, 2005. 648 с.
- 6 Кутепов А.М., Мешалкин В.П., Панов М.Я., Квасов И.С. Математическое моделирование потокораспределения в транспортных гидравлических системах с переменной структурой // Доклады РАН. 1996. Т. 350. № 5. С. 653–654.
- 7 Новицкий Н.Н., Михайловский Е.А. Объектно-ориентированное моделирование гидравлических цепей // Вестник ИРГТУ. 2012. № 7. С. 170–176.
- 8 Новицкий Н.Н., Сеннова Е.В., Сухарев М.Г. и др. Гидравлические цепи. Развитие теории и приложения. Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 2000. 273 с.
- 9 Новицкий Н.Н., Сухарев М.Г., Тевяшев А.Д. и др. Трубопроводные системы энергетики: методические и прикладные проблемы математического моделирования. Новосибирск: Наука, 2015. 475 с.
- 10 Селезнев В.Е., Алешин В.В., Прялов С.Н. Математическое моделирование трубопроводных сетей и систем каналов: методы, модели и алгоритмы. Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2014. 694 с.
- 11 Мошев Е.Р., Белов В.Д. Системный анализ жизненного цикла трубопроводов нефтехимических предприятий как объекта компьютерного моделирования // Вестник ПНИПУ Химическая технология и биотехнология 2017. № 4. С. 152–168.
- 12 Колесников С.В., Кудинов И.В., Еремин А.В., Бранфилева А.Н. Использование компьютерных моделей для проектирования сложных трубопроводных систем // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2014. № 5. С. 72–83.
- 13 Василенко А.И., Федосенко А.А. Техничко-экономическая оптимизация воздухопроводов // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/nly2018/4674
- 14 Hlebnikov A., Siirde A., Paist A. Basics of optimal design of district heating pipelines diameters and design examples of Estonian old non-optimised district heating networks // Doctoral school of energy-and geotechnology. 2007. P. 15–20.
- 15 Гусев Ю.М., Гафаров Р.Р., Данилин О.Е. Оптимизация работы участка магистрального нефтепровода на основе генетического алгоритма // Вестник УГАТУ. Управление, ВТиИ. 2008. Т. 11 № 1 (28). С. 43–52.
- 16 Самарин О.Д. Техничко-экономическая оптимизация диаметров теплопроводов систем водяного отопления // Новости теплоснабжения. 2011. № 5. С. 42–44.
- 17 Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Часть 1 // АВОК. 2009. № 1. С. 10–16.
- 18 Савастияенок А.Я. Оптимизация трубопроводных инженерных сетей гидравлического расчета // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2006. № 4. С. 67–72.
- 19 Шабанов В.А., Бондаренко О.В. Целевые функции и критерии оптимизации перекачки нефти по нефтепроводам при частотно-регулируемом электроприводе магистальных насосов // Нефтегазовое дело. 2012. № 4 С. 10–17.
- 20 Евлахов С.К. Методические предпосылки исследования задач оптимального управления потоками в сети магистральных нефтепроводов // Нефть, газ и бизнес. 2007. № 1–2. С. 28–30.
- 21 Гольянов А.И., Михайлов А.В., Нечваль А.М., Гольянов А.А. Выбор рационального режима работы магистрального трубопровода // Транспорт и хранение нефтепродуктов. 1998. № 10. С. 16–18.

- 22 Зайцев А.В., Логвиненко А.В. Оптимизация Криогенного трубопровода // Омский научный вестник. Серия «Приборы, машины и технологии». 2014. № 3 (133) С. 164–168.
- 23 Зайцев А.В., Логвиненко Е.В. Решение задачи оптимизации криогенного трубопровода с помощью метода поиска Парето-оптимального решения // Вестник МАХ. 2015. № 2. С. 55–60.
- 24 Шаганов А.Ю. Оптимизация материалозатрат на воздухопроводы вентиляционных систем методом динамического программирования в системе электронных таблиц // Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2013. № 26. С. 128–136.
- 25 Селезнев В.Е., Алешин В.В., Клишин Г.С. Методы и технологии численного моделирования газопроводных систем. М: КомКнига, 2005. 327 с.
- 26 Chen H.J., Shiu H.R., Chen S.L. Process exhaust duct system design using dynamic programming methods // Journal of the Chinese Institute of Engineers. 2003. V. 26. № 2. P. 155–164.
- 27 Murat J., Smyk A., Laskowski R.M. Selecting optimal pipeline diameters for a district heating network comprising branches and rings, using graph theory and cost minimization // Journal of Power Technologies. 2018. V. 98. № 1. P. 30–44.
- 28 Иванов А.В., Синюков В.В., Рязских В.И., Хвостов А.А. и др. Постановка задачи оптимизации трубопроводных сетей средств наземного обслуживания общего применения // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий: сб. тр. X междунар. конф. «ПМТУКТ-2017». Воронеж: Научная книга, 2017. С. 180–183.
- 29 Муратова Е.И., Смолихина П.М. Реология кондитерских масс: монография. Тамбов: ТГТУ, 2013. 187 с.

References

- 1 Kafarov V.V., Meshalkin V.P. Design and calculation of optimal systems of technological pipelines. Moscow, Khimiya. 1991. 368 p. (in Russian).
- 2 Ostrikov A.N. Processes and apparatus of food production. St. Petersburg, Giord, 2012. 616 p. (in Russian).
- 3 Mikhalev M.A. Hydraulic calculation of pressure pipes. Magazine of Civil Engineering. 2012. vol. 32. no. 6. pp. 20–28. doi: 10.5862/MCE.32.3
- 4 Aret V., Nikolaev B.L., Nikolaev L.K. The Physical and mechanical properties of raw materials and finished products. St. Petersburg, Giord, 2009. 448 p. (in Russian).
- 5 Kosoy V.D., Vinogradov Ya.I., Malyshev A.D. Biotechnological environment engineering rheology. St. Petersburg, Giord, 2005. 648 p. (in Russian).
- 6 Kutepov A.M., Meshalkin V.P., Panov M.Ya., Kvasov I.S. Mathematical modeling of flow distribution in transport hydraulic systems with variable structure. Reports Russian Academy of Sciences. 1996. vol. 350. no. 5. pp. 653–654. (in Russian).
- 7 Novitsky N.N., Mikhailovsky E.A. Object-oriented modeling of hydraulic circuits. Bulletin OF IRGTU. 2012. no. 7. pp. 170–176. (in Russian).
- 8 Novitsky N.N., Sennova E.V., Sukharev M.G. et al. Hydraulic chains. Development of theory and application. Novosibirsk, Nauka, Siberian Publishing Company RAS, 2000. 273 p. (in Russian).
- 9 Novitsky N.N., Sukharev M.G., Tevyashev A.D. et al. Pipe-wiring power systems: Methodical and applied problems of mathematical modeling. Novosibirsk, Nauka, 2015. 475 p. (in Russian).
- 10 Seleznev V.E., Aleshin V.V., Dazyag S.N. Mathematical modeling of pipeline networks and channel systems: Methods, models and algorithms. Moscow, Berlin, Direkt-Media, 2014. 694 p. (in Russian).
- 11 Moshev E.R., Belov V.D. System analysis of the life cycle of pipelines of petrochemical enterprises as a object of computer modeling. Bulletin of the PNIPU Chemical Technology and Biotechnology. 2017. no. 4. pp. 152–168. (in Russian).
- 12 Kolesnikov S.V., Kudinov I.V., Eremin A.V., Branfileva A.N. Use of computer models for designing complex pipeline systems. Energy. News of higher educational institutions and energy associations of the CIS. 2014. no. 5. pp. 72–83. (in Russian).
- 13 Vasilenko A.I., Fedosenko A.A. Technical and economic optimization of air ducts. The Don Engineering Herald. 2018. no. 1. Available at: ivdon.ru/ru/magazine/archive/nly2018/4674 (in Russian).
- 14 Hlebnikov A., Siirde A., Paist A. Basics of optimal design of district heating pipelines diameters and design examples of Estonian old non-optimised district heating networks. Doctoral school of energy-and geotechnology. 2007. pp. 15–20.
- 15 Gusev Yu.M., Gafarov R.R., Danilin O.E. Optimization of the main oil pipeline site on the basis of genetic algorithm. Bulletin of the UGATU. Management, VTI. 2008. vol. 11. no. 1(28). pp. 43–52. (in Russian).
- 16 Samarin O.D. Technical and economic optimization of diameters of heat conductors of water heating systems. News of heat supply. 2011. no. 5. pp. 42–44. (in Russian).
- 17 Gagarin V.G. Methods of economic analysis of the increase in the level of heat protection of building enclosures. Part 1. AVOK. 2009. no. 1. pp. 10–16. (in Russian).
- 18 Savastienok A.Ya. Optimization of pipeline engineering networks of hydraulic calculation. Energy. News of higher educational institutions and energy associations of the CIS. 2006. no. 4. pp. 67–72. (in Russian).

- 19 Shabanov V.A., Bondarenko O.V. Target functions and criteria for optimization of oil transfer through oil pipelines with the private-regulated electric drive of the MMA pumps. Oil and Gas business. 2012. no. 4. pp. 10–17. (in Russian).
- 20 Yevlakhov S.K. Methodological prerequisites for the study of the tasks of optimal flow management in the network of main oil pipelines. Oil, gas and business. 2007. no. 1–2. pp. 28–30. (in Russian).
- 21 Golyanov A.I., Mikhailov A.V., Necchval A.M., Golyanov A.A. Selection of rational mode of operation of main pipeline. Transportation and renovation of oil products. 1998. no. 10. pp. 16–18. (in Russian).
- 22 Zaitsev A.V., Logvinenko A.V. Optimization Of Cryogenic pipeline. Omsk scientific bulletin. Instrumentation, machine and technology series. 2014. no. 3 (133). pp. 164–168. (in Russian).
- 23 Zaitsev A.V., Logvinenko E.V. Solution of the problem of optimization of the cryogenic pipeline using the search method of the Pareto-optimal solution. MAX Vestnik. 2015. no. 2. pp. 55–60. (in Russian).
- 24 Shaganov A.Yu Optimization of material costs for ventilation ducts by dynamic programming in the spreadsheet system. Bulletin of the State Technical University of the Azov. Series: Technical sciences. 2013. no. 26. pp. 128–136. (in Russian).
- 25 Seleznev V.E., Aleshin V.V., Klisin G.S. Methods and technologies for numerical simulation of gas pipeline systems. Moscow, KomKniga, 2005. 327 p. (in Russian).
- 26 Chen H.J., Shiu H.R., Chen S.L. Process exhaust duct system design using dynamic programming methods. Journal of the Chinese Institute of Engineers. 2003. vol. 26. no. 2. pp. 155–164.
- 27 Murat J., Smyk A., Laskowski R.M. Selecting optimal pipeline diameters for a district heating network comprising branches and rings, using graph theory and cost minimization. Journal of Power Technologies. 2018. vol. 98. no. 1. pp. 30–44.
- 28 Ivanov A.V., Sinyukov V.V., Ryazhskikh V.I., Khvostov A.A. et al. Statement of the problem of optimization of pipeline networks of ground-based facilities for general use. Modern methods of applied mathematics, control theory and computer technology: collection of articles. tr X int. conf. "PMTUKT 2017". Voronezh, Nauchnaya kniga, 2017. pp. 180–183. (in Russian).
- 29 Muratova E.I., Suchitolihina P.M. Rheology of confectionery masses: monograph. Tambov, TGTU, 2013. 187 p. (in Russian).

Сведения об авторах

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

<https://orcid.org/0000-0002-3836-9404>

Магомед Г. Магомедов д.т.н., доцент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, д. 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mmg@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2494-4973>

Алексей А. Журавлев к.т.н., доцент, кафедра 206 математики, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул Старых Большевиков, 54 А, г. Воронеж, 394064, Россия, zhuraa1@rambler.ru

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

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

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

Олег А. Семенihin к.т.н., доцент, кафедра прикладной математики и механики, Воронежский государственный технический университет, Московский пр-т, 14, г. Воронеж, 394026, Россия, semenihin72@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2611-0297>

Information about authors

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

<https://orcid.org/0000-0002-3836-9404>

Magomed G. Magomedov Dr. Sci. (Engin.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologie, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mmg@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2494-4973>

Alexei A. Zhuravlev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, 206 department of mathematics, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh), Saryh Bolshevikov street, 54 A Voronezh, 394064, Russia, zhuraa1@rambler.ru

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

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

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

Oleg A. Semenikhin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of applied mathematics and mechanics, Voronezh State Technical University, , Moscow Av., 14 Voronezh, 394026, Russia, semenihin72@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2611-0297>

Анатолий А. Никитченко к.т.н., доцент, кафедра изыскания и проектирования аэродромов, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул Старых Большевиков, 54 А, г. Воронеж, 394064, Россия, nik.to77@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0039-1449>

Anatoly A. Nikitchenko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of pioneering and design of airfields, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh), Staryh Bolshevikov street, 54 A Voronezh, 394064, Russia, nik.to77@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0039-1449>

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 03/02/2020	После редакции 12/02/2020	Принята в печать 21/02/2020
Received 03/02/2020	Accepted in revised 12/02/2020	Accepted 21/02/2020

Оптимизация процесса смешения жидкофазных гетерогенных продуктов на основе многофакторного статистического анализа

Александр Б. Емельянов	¹	okipr-mip@mail.ru	 0000-0002-8428-4279
Максим В. Копылов	¹	kopylov-maks@yandex.ru	 0000-0003-2678-2613
Дмитрий А. Казарцев	²	kda_79@mail.ru	 0000-0001-6597-2327
Михаил К. Абрамян	¹	abramyan-mikhail@mail.ru	
Максим В. Нечаев	³	m.v.n.@mail.ru	

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

² Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, Москва, 109004, Россия

³ «Старт», пр-т Труда, 91, оф. 211, г. Воронеж, 394026, Россия,

Аннотация. Основной задачей экспериментального исследования всех процессов является анализ, изучение и обобщение всех имеющихся результатов. В соответствии с идеей шагового поиска эксперимент проводился в несколько этапов. Число этапов и действия на каждом из них зависели от результатов предыдущего этапа и конечной цели исследований. Конечной целью исследования является определение оптимальных условий протекания процесса перемешивания жидких агрегатов получения однородной структуры. Исследования процесса перемешивания были проведены на экспериментальной установке, созданной на кафедре. Для обработки экспериментальных исследований был применен программный комплекс STATISTICA 12. Для получения уравнения регрессии матричные данные были обработаны при помощи программного комплекса Microsoft Excel 2010. Для оптимизации процесса, величины выходных параметров преобразованы в безразмерную шкалу желательности d . Установлено, что функция желательности D , характеризующая адекватность полученных значений, имеет экстремум в опыте 12 и составляет 0,733666. Основываясь на полученных данных оптимальными следует считать следующие параметры при перемешивании жидких агрегатов: окружная скорость вала мешалки в пределах 4 м/с, при этом время перемешивания составляет 8 с, а концентрация хладагента 20%.

Ключевые слова: моделирование, функция желательности, перемешивание, жидкие агрегаты, хладагент

Optimization of the process of mixing liquid-phase heterogeneous products by mathematical modeling

Alexander B. Emelyanov	¹	okipr-mip@mail.ru	 0000-0002-8428-4279
Maxim V. Kopylov	¹	kopylov-maks@yandex.ru	 0000-0003-2678-2613
Dmitry A. Kazartsev	²	kda_79@mail.ru	 0000-0001-6597-2327
Mikhail K. Abrahamyan	¹	abramyan-mikhail@mail.ru	
Maxim V. Nechaev	³	m.v.n.@mail.ru	

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

² Moscow State University of Technologies and Management, 73 Zemlyanoy Val street, Moscow, 109004, Russia

³ Start, Prospect of Labor, Voronezh, 394026, Russia

Abstract. The main objective of the experimental study of all processes is the analysis, study and generalization of all available results. In accordance with the idea of a step search, the experiment was carried out in several stages. The number of stages and actions at each of them depended on the results of the previous stage and the ultimate goal of research. The ultimate goal of the study is to determine the optimal conditions for the process of mixing the liquid aggregates to obtain a homogeneous structure. Studies of the mixing process were carried out on an experimental setup created at the department. To process experimental studies, the STATISTICA 12 software package was used. To obtain the regression equation, the matrix data were processed using the Microsoft Excel 2010 software package. To optimize the process, the output parameters were converted to a dimensionless scale of desirability d . It was established that the desirability function D , which characterizes the adequacy of the obtained values, has an extremum in experiment 12 and is 0.733666. Based on the obtained data, the following parameters should be considered optimal when mixing liquid aggregates: the peripheral speed of the mixer shaft is within 4 m/s, while the mixing time is 8 s and the refrigerant concentration is 20%.

Keywords: modeling, desirability function, mixing, liquid aggregates, refrigerant

Введение

Основной задачей экспериментального исследования всех процессов является анализ, изучение и обобщение всех имеющихся результатов. Полученные данные могут охватывать либо малый диапазон значений, или обширный,

на которых строятся первые этапы моделирования. В ходе выполнения поставленной задачи, предварительно составляется весь список имеющихся факторов, из которых необходимо исключить малозначимые факторы, но при этом нельзя пропускать особо значимые

Для цитирования

Емельянов А.Б., Копылов М.В., Казарцев Д.А., Абрамян М.К., Нечаев М.В. Оптимизация процесса смешения жидкофазных гетерогенных продуктов на основе многофакторного статистического анализа // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 47–52. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-47-52

For citation

Emelyanov A.B., Kopylov M.V., Kazartsev D.A., Abrahamyan M.K., Nechaev M.V. Optimization of the process of mixing liquid-phase heterogeneous products by mathematical modeling. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 47–52. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-47-52

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

факторы. На основе вышесказанного завершается предварительная подготовка к экспериментальной части.

Материалы и методы

В соответствии с идеей шагового поиска эксперимент проводился в несколько этапов. Число этапов и действия на каждом из них зависели от результатов предыдущего этапа и конечной цели исследований. Конечной целью исследования является определение оптимальных условий протекания процесса (рисунок 1).

В качестве основных факторов были выбраны: X1 – окружная скорость вала мешалки, м/с (1–7); X2 – время смешения, с (2–8); X3 – концентрация хладагента, % (5–35). Выбранные факторы совместимы и не коррелируемы между собой.

В таблице 1 представлены данные для определения условий опыта. Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 2. Общее число опытов N = 18, число опытов в центре плана N0 = 6, число факторов k = 3, плечо «звездной» точки r = 1,682.

В качестве функции отклика выбрано Y1 – размер жидких агрегатов, мм (1–6).

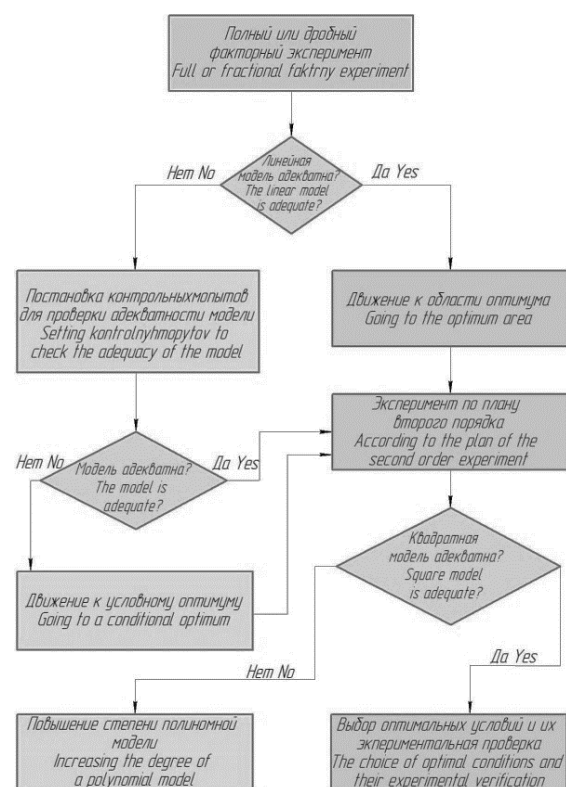


Рисунок 1. Структурная схема экспериментальных исследований с целью оптимизации процесса перемешивания

Figure 1. Block diagram of experimental studies to optimize the mixing process

Таблица 1. Данные для определения условий опыта

Table 1.

Data for determining the conditions of the experiment

Условия планирования Planning Conditions	Пределы изменения факторов Limits of change of factors		
	X ₁	X ₂	X ₃
Нулевой уровень (0) Zero Level (0)	4	5	20
Интервал варьирования Range of variation	2,658	3,568	17,836
Верхний уровень (+1) Upper Level (+1)	4,784	6,784	28,918
Нижний уровень (-1) Lower level (-1)	2,216	3,216	11,082
Верхняя «звездная» точка (+1,682) Top “star” point (+1.682)	7	8	35
Нижняя «звездная» точка (-1,682) Lower “star” point (-1.682)	1	2	5

Экспериментальные исследования проводились на установке, представленной на рисунке 2.



Рисунок 2. Установка для проведения экспериментальных исследований

Figure 2. Installation for experimental research

Для обработки экспериментальных исследований был применен программный комплекс STATISTICA 12.

Для получения уравнения регрессии матричные данные были обработаны при помощи программного комплекса Microsoft Excel 2010.

Уравнение регрессии в физических переменных имеет вид:

$$\text{Var}_1 = -0,322866 - 0,820732 X_1 + 0,949876 X_2 + 0,425811 X_3 + 0,0891186 X_1^2 - 0,0237339 X_1 X_2 + 0,00824515 X_1 X_3 - 0,11633 X_2^2 + 0,0157137 X_2 X_3 - 0,00754096 X_3^2$$

Таблица 2.

Матрица планирования и результаты экспериментальных исследований процесса перемешивания

Table 2.

Planning matrix and the results of experimental studies of the mixing process

№	Область факторного пространства The domain of the quotient space						Выходные параметры Output parameters	
	Кодированные Coded			Физические Physical			Экспериментальные Experimental	Расчётные Calculated
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	Размер жидких агрегатов, мм Size of liquid aggregates, mm	Размер жидких агрегатов, мм Size of liquid aggregates, mm
1	-1	-1	-1	2,216	3,216	11,082	3	3,414
2	-1	-1	1	2,216	3,216	28,918	4,2	5,053
3	-1	1	-1	2,216	6,784	11,082	1,3	1,843
4	-1	1	1	2,216	6,784	28,918	2,1	2,482
5	1	-1	-1	4,784	3,216	11,082	2,5	2,947
6	1	-1	1	4,784	3,216	28,918	4,5	4,964
7	1	1	-1	4,784	6,784	11,082	1,4	1,159
8	1	1	1	4,784	6,784	28,918	1,8	2,176
9	-1,682	0	0	1	5	20	5,7	4,761
10	1,682	0	0	7	5	20	4,3	4,392
11	0	-1,682	0	4	2	20	5,5	4,596
12	0	1,682	0	4	8	20	1,1	0,860
13	0	0	-1,682	4	5	5	1,2	0,899
14	0	0	1,682	4	5	35	4,1	3,257
15	0	0	0	4	5	20	3,8	3,775
16	0	0	0	4	5	20	3,8	3,775
17	0	0	0	4	5	20	3,8	3,775
18	0	0	0	4	5	20	3,8	3,775

$$L, \text{ мм} = 7,6853 + 0,0188 \cdot x - 1,3999 \cdot y - 0,0784 \cdot x^2 + 0,0247 \cdot x \cdot y + 0,1521 \cdot y^2$$

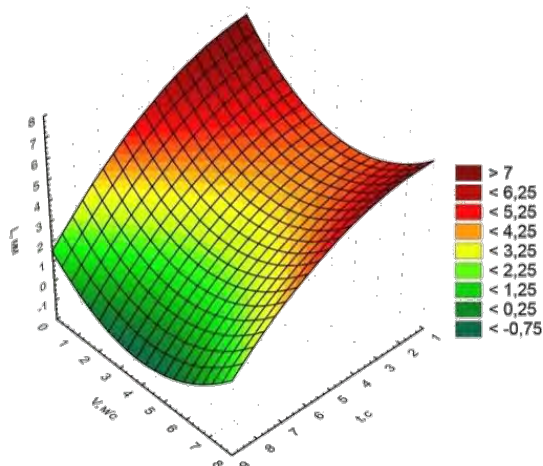


Рисунок 3. Зависимость размера жидких агрегатов от окружной скорости вала мешалки и времени перемешивания

Figure 3. The dependence of the size of liquid aggregates on the peripheral speed of the shaft of the mixer and the mixing time

$$L, \text{ мм} = 3,4811 - 1,5388 \cdot x + 0,2342 \cdot y + 0,1354 \cdot x^2 + 0,0191 \cdot x \cdot y - 0,0059 \cdot y^2$$

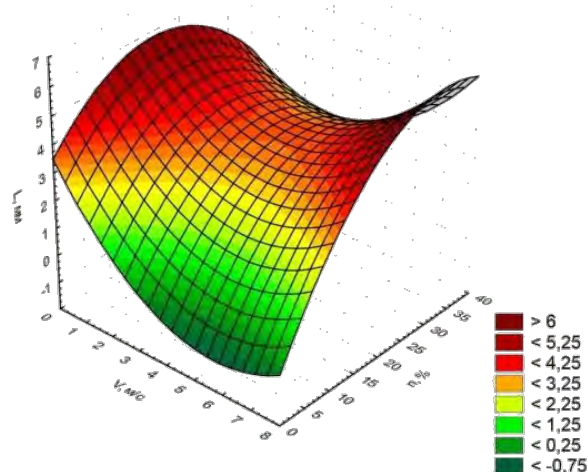


Рисунок 4. Зависимость размера жидких агрегатов от окружной скорости вала мешалки и концентрации хладагента

Figure 4. The dependence of the size of liquid aggregates on the peripheral speed of the mixer shaft and the concentration of refrigerant

$$L, \text{ мм} = -1,6885 + 0,4358 \cdot x + 0,9692 \cdot y - 0,0081 \cdot x^2 - 0,0086 \cdot x \cdot y - 0,1472 \cdot y^2$$

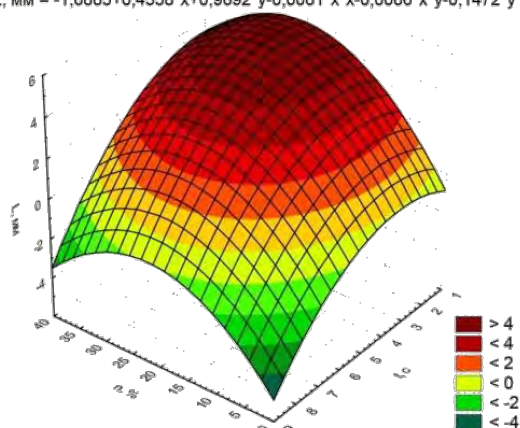


Рисунок 5. Зависимость размера жидких агрегатов от времени перемешивания и концентрации хладагента

Figure 5. The dependence of the size of liquid aggregates on the mixing time and the concentration of refrigerant

Результаты и обсуждение

Из рисунков 3–5 видно, что для того чтобы обеспечить требуемый размер жидких агрегатов необходимо установить окружную скорость вала мешалки в пределах 3–5 м/с, при этом время смешения составляет 7–8 с, а концентрация хладагента 17–23%.

Учитывая, что все исследуемые факторы однозначно влияют на величину жидких агрегатов, было проведено исследование по определению оптимальных условий процесса (методом Харрингтона) [8–10].

Для оптимизации процесса величины выходных параметров преобразованы в безразмерную шкалу желательности d (d_1 – выход готового продукта).

Для оценки полученных расчетных данных воспользуемся количественным, универсальным показателем качества – обобщенной функцией желательности D . По максимальному значению, которого можно определить оптимальные параметры процесса.

Согласно формуле:

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ik} x_i x_k + \sum b_{ii} x_i^2 \quad (1)$$

где b_0 – свободный член уравнения, который представляет среднюю величину отклика при условии, что исследуемые факторы располагаются на средних, «нулевых» уровнях; i, k – индексы факторов; b_i – коэффициенты при линейных членах; b_{ik} – коэффициенты двухфакторных взаимодействий, которые показывают изменение степени влияния одного фактора на величину изменения другого; b_{ii} – коэффициенты квадратичных эффектов, которые показывают нелинейность выходного параметра от рассматриваемых факторов.

Система уравнений для определения b_0 и b_1 для величины жидких агрегатов примет вид:

$$\begin{aligned} 1,51 &= b_0 + 0,86b_1; \\ -0,46 &= b_0 + 5,053b_1, \end{aligned}$$

где 0,86 – лучшее значение для Y_1 (%); 5,053 – худшее значение для Y_1 (%).

Отсюда $b_0 = -0,47$ и $b_1 = 1,91$.

В рассматриваемом случае данное уравнение можно ограничить выходными параметрами следующего вида $Y \leq Y_{\max}$ или $Y \geq Y_{\min}$. Предпочтительной формой преобразования Y в d служит экспоненциальная зависимость:

$$d = \exp[-\exp(-Y')], \quad (2)$$

где $Y' = b_0 + b_1 Y$.

Частные функции имеют следующий вид:

$$d_1 = \exp[-\exp(0,47 - 1,91Y_1)]. \quad (3)$$

Значения частных функций желательности для всех точек плана, определенные по этим формулам, приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Значения частных функций и обобщенной функции желательности каждого опыта

Table 3.

Values of particular functions and the generalized desirability function of each experience

№	X_1	X_2	X_3	D
1	-1	-1	-1	0,997645
2	-1	-1	1	0,999897
3	-1	1	-1	0,953769
4	-1	1	1	0,986137
5	1	-1	-1	0,994264
6	1	-1	1	0,999878
7	1	1	-1	0,839490
8	1	1	1	0,975228
9	-1,682	0	0	0,999820
10	1,682	0	0	0,999636
11	0	-1,682	0	0,999753
12	0	1,682	0	0,733666
13	0	0	-1,682	0,750317
14	0	0	1,682	0,996823
15	0	0	0	0,998818
16	0	0	0	0,998818
17	0	0	0	0,998818
18	0	0	0	0,998818

Наглядное представление значений обобщенной функции желательности представлено на рисунке 6.

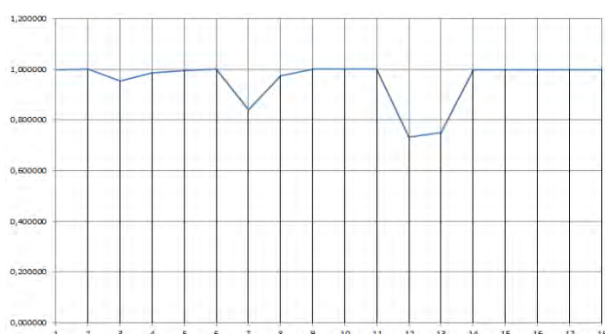


Рисунок 6. Обобщенная функция желательности (D)

Figure 6. Generalized desirability function (D)

Заключение

В ходе проведенных исследований можно сделать вывод, что функция желательности D , характеризующая адекватность полученных значений имеет экстремум в опыте 12 и равно 0,733666. В основании данного результата оптимальными следует считать параметры: окружная скорость вала мешалки в пределах 4 м/с, при этом время перемешивания составляет 8 с, а концентрация хладагента 20%.

Литература

- 1 Копылов М.В., Татаренков Е.А., Ткачев О.А., Горбатова А.В. Оптимизация процесса отжима растительного масла методом математического моделирования // Вестник ВГУИТ. 2017. № 1. С. 28–33.
- 2 Остриков А.Н., Слюсарев М.И., Горбатова А.В., Шендрик Т.А. Диффузионная модель перемешивания сливочно-растительных спредов // Вестник ВГУИТ. 2015. № 3. С. 7–12.
- 3 Rodrigues J. et al. Modeling and optimization of laboratory-scale conditioning of *Jatropha curcas* L. seeds for oil expression // Industrial Crops and Products. 2016. V. 83. P. 614–619.
- 4 Mateyev Y.Z., Shalginbaev D.B., Mateyeva S.Z., Kopylov M.V. et al. Mathematical modeling of the extracting process of vegetable oil on auger equipment // EurAsian Journal of BioSciences 13. 2019. P. 1875–1880.
- 5 Фролова Л.Н., Василенко В.Н., Копылов М.В., Дерканосова А.А. и др. Оптимизация параметров процесса получения биотоплива методами математического моделирования // Вестник международной академии холода. 2015. № 3. С. 63–67.
- 6 Янчуковская, Е.В. Математическое моделирование химического реактора идеального перемешивания // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2014. № 6 (11). С. 74–80.
- 7 Петров В.Н., Фафурин В.А., Мухаметшина Г.Ф., Малышев С.Л. Математическое моделирование процесса циркуляционного перемешивания двухкомпонентной жидкой фазы // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 15. С. 123–126.
- 8 Shahi S., Ghasemi N., Rahimi S., Yavari H. et al. The Effect of Different Mixing Methods on Working Time, Setting Time, Dimensional Changes and Film Thickness of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium-Enriched Mixture // Iranian endodontic journal. 2015. V. 10. № 4. P. 248.
- 9 Basturk F.B., Nekoofar M.H., Günday M., Dummer P. M. The effect of various mixing and placement techniques on the compressive strength of mineral trioxide aggregate // Journal of endodontics. 2013. V. 39. № 1. P. 111–114.
- 10 Sarli G.O., Filgueira R.R., Giménez D. Measurement of soil aggregate density by volume displacement in two non-mixing liquids // Soil Science Society of America Journal. 2001. V. 65. № 5. P. 1400–1403.

References

- 1 Kopylov M.V., Tatarenkov E.A., Tkachev O.A., Gorbatova A.V. Optimization of the process of extraction of vegetable oil by the method of mathematical modeling. Proceedings of VSUET. 2017. no. 1. pp. 28–33. (in Russian).
- 2 Ostrikov A.N., Slyusarev M.I., Gorbatova A.V., Shendrik T.A. Diffusion model of mixing creamy-vegetable spreads. Proceeding of VSUET. 2015. no. 3. pp. 7–12. (in Russian).
- 3 Rodrigues J. et al. Modeling and optimization of laboratory-scale conditioning of *Jatropha curcas* L. seeds for oil expression. Industrial Crops and Products. 2016. vol. 83. pp. 614–619.
- 4 Mateyev Y.Z., Shalginbaev D.B., Mateyeva S.Z., Kopylov M.V. et al. Mathematical modeling of the extracting process of vegetable oil on auger equipment. EurAsian Journal of BioSciences 13. 2019. pp. 1875–1880.
- 5 Frolova L.N., Vasilenko V.N., Kopylov M.V., Derkanosova A.A. et al. Optimization of parameters of the process of obtaining biofuels by methods of mathematical modeling. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2015. no. 3. pp. 63–67. (in Russian).
- 6 Yanchukovskaya E.V. Mathematical modeling of a chemical reactor of ideal mixing. University proceedings. Applied Chemistry and Biotechnology. 2014. no. 6 (11). pp. 74–80. (in Russian).
- 7 Petrov V.N., Fafurin V.A., Mukhametshina G.F., Malyshev S.L. Mathematical modeling of the process of circulating mixing of a two-component liquid phase. Bulletin of the Technological University. 2017. vol. 20. no. 15. pp. 123–126. (in Russian).
- 8 Shahi S., Ghasemi N., Rahimi S., Yavari H. et al. The Effect of Different Mixing Methods on Working Time, Setting Time, Dimensional Changes and Film Thickness of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium-Enriched Mixture. Iranian endodontic journal. 2015. vol. 10. no. 4. pp. 248.
- 9 Basturk F.B., Nekoofar M.H., Günday M., Dummer P.M. The effect of various mixing and placement techniques on the compressive strength of mineral trioxide aggregate. Journal of endodontics. 2013. vol. 39. no. 1. pp. 111–114.
- 10 Sarli G.O., Filgueira R.R., Giménez D. Measurement of soil aggregate density by volume displacement in two non-mixing liquids. Soil Science Society of America Journal. 2001. vol. 65. no. 5. pp. 1400–1403.

Сведения об авторах

Александр Б. Емельянов к.т.н., доцент, кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, okipr-mip@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8428-4279>

Максим В. Копылов к.т.н., доцент, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kopylov-maks@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2678-2613>

Дмитрий А. Казарцев к.т.н., доцент, кафедра технологии броидильных производств и виноделия им. 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>

Михаил К. Абрамян магистр, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, abramyan-mikhail@mail.ru

Максим В. Нечаев доцент, директор, Старт, пр-т Труда, 91, оф. 211, г. Воронеж, 394026, m.v.n.@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

Alexander B. Emelyanov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, compound technologies, polymer processing and technosphere safety department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, okipr-mip@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8428-4279>

Maxim V. Kopylov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fat technology, processes and devices of chemical and food industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kopylov-maks@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2678-2613>

Dmitry A. Kazartsev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of fermentation and winemaking named after G.G. Agabalian, 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>

Mikhail K. Abrahamyan master student, compound technologies, polymer processing and technosphere safety department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, abramyan-mikhail@mail.ru

Maxim V. Nechaev associate professor, director, Start, Prospect Truda, 91, of. 211, Voronezh, Russia, m.v.n.@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 06/02/2020	После редакции 17/02/2020	Принята в печать 25/02/2020
Received 06/02/2020	Accepted in revised 17/02/2020	Accepted 25/02/2020

Пищевая биотехнология

Food biotechnology

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-1-53-58>

Оригинальная статья/Research article

УДК 664.6/.7:665.334

Open Access

Available online at vestnik-vsuet.ru

Влияние дозировки кукурузного масла на показатели качества теста и хлебобулочного изделия с пророщенными семенами льна

Елена И. Пономарева ¹	elena6815@yandex.ru	 0000-00023-2310-2838
Надежда Н. Алехина ¹	nadinat@yandex.ru	 0000-0002-3317-9858
Юлия П. Губарева ¹	yuliya.gubareva@mail.ru	 0000-0003-2949-2048
Дарина А. Терещенко ²	dasha2005@yandex.ru	 0000-0002-4015-2485

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия² ООО "Домодедово кэтеринг", территория аэропорта "Домодедово", строение 2, г. Домодедово, Московская область, 142015, Россия

Аннотация. В настоящее время в технологии хлебобулочных изделий актуально заменять маргарин на растительное масло, которое богато витаминами, провитаминами, полиненасыщенными жирными кислотами, что позволит обогатить готовое изделие не только полезными веществами, но и выровнять соотношение омега-3 и омега-6, повысить пищевую ценность. Цель работы – определение рациональной дозировки кукурузного масла, а также соотношения линоленовой и линолевой жирных кислот в хлебобулочном изделии. Объектом изучения являлась булочка "Семейная" с пророщенными семенами льна (ТУ 9110-500-02068108-2018) с различной дозировкой кукурузного масла. В работе применяли общепринятые методы исследования свойств готовых изделий. Рациональную дозировку устанавливали путем изучения органолептических (форма, цвет, пропеченность, промес, пористость, вкус, запах), физико-химических (влажность, кислотность, формоустойчивость, удельный объем) и структурно-механических показателей (общая деформация, пластичность, упругость, относительная пластичность и упругость). Результатом исследования является разработка новой рецептуры булочки с пророщенными семенами льна с добавлением 4% кукурузного масла к массе муки. Добавление обогатителя способствовало увеличению удельного объема изделия на 14%, общей деформации – на 22 ед. прибора, пластичности – на 13 ед. прибора, упругости – на 9 ед. прибора. Соотношение омега-3 и омега-6 в булочке составило 1:2, что находится в пределах методических рекомендаций (ФГБНУ ФИЦ Питания и биотехнологии). По результатам исследований можно охарактеризовать булочку как сбалансированное изделие полиненасыщенными жирными кислотами, предназначенное для функционального питания, что позволит расширить ассортимент хлебобулочной продукции.

Ключевые слова: хлебобулочное изделие, кукурузное масло, пророщенные семена льна, омега-3, омега-6.

The influence of the dosage of corn oil on the quality indicators of the dough and products with germinated flax seeds

Elena I. Ponomareva ¹	elena6815@yandex.ru	 0000-00023-2310-2838
Nadezhda N. Alekhina ¹	nadinat@yandex.ru	 0000-0002-3317-9858
Julia P. Gubareva ¹	yuliya.gubareva@mail.ru	 0000-0003-2949-2048
Darina A. Tereshchenko ²	dasha2005@yandex.ru	 0000-0002-4015-2485

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia² LLC "Domodedovo Catering", territory of the airport Domodedovo, building 2, Domodedovo, Moscow Region, 142015, Russia

Abstract. Currently, in the technology of bakery products, it is important to replace margarine with vegetable oil, which is rich in vitamins, provitamins, polyunsaturated fatty acids, which will enrich the finished product not only with useful substances, but also equalize the ratio of omega-3 and omega-6, increase nutritional value. The purpose of the work is to determine the rational dosage of corn oil, as well as the ratio of linolenic and linoleic fatty acids in a bakery product. The object of study was a bun "Family" with germinated flax seeds (TU 9110-500-02068108-2018) with a different dosage of corn oil. In the work, generally accepted methods for studying the properties of finished products were used. The rational dosage was established by studying the organoleptic (shape, color, baking, promess, porosity, taste, smell), physicochemical (moisture, acidity, form stability, specific volume) and structural-mechanical indicators (general deformation, ductility, elasticity, relative ductility and elasticity). The result of the study is the development of a new bun recipe with sprouted flax seeds with the addition of 4% corn oil to the mass of flour. The addition of an enrichment agent contributed to an increase in the specific volume of the product by 14%, total deformation – by 22 units. instrument, plasticity – by 13 units. device, elasticity – by 9 units. device. The ratio of omega-3 and omega-6 in the bun was 1 : 2, which is within the guidelines (FGBNU FITS Nutrition and Biotechnology). According to the research results, the bun can be characterized as a balanced product with polyunsaturated fatty acids, intended for functional nutrition, which will expand the range of bakery products.

Keywords: bakery product, corn oil, germinated flax seeds, omega-3, omega-6.

Для цитирования

Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Губарева Ю.П., Терещенко Д.А. Влияние дозировки кукурузного масла на показатели качества теста и хлебобулочного изделия с пророщенными семенами льна // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 53–58. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-53-58

For citation

Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Gubareva Ju.P., Tereshchenko D.A. The influence of the dosage of corn oil on the quality indicators of the dough and products with germinated flax seeds. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 53–58. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-53-58

Введение

Хлебобулочные изделия занимают важное место в питании человека. Эти продукты входят в ежедневный рацион употребления людей и являются главным источником энергии и пищевых веществ. Придание им функциональных свойств в настоящее время происходит за счет обогащения натуральными компонентами [1–3].

В рецептуру хлебобулочных изделий, кроме основных ингредиентов, входят дополнительные, одним из них является жировой продукт. В хлебопекарной отрасли для массовых видов хлеба применяют в основном маргарин и растительное масло в дозировке от 1,5 до 8,0% к массе муки. Они являются технологически значимыми компонентами и необходимы для создания определенных структурно-механических свойств теста и готовых изделий [4].

В последнее время все чаще отдается предпочтение замене маргарина на растительные масла, так как в жирах твердой консистенции содержатся трансизомеры жирных кислот, которые плохо усваиваются в организме человека [5].

Полиненасыщенные жирные кислоты групп омега-3 и омега-6 в продуктах выполняют жизненно важные функции и входят в состав мембранных структур клеток. В соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения и ФГБУН "ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи" оптимальным соотношением омега-3:омега-6 в рационе здорового человека является от 1:1 до 1:10 [6].

В работе использовали кукурузное масло, которое богато витаминами E, B₁, B₂, PP, провитаминами A, что является основным фактором, определяющим его диетические свойства. В данном обогатителе содержатся полиненасыщенные жирные кислоты (омега-3 и омега-6 в соотношении 1:46), которые повышают сопротивляемость организма к инфекционным заболеваниям и способствуют выведению из организма избытка холестерина, оказывают спазмолитическое и противовоспалительное действие, улучшают работу мозга. Кроме кукурузного масла, в рецептуру булочки входили семена льна (омега-3: омега-6 в соотношении 3,9:1,0), пророщенные в оматоченной воде, которая была получена путем пропускания водопроводной воды через магнитно-трековый фильтр типа ФМТО (ТУ 3697–001–73201199–2014) [7–9].

Цель работы – определение рациональной дозировки кукурузного масла в производстве булочки "Семейная" с пророщенными семенами льна путем исследования органолептических, физико-химических и структурно-механических показателей качества теста и готового изделия, а также соотношения полиненасыщенных линоленовой и линолевой жирных кислот.

Материалы и методы

Тесто готовили безопарным способом из пшеничной хлебопекарной муки первого сорта по рецептуре булочки "Семейная" с пророщенными семенами льна (РЦ к ТУ 9110–500–02068108–2018) (контрольный образец). Кукурузное масло вносили в дозировке 3, 4 и 5% взамен маргарина.

Полуфабрикат замешивали в тестомесильной машине, далее направляли в термостат для брожения при температуре 30 °С. Выброженное тесто делили на куски, разделявали, формовали и отправляли на окончательную расстойку в расстойный шкаф при температуре 40 °С и относительной влажности воздуха 80–85% в течение 40 мин. После изделие выпекали и охлаждали.

В процессе брожения теста исследовали изменение титруемой кислотности (град) методом титрования, газоудерживающей способности (см³) – волюмометрическим методом и реологические свойства – по расплываемости шарика (мм). В готовых изделиях определяли органолептические (цвет, форму, пропеченность, промес, пористость, вкус, запах), физико-химические показатели (влажность (%) по ГОСТ 5670–96, кислотность (град) по ГОСТ 21094–75, формоустойчивость и удельный объем (см³/100 г) объемным методом) и структурно-механические (общая деформация сжатия мякиша (ед. прибора), пластичность мякиша (ед. прибора), упругость мякиша (ед. прибора), относительная пластичность и упругость (%) на автоматизированном пенетрометре АП-4/2) [10].

Результаты и обсуждение

Определено, что наибольшая газоудерживающая способность теста наблюдалась в образце с дозировкой обогатителя 4% (130 см³), наименьшая – в контроле (105 см³). Это объясняется тем, что в процессе брожения жировой продукт вступает во взаимодействие с белками клейковины и крахмалом муки (рисунок 1).

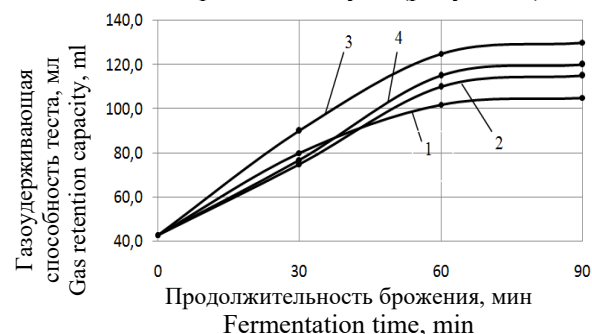


Рисунок 1. Изменение газоудерживающей способности теста в процессе брожения в зависимости от дозировки кукурузного масла, %: 1 – 0 (контроль); 2 – 3; 3 – 4; 4 – 5
Figure 1. Change in the gas retention capacity of the dough during fermentation, depending on the dosage of corn oil, %: 1 – 0 (control); 2 – 3; 3 – 4; 4 – 5

Выявлено, что при внесении обогатителя наблюдалось увеличение кислотности теста. Максимальным значением характеризовались образцы с дозировкой масла 4 и 5% (3,0 град), минимальным – контрольный образец (2,6 град). Это обусловлено дополнительным внесением высокого содержания полиненасыщенных жирных кислот, находящихся в обогатителе, которые способствуют кислотонакоплению в тесте.

Установлено, что внесение кукурузного масла в дозировке 5% способствовало увеличению

распываемости шарика (104 мм). Минимальное конечное значение наблюдалось в контрольном образце (98 мм) (таблица 1).

Анализ качества готовых изделий проводили через 3 ч после выпечки. Определили, что применение кукурузного масла способствовало улучшению органолептических, физико-химических и структурно-механических показателей изделий (таблица 2).

Таблица 1.

Значения титруемой кислотности и распываемости шарика теста в процессе его брожения

Table 1.

Values of titratable acidity and spreadability of a dough ball during its fermentation

Продолжительность брожения, мин Fermentation time, min	Значения показателей теста при дозировке кукурузного масла, % Values of test indicators for dosage of corn oil, %			
	0 (контроль control)	3	4	5
Титруемая кислотность теста, град Titratable test acidity, degrees				
0	2,0	2,2	2,4	2,4
30	2,2	2,6	2,6	2,8
60	2,4	2,8	2,6	2,8
90	2,6	2,8	3,0	3,0
Распываемость шарика, мм Ballfuzziness				
0	60	60	60	60
30	73	76	78	73
60	85	92	94	90
90	98	100	102	104

Таблица 2.

Влияние дозировки кукурузного масла на органолептические, физико-химические и структурно-механические показатели качества готового изделия

Table 2.

The effect of the dosage of corn oil on the organoleptic, physico-chemical and structural-mechanical indicators of the quality of the finished product

Наименование показателей The name of indicators	Значения показателей в готовых изделиях в зависимости от дозировки кукурузного масла, % Values in finished products, depending on the dosage of corn oil, %			
	0 (контроль control)	3	4	5
1	2	3	4	5
Органолептические Organoleptic				
Внешний вид: Appearance:				
форма the form	Правильная, соответствует форме, в которой производилась выпечка Correct, corresponds to the baking form in which the baking was made			
цвет Colour	Светло-коричневая с вкраплениями Light brown with blotches		Светло-коричневая с вкраплениями с желтоватым оттенком Light brown with a touch of yellowish tint	
Состояние мякиша: Crumb condition:				
пропеченность bakedness	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами принимает первоначальную форму Baked, not wet to the touch. Elastic, after light pressure with fingers takes its original shape		Пропеченный, не влажный на ощупь, менее эластичный Baked, not moist to the touch, less elastic	
промес prom	Без комочков и следов непромеса Without lumps and traces of unclean			
пористость porosity	Развитая, без пустот и уплотнений Developed, without voids and seals			
Вкус и запах Taste and smell	Приятный, свойственный данному виду изделия, без посторонних привкусов и запахов Pleasant, characteristic of this type of product, without extraneous smacks and odors			

Продолжение табл. 2 | Continuation of table 2 |

1	2	3	4	5
Физико-химические Physicochemical				
Влажность, % Humidity, %	38,0	38,0	38,0	38,0
Кислотность, град Acidity, degrees	2,4	2,4	2,6	2,6
Формоустойчивость Shape stability	1,42	1,34	1,36	1,37
Удельный объем, см ³ /100г Specific volume, cm ³ /100g	344	324	377	360
Структурно-механические Structural mechanical				
Общая деформация сжатия мякиша, ед. прибора The total deformation of the compression of the crumb, units of the device	75,0	66,0	88,0	81,0
Пластичность мякиша, ед. прибора The plasticity of the crumb, units of the device	49,0	43,0	56,0	54,0
Упругость мякиша, ед. прибора The elasticity of the crumb, units of the device	26,0	23,0	32,0	27,0
Относительная пластичность, % The relative plasticity, %	65,3	65,1	63,6	67,5
Относительная упругость, % The relative elasticity, %	34,7	34,8	36,4	33,7

Анализ результатов показал, что при добавлении кукурузного масла наблюдалась интенсификация цвета мякиша изделия. Он приобретал приятный желтоватый оттенок.

Все физико-химические показатели качества находились в пределах требований ТУ 9110–500–02068108–2018. Влажность образцов не изменялась при внесении обогатителя по сравнению с контрольным образцом, кислотность готовых изделий увеличивалась с ростом дозировки кукурузного масла. В контрольном образце наблюдали наибольшее значение формоустойчивости, в образце с дозировкой 3% – наименьшее, далее происходило увеличение показателя с повышением дозировки. Максимальным удельным объемом характеризовался образец с дозировкой 4% – 377 см³/100 г.

Заключение

Установлено, что наилучшими структурно-механическими свойствами мякиша обладал образец, приготовленный с дозировкой кукурузного масла 4%. В нем наблюдалось максимальное

значение общей деформации сжатия (88,0 ед. прибора), пластичности (56,0 ед. прибора) и упругости (32,0 ед. прибора). Это обусловлено внесением в полуфабрикат жирового продукта с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, которые под действием липоксигеназы муки превращаются в пероксидные соединения. При этом усиливается окисление в тесте сульфгидрильных групп белково-протеиназного комплекса муки [11, 12].

Расчетным путем определили, что соотношение полиненасыщенных жирных кислот омега-3:омега-6 в образцах было: в контроле – 1,0:0,25; с 3% кукурузного масла – 1,0:1,6; с 4% обогатителя – 1:2; с 5% – 1,0:2,4.

Полученные результаты доказывают перспективность расширения ассортимента хлебобулочных изделий за счет внесения кукурузного масла в дозировке 4%, так как полуфабрикат и готовое изделие характеризовались наилучшими показателями качества и соотношением омега-3:омега-6 – 1:2.

Литература

- 1 Магомедов Г.О., Зацепилина Н.П., Попов В.И. и др. Разработка рецептуры сбивного бездрожжевого хлеба в лечебном питании онкологических больных // Хлебопродукты. 2016. № 9. С. 52–54.
- 2 Боташева Х.Ю., Лукина С.И., Пономарева Е.И. и др. Влияние нетрадиционных видов сырья на технологические показатели теста и качество хлеба // Пищевая технология. 2016. № 4. С. 21–24.
- 3 Костюченко М.Н., Тюрина О.Е., Тюрина И.А. и др. Формирование рецептурного состава хлебопекарных композитных смесей для здорового питания // Хлебопечение России. 2018. № 3. С. 20–23.

- 4 Мажулина И.В., Тертычная Т.Н., Андрианов Е.А. разработка рецептуры кекса функционального назначения с продуктами переработки боярышника и льна // Хлебопродукты. 2018. № 5. С. 45–47.
- 5 Фролова Л.Н., Василенко В.Н., Шевцов А.А. и др. Стабилизация качества семян льна для использования их в хлебопечении // Хлебопродукты. 2018. № 7. С. 47–49.
- 6 Афанасьева В.А., Алферов С.В. Определение соотношения полиненасыщенных жирных кислот в пищевых маслах // Естественные науки. 2018. № 4. С. 76–83.
- 7 Невский А.А., Дремучева Г.Ф., Косован А.П. Влияние растительных масел нетрадиционных видов на качество и жирнокислотный состав хлеба из пшеничной муки // Хлебопечение России. 2016. № 3. С. 21–24.
- 8 Тертычная Т.Н., Агибалова В.С., Мажулина И.В. Использование перспективных добавок растительного происхождения для повышенной биологической ценности хлеба // Хлебопродукты. 2016. № 10. С. 54–55.
- 9 Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Губарева Ю.П. и др. Обоснование применения омагниченной воды в производстве хлебобулочных изделий // Сборник материалов Международной научно-практической молодежной конференции, посвященной памяти Р.Д. Поландовой. Москва: ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности». 2019. С. 265–269.
- 10 Kiczorowska B., Samolinska W., Kiczorowski P., Antoszkiewicz Z. et al. Comparative analysis of selected bioactive components (fatty acids, tocopherols, xanthophyll, lycopene, phenols) and basic nutrients in raw and thermally processed camelia, sunflower, and flax seeds // J Food Sci Technol. 2019. № 9. P. 4296–4310.
- 11 Cadina G., Mironeasa S. Use of response surface methodology to investigate the effects of brown and golden flax seed on wheat flour dough microstructure and rheological properties // J Food Sci Technol. 2016. № 12. P. 4149–4158.
- 12 Заикин В.П., Рябова И.В. Исследование баланса ресурсов и использования зерна // Вестник НГИЭИ. 2017. № 9 (76). С. 88–102.

References

- 1 Magomedov G.O., Zatsopilina N.P., Popov V.I. et al. Development of a formula for whipped yeast-free bread in the clinical nutrition of cancer patients. Bread Products. 2016. no. 9. pp. 52–54. (in Russian).
- 2 Botasheva Kh.Yu., Lukina S.I., Ponomareva E.I. et al. The influence of non-traditional types of raw materials on the technological parameters of the test and the quality of bread. Food Technology. 2016. no. 4. pp. 21–24. (in Russian).
- 3 Kostyuchenko M.N., Tyurina O.E., Tyurina I.A. et al. Formation of the recipe composition of baking composite mixtures for a healthy diet. Bakery in Russia. 2018. no. 3. pp. 20–23. (in Russian).
- 4 Mazhulina I.V., Tertychnaya T.N., Andrianov E.A. Formulation of a functional purpose cake with processing products of hawthorn and flax. Bread products. 2018. no. 5. pp. 45–47. (in Russian).
- 5 Frolova L.N., Vasilenko V.N., Shevtsov A.A. et al. Stabilization of the quality of flax seeds for use in baking. Bread products. 2018. no. 7. pp. 47–49. (in Russian).
- 6 Afanasyeva V.A., Alferov S.V. Determination of the ratio of polyunsaturated fatty acids in edible oils. Natural Sciences. 2018. no. 4. pp. 76–83. (in Russian).
- 7 Nevsky A.A., Dremucheva G.F., Kosovan A.P. The influence of vegetable oils of non-traditional species on the quality and fatty acid composition of wheat flour bread. Bakery of Russia. 2016. no. 3. pp. 21–24. (in Russian).
- 8 Tertychnaya T.N., Agibalova V.S., Mazhulina I.V. The use of promising additives of plant origin for the increased biological value of bread. Bread products. 2016. no. 10. pp. 54–55. (in Russian).
- 9 Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Gubareva Yu.P. and other Justification for the use of magnetized water in the production of bakery products. Collection of materials of the International scientific and practical youth conference dedicated to the memory of R.D. Polandova. Moscow, FGANU “Research Institute of the Baking Industry”. 2019. pp. 265–269. (in Russian).
- 10 Kiczorowska B., Samolinska W., Kiczorowski P., Antoszkiewicz Z. et al. Comparative analysis of selected bioactive components (fatty acids, tocopherols, xanthophyll, lycopene, phenols) and basic nutrients in raw and thermally processed camelia, sunflower, and flax seeds. J Food Sci Technol. 2019. no. 9. pp. 4296–4310.
- 11 Cadina G., Mironeasa S. Use of response surface methodology to investigate the effects of brown and golden flax seed on wheat flour dough microstructure and rheological properties. J Food Sci Technol. 2016. no. 12. pp. 4149–4158.
- 12 Zaikin V.P., Ryabova I.V. The study of the balance of resources and the use of grain. Bulletin NGIEI. 2017. no. 9 (76). pp. 88–102. (in Russian).

Сведения об авторах

Елена И. Пономарева д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, elena6815@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-00023-2310-2838>

Надежда Н. Алехина к.т.н., доцент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nadinat@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3317-9858>

Information about authors

Elena I. Ponomareva Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, elena6815@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-00023-2310-2838>

Nadezhda N. Alekhina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, nadinat@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3317-9858>

Юлия П. Губарева магистр, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающих производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, yuliya.gubareva@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2949-2048>

Дарина А. Терещенко технолог, ООО "Домодедово кэтеринг", территория аэропорта "Домодедово", строение 2, г. Домодедово, московская область, 142015, Россия, dasha2005@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-4015-2485>

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.

Julia P. Gubareva master student, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, yuliya.gubareva@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2949-2048>

Darina A. Tereshchenko technologist, LLC Domodedovo Catering, territory of the airport Domodedovo, building 2, Domodedovo, Moscow Region, 142015, Russia, dasha2005@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-4015-2485>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 29/07/2019	После редакции 09/08/2019	Принята в печать 18/08/2019
Received 29/07/2019	Accepted in revised 09/08/2019	Accepted 18/08/2019

Аккумуляция солнечной энергии зерновыми культурами

Геннадий С. Кудряшев ¹	kudryshev@list.ru	 0000-0001-7949-3052
Инна В. Дыкус ¹	inna.dykus@mail.ru	 0000-0002-7189-5652
Сергей В. Батищев ¹	total.irk@yandex.ru	 0000-0001-5399-5652

¹ Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, Иркутск, Иркутский район, п. Молодежный, 1А, 664038, Россия

Аннотация. Иркутская область богата плодородными землями, которая пригодна для сельскохозяйственной деятельности. Общая посевная площадь сельскохозяйственных культур в Иркутской области составляет 759 тыс. га (2019 г.). Главенствующее место занимают зерновые и зернобобовые культуры, общая площадь посевов которых составляет 540 тыс. га (71,1%). В их структуре первое место принадлежит яровой пшенице, второе место занимает ячмень яровой, третье — овес. В связи с необходимостью укрепления кормовой базы возрастающую роль играют кормовые культуры. Урожайность зависит от многих факторов, в первую очередь, от погодных условий. Для фотосинтеза растительным культурам необходим солнечный свет. По количеству солнечных дней Иркутская область не уступает Крыму. Солнечных дней в году 221. При грамотном прогнозировании метеорологических условий можно достичь высокого урожая. Для оценки поглощения посевами зерновых культур солнечной энергии был рассмотрен радиационный баланс. Фотосинтетические пигменты растений поглощают свет и преобразуют его из солнечной энергии в химическую, благодаря чему происходит активный рост растений. Для прогноза будущего урожая необходимо рассчитать интенсивность и продолжительность солнечной радиации, которая является важнейшим условием для дальнейшего производства сельскохозяйственной продукции. Было проведено исследование эффективности использования инсоляции в Иркутской области для посева пшеницы. Составлен радиационный баланс, который позволил выявить максимальную солнечную радиацию, благоприятную для роста пшеницы. Для определения величины эффективного излучения были произведены замеры температуры почвы, влажность воздуха, изучены метеорологические условия в Иркутской области.

Ключевые слова: радиационный баланс, инсоляция, зерновые культуры, солнечная радиация, урожайность

Solar energy storage by grain crops

Gennadiy S. Kudryashev ¹	kudryshev@list.ru	 0000-0001-7949-3052
Inna V. Dykus ¹	inna.dykus@mail.ru	 0000-0002-7189-5652
Sergey V. Batishchev ¹	total.irk@yandex.ru	 0000-0001-5399-5652

¹ Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny settlement, 1A, Irkutsk district, 664038, Russia

Abstract. Irkutsk region is rich in land that is suitable for agricultural activities. The total sown area of agricultural crops in the Irkutsk region is 759 thousand hectares (2019). The main place is occupied by grain and leguminous crops, the total area of which is 540 thousand hectares (71.1%). In their structure, the first place belongs to spring wheat, the second place is taken by spring barley, the third by oats. Due to the need to strengthen the feed base, forage crops play an increasing role. Yield depends on many factors, primarily weather conditions. For photosynthesis, plant crops need sunlight. By the number of Sunny days, the Irkutsk region is not inferior to the Crimea. There are 221 Sunny days per year. If weather conditions are correctly predicted, a high yield can be achieved. To assess the absorption of solar energy by grain crops, the radiation balance was considered in this article. Photosynthetic plant pigments absorb light and convert it from solar energy to chemical energy, which results in active plant growth. To forecast the future harvest, it is necessary to calculate the intensity and duration of solar radiation, which is the most important condition for further production of agricultural products. A study was conducted on the effectiveness of using insolation in the Irkutsk region for sowing wheat. The radiation balance was compiled, which allowed us to identify the maximum solar radiation favorable for wheat growth. To determine the amount of effective radiation, measurements were made of soil temperature, air humidity, and meteorological conditions in the Irkutsk region.

Keywords: radiation balance, insolation, crops, solar radiation, yield

Введение

Одной из главных задач сельского хозяйства является получение максимальной урожайности возделываемых культур. Представление о метеорологических условиях в регионе за несколько лет позволяют еще перед посевом спрогнозировать урожайность в предстоящем году. Для этого необходимо проанализировать количество, интенсивность осадков и солнечных дней, влажность и движение воздуха, а также инсоляцию.

Под инсоляцией подразумевают облучение поверхностей солнечной радиацией. Технологии применения солнечной энергии для агропромышленного комплекса решают широкий спектр задач в сфере сельскохозяйственной деятельности. Рост и развитие растений представляют собой процесс усвоения и переработки солнечной энергии, поэтому сельскохозяйственное производство возможно только при условии поступления солнечной энергии на поверхность Земли.

Для цитирования

Кудряшев Г.С., Дыкус И.В., Батищев С.В. Аккумуляция солнечной энергии зерновыми культурами // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 59–63. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-59-63

For citation

Kudryashev G.S., Dykus I.V., Batishchev S.V. Solar energy storage by grain crops. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 59–63. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-59-63

Изучить процессы переработки энергии, поступающей от солнечного потока и поглощенной растительными культурами, можно с помощью теоретической оценки эффективности аккумуляции солнца через фотоллиз [2–4].

Рассмотрим применение солнечной инсоляции на примере сельскохозяйственного предприятия по производству куриных яиц и молочной продукции. Для высокой продуктивности кур-несушек и быстрого набора веса курицами бройлерных пород должно быть организовано разнообразное сбалансированное питание. Для масштабного фермерского хозяйства выгоднее производить корм самостоятельно. Во-первых, качество продукции, во-вторых, финансовая выгода. Получаемое зерно может идти как на корм животным, так и на продажу. Сегодня предприятие получает от одной курицы-несушки до 343 яиц в год. Валовое производство яиц 576 млн шт в год. Мясо кур 2300 т.

Сельскохозяйственное производство начинается с земли. Посевные площади предприятия размещены на территории двух районов (Усольского и Черемховского) и составляют 68,5 тыс. га, в том числе зерновые культуры – 42 тыс. га. Сначала земля использовалась только для выращивания зерна для корма птиц, а затем с расширением производства и освоением новых технологий начали выращивать элитные сорта пшеницы для выпечки хлеба и сдобы [1].

Материалы и методы

Сбор и обработка данных об инсоляции является основой при оценке возможности использования земель для высадки зерновых культур. Основная культура зернового клина – пшеница. Содержание белка в зерне пшеницы зависит от числа солнечных дней [5–6]. В среднем по России на каждый квадратный метр земли попадает около 2 кВт/сут. В Иркутской области среднегодовое значение инсоляции около 3,75 кВт/м² (рисунок 1).

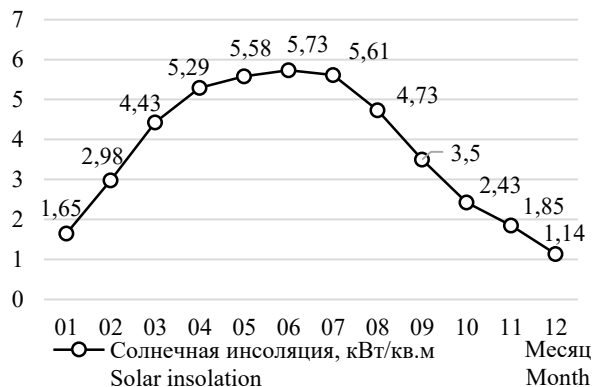


Рисунок 1. Солнечная инсоляция в Иркутской области

Figure 1. Solar insolation in the Irkutsk region

Из рисунка 1 видно, что максимум притока солнечной радиации отмечается с мая по август. Именно в этот период необходимо производить засев. Достаточное количество поглощенного солнечного света благоприятно влияет на процессы роста и развития растений. Количество получаемой растениями солнечной радиации можно регулировать путем создания определенного направления рядов посадки, а также густотой посева. От способа посадки зависит количество будущего урожая, а также производительность кур [4–6].

Количество тепла, получаемого от Солнца земной поверхностью, зависит прежде всего от угла падения солнечных лучей. Солнечное излучение частично поглощается, часть лучей отражается от частиц, взвешенных в воздухе, и достигает земной поверхности в виде рассеянного излучения (рисунок 2). Необходимо принимать во внимание высоту солнца, облачность и альбедо поверхности.

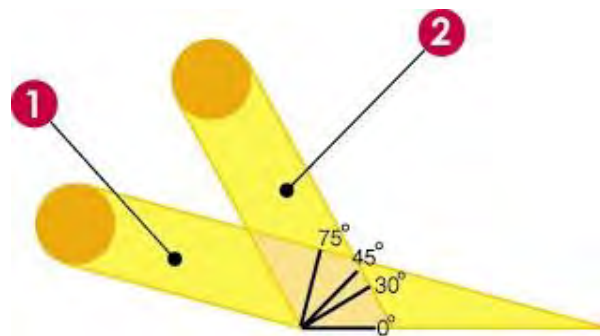


Рисунок 2. Углы падения солнечной энергии

Figure 2. Angles of incidence of solar energy

Из рисунка 2 видно, что при положении солнца во втором варианте солнечная радиация лучше прогревает землю. Когда угол падения лучей составляет 90° тогда достигается максимальное количество солнечной радиации на единицу поверхности земли.

Величина радиационного баланса рассчитывается по формуле

$$R = (Q + q)(1 - a) - I,$$

где Q – сумма прямой радиации, МДж/м²; q – сумма рассеянной радиации, МДж/м²; a – альбедо, %; I – эффективное излучение, МДж/м² [3].

Суммой прямой солнечной радиации (таблица 1) является суточная или месячная солнечная радиация, которая могла бы поступить в данном географическом пункте на единицу поверхности земли.

По географическим координатам Иркутской области, которые составляют: широта: 52°17'52" с.ш. долгота: 104°17'47", определяем сумму возможной прямой радиации по месяцам.

Падающая на землю суммарная радиация вступает во взаимодействие (отражение, рассеивание, поглощение) с фитоэлементами.

Сумма рассеянной радиации – часть солнечного излучения, потерпевшее рассеяние в атмосфере, дана в таблице 2 [3].

Таблица 1.

Распределение месячных сумм прямой радиации на поверхность земли, МДж/м²

Table 1.

Distribution of monthly amounts of direct radiation to the earth's surface, MJ/m²

ϕ^0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
52	92,9	201,3	373,7	594,7	610,2	691,3	712,0	656,3	496,6	269,0	125,5	71,1

Таблица 2.

Распределение месячной суммы рассеянной радиации для Иркутской области, МДж/м²

Table 2.

Distribution of the monthly amount of scattered radiation for the Irkutsk region, MJ/m²

ϕ^0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
52	78,6	120,4	134,7	148,3	183,4	230,8	210,6	208,3	180,1	166,2	131,4	65,4

Альbedo характеризует отражательную способность поверхности. Альbedo пшеницы в среднем составляет 15–25%. Эффективное излучение представляет собой разность между излучением поверхности почвы и противоизлучением атмосферы. Собственное тепловое излучение атмосферы, направленное к земной поверхности, называется противоизлучением атмосферы [7–8].



Рисунок 3. Годовой ход эффективного излучения в Иркутской области

Figure 3. Annual progress of effective radiation in the Irkutsk region.

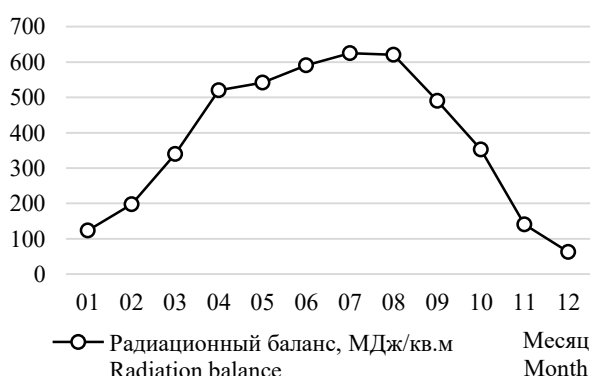


Рисунок 4. Величина радиационного баланса по месяцам в Иркутской области

Figure 4. The value of the radiation balance by month in the Irkutsk region

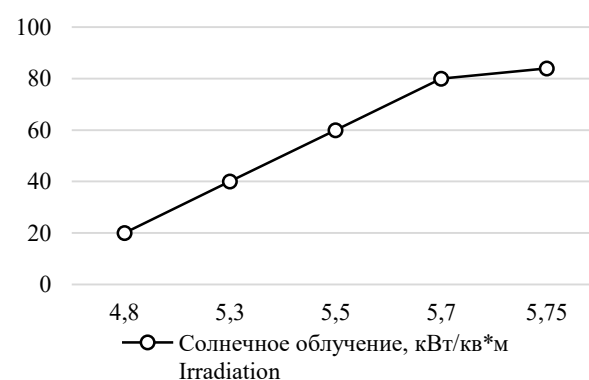


Рисунок 5. Интенсивность фотосинтеза от степени облучения

Figure 5. The intensity of photosynthesis depends on the degree of irradiation.

Определив величину радиационного баланса, можно сделать вывод, что наиболее благоприятный вегетационный период с мая по август.

Эффективность использования солнечной радиации растениями характеризуется КПД, который определяется отношением количества энергии, запасенной в продуктах фотосинтеза к количеству использованной радиации

$$\eta = \frac{q\gamma \cdot 100}{R}, \quad (1)$$

где q – калорийность растения, ккал/г; γ – фитомассы, г/см²; R – радиационный баланс за вегетационный период, ккал/см² [3].

Зависимость КПД η_n пшеницы от падающей и поглощенной радиации можно представить соотношением

$$\eta_n = a_n \cdot \eta_a, \quad (2)$$

где a_n – функция поглощения радиации пшеницей; η_a – КПД относительно поглощенной радиации, [3].

Заключение

По результатам расчёта в естественных условиях зерновые культуры за весь период вегетации растут с КПД солнечного излучения около 3,5–3,7% по приходящей и 4,8–5,2% по поглощенной радиации. С ростом интенсивности радиации ускоряется процесс фотосинтеза

за счет увеличения скорости ассимиляции углекислоты (рисунок 4). Под интенсивностью фотосинтеза понимают количество CO_2 , усваиваемое единицей листовой поверхности за единицу времени.

Таким образом, Иркутская область благоприятна для сельскохозяйственной деятельности.

Литература

- 1 Кудряшев Г.С., Третьяков А.Н., Шпак О.Н. Комплексный подход при ресурсоэнергосбережении на предприятии АПК Иркутской области // Вестник ИРГСХА. 2016. № 73. С. 135–140. URL: <http://www.igsha.ru/science/files/v73.pdf>
- 2 Федоров В.М. Теоретический расчет межгодовой изменчивости инсоляции земли с суточным разрешением // Исследования солнечной системы. Астрономический вестник. 2016. Т. 50. № 3. С. 233–238. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/561211722/>
- 3 Смутьский И.И., Кротов О.И. Новый алгоритм расчета инсоляции Земли. Тюмень: Институт криосферы Земли СО РАН, 2015. 38 с.
- 4 Белолубцев А.И. Адаптация сельского хозяйства с учетом текущих и ожидаемых климатических рисков // Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодноклиматическим условиям. Москва: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. С. 11–22.
- 5 Федоров В.М. Широтная изменчивость приходящей солнечной радиации в различных временных циклах // Доклады академии наук. 2015. Т. 460. № 3. С. 339–342. URL: <http://solar-climate.com/pd/SHIROT2015.pdf>
- 6 Цветков Н.А., Толстых А.В., Хуторин А.Н., Кривошеин Ю.О. Моделирование инсоляции на горизонтальную поверхность для расчета почасовых значений солнечной радиации // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2019. № 6. С. 81–92. doi: 10.32683/0536–1052–2019–726–6–81–92.
- 7 Свалова М.В., Касаткин В.В., Касаткина Н.Ю., Закиров А.Ю. Исследование солнечной энергии как одного из возобновляемых источников энергии, возможных к применению в сельском хозяйстве // АПК России. 2019. Т. 26. № 4 С. 563–571.
- 8 Маслова А.А., Осокин В.Л., Сбитнев Е.А. Анализ интенсивности солнечной радиации // Вестник НГИЭИ. 2015. № 4 (47). С. 56–62.
- 9 Невидимова О.Г., Янкович Е.П. Энергетические ресурсы солнечной радиации и ветра на территории Томской области // Успехи современного естествознания. 2015. № 11–1. С. 134–138.
- 10 Kopp G., Lean J. A new lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance // Geophysical Research Letters. 2011. V. 37. doi: 10.1029/2010GL045777
- 11 Castillo C. P., e Silva F. B., Lavallo C. An assessment of the regional potential for solar power generation // Energy Policy. 2016. V. 88. P. 86–99. doi: 10.1016/j.enpol.2015.10.004

References

- 1 Kudryashev G.S., Tretyakov A.N., Shpak O.N. An integrated approach to resource and energy saving at the enterprise of the agro-industrial complex of the Irkutsk region. Bulletin of Irkutsk State Agricultural Academy. 2016. no. 73. pp. 135–140. Available at: <http://www.igsha.ru/science/files/v73.pdf> (in Russian).
- 2 Fedorov V.M. Theoretical calculation of interannual variability of insolation of the earth with daily resolution. Studies of the solar system. Astronomical Bulletin. 2016. vol. 50. no. 3. pp. 233–238. Available at: <https://docviewer.yandex.ru/view/561211722/> (in Russian).
- 3 Smulsky I.I., Krotov O.I. A new algorithm for calculating the insolation of the Earth. Tyumen, Institute of the Earth's Cryosphere SB RAS, 2015. 38 p. (in Russian).
- 4 Belolyubtsev A.I. Adaptation of agriculture taking into account current and expected climate risks. Adaptation of Russian agriculture to changing weather and climate conditions. Moscow, Publishing House of RGAU-Moscow Artists Academy named after K.A. Timiryazeva, 2011. pp. 11–22. (in Russian).
- 5 Fedorov V.M. Latitudinal variability of incoming solar radiation in different time cycles. Reports of the Academy of Sciences. 2015. vol. 460. no. 3. pp. 339–342. Available at: <http://solar-climate.com/pd/SHIROT2015.pdf> (in Russian).
- 6 Tsvetkov N.A., Tolstykh A.V., Khutorin A.N., Krivoshein Yu.O. Modeling insolation on a horizontal surface to calculate hourly values of solar radiation. News of Higher Educational Institutions. Construction. 2019. no. 6. pp. 81–92. doi: 10.32683/0536–1052–2019–726–6–81–92 (in Russian).
- 7 Svalova M.V., Kasatkin V.V., Kasatkina N.Yu., Zakirov A.Yu. The study of solar energy as one of the renewable energy sources that can be used in agriculture. Agribusiness of Russia. 2019. vol. 26. no. 4. pp. 563–571. (in Russian).
- 8 Maslova A.A., Osokin V.L., Sbitnev E.A. Analysis of the intensity of solar radiation. Bulletin NGIEI. 2015. no. 4 (47). pp. 56–62. (in Russian).
- 9 Nevidimova O.G., Yankovich E.P. Energy resources of solar radiation and wind in the Tomsk region. Successes in modern natural sciences. 2015. no. 11–1. pp. 134–138. (in Russian).
- 10 Kopp G., Lean J. A new lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance. Geophysical Research Letters. 2011. vol. 37. doi: 10.1029/2010GL045777
- 11 Castillo C. P., e Silva F. B., Lavallo C. An assessment of the regional potential for solar power generation. Energy Policy. 2016. vol. 88. pp. 86–99. doi: 10.1016/j.enpol.2015.10.004

Сведения об авторах

Геннадий С. Кудряшев д.т.н., профессор, кафедра энергообеспечения и теплотехники, Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, пос. Молодежный, 1А, Иркутский район, 664038, Россия, kudryashev@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7949-3052>

Инна В. Дыкус магистрант, кафедра энергообеспечения и теплотехники, Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, пос. Молодежный, 1А, Иркутский район, 664038, Россия, inna.dykus@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7189-5652>

Сергей В. Батишев преподаватель-исследователь, кафедра энергообеспечения и теплотехники, Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, пос. Молодежный, 1А, Иркутский район, 664038, Россия, total.irk@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5399-5652>

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

Gennadiy S. Kudryashev Dr. Sci. (Engin.), professor, power supply and heat engineering department, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny settlement, 1A, Irkutsk district, 664038, Russia, kudryashev@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7949-3052>

Inna V. Dykus master student, power supply and heat engineering department, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny settlement, 1A, Irkutsk district, 664038, Russia, inna.dykus@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7189-5652>

Sergey V. Batishchev research teacher, power supply and heat engineering department, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny settlement, 1A, Irkutsk district, 664038, Russia, total.irk@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5399-5652>

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 10/02/2020	После редакции 19/02/2020	Принята в печать 02/03/2020
Received 10/02/2020	Accepted in revised 19/02/2020	Accepted 02/03/2020

Проблемы сезонности производства сахара из свеклы

Вячеслав А. Голыбин¹ visg@mail.ru  0000-0002-5335-9514
 Владимир А. Федорук¹ yzas2006@ya.ru  0000-0002-7410-0165
 Наталья А. Матвиенко¹ natali25_81@mail.ru  0000-0003-4777-003X

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

Аннотация. За последние годы ежегодная переработка сахарной свеклы в России составляет 45 млн т и более, что позволяет вырабатывать белый сахар в количестве 6 млн т. В течение производственного сезона качество свеклы не остается постоянным – изменяется не только ее сахаристость, но и содержание вредных растворимых несахаров, а также физико-химические показатели – уменьшается масса корнеплодов вследствие увядания, снижения тургора, дыхания и прорастания, появляется гнилая масса как результат микробиологических и ферментативных процессов и образования очагов слизистого бактериоза. Одной из главных задач улучшения диффузионного процесса является повышение упругости свекловичной ткани и снижение интенсивности перехода пектиновых веществ в диффузионный сок. Эта цель достигается использованием эффективных химических реагентов в составе вводимой в диффузионный аппарат питательной воды, а также обработкой свекловичной стружки непосредственно перед процессом экстрагирования сахарозы; снижением температуры обессахаривания свекловичной стружки в диффузионном аппарате в допустимом интервале. Предлагается метод интенсификации экстрагирования сахарозы при использовании способа обработки питательной воды в электрическом поле. Улучшению дисперсного состава образующихся частиц осадка способствует возврат на преддефекацию карбонатной суспензии сока II сатурации, проведенной с использованием активированной суспензии фильтроперлита. Однородность частиц карбоната кальция и соответственно высокие фильтрационные показатели сатурационного сока формируются за счет активного контура внутренней циркуляции сока. Использование предлагаемых рекомендаций в ходе осуществления технологических процессов при их реализации в современной аппаратуре диффузионного процесса и очистки полученного сока позволяет минимизировать отрицательные последствия переработки свеклы как на начальном этапе производственного сезона при поступлении технически неспелых корнеплодов, так и в период завершения сезона при переработке сырья пониженного качества.

Ключевые слова: сахар, сахарная свекла, фильтроперлит, сезон, диффузия

Problems of seasonality of sugar production from beets

Vyacheslav A. Golybin¹ visg@mail.ru  0000-0002-5335-9514
 Vladimir A. Fedoruk¹ yzas2006@ya.ru  0000-0002-7410-0165
 Natalya A. Matvienko¹ natali25_81@mail.ru  0000-0003-4777-003X

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

Abstract. In recent years, the annual processing of sugar beet in Russia is 45 million tons or more, which allows to produce white sugar in the amount of 6.0 million tons or more. During the production season, the quality of beets does not remain constant – not only its sugar content changes, but also the content of harmful soluble non-sugars, as well as physical and chemical parameters – the mass of root crops decreases due to wilting, reducing turgor, respiration and germination, rotten mass appears as a result of microbiological and enzymatic processes and the formation of foci of mucous bacteriosis. One of the main tasks of improving the diffusion process is to increase the elasticity of beet tissue and reduce the intensity of the transition of pectin substances into the diffusion juice. This goal is achieved by using effective chemical reagents in the composition of the feed water introduced into the diffusion apparatus, as well as processing of beet chips immediately before the sucrose extraction process; reducing the temperature of desugarisation of beet pulp in the diffusion apparatus in the allowable interval. The method of intensification of sucrose extraction using the method of treatment of feed water in an electric field is proposed. Improvement of the dispersed composition of the resulting sediment particles is facilitated by the return to the preliming of the carbonate suspension of juice II saturation, carried out using an activated suspension of filter perlite. The homogeneity of calcium carbonate particles and correspondingly high filtration rates of saturation juice are formed due to the active circuit of the internal circulation of the juice. The use of the proposed recommendations during the implementation of technological processes in their implementation in modern equipment of the diffusion process and purification of the obtained juice allow to minimize the negative consequences of beet processing both at the initial stage of the production season when technically not ripe root crops are received, and during the end of the season when processing raw materials of reduced quality.

Keywords: sugar, sugar beet, filter perlite, campaign, extraction

Введение

За последние годы ежегодная переработка сахарной свеклы в России составляет 45 млн т и более, что позволяет вырабатывать белый сахар в количестве 6 млн т. Так, в 2018 г.

российскими сахарными заводами было выработано сахара 6,3 млн т (в 2019 г. ожидается 7,2 млн т), что соответствует целевым задачам обеспечения продовольственной безопасности по важнейшему социально значимому пищевому продукту углеводной группы.

Для цитирования

Голыбин В.А., Федорук В.А., Матвиенко Н.А. Проблемы сезонности производства сахара из свеклы // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 64–69. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-64-69

For citation

Golybin V.A., Fedoruk V.A., Matvienko N.A. Problems of seasonality of sugar production from beets. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 64–69. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-64-69

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

Плановая производственная мощность действующих сахарных заводов России на 01.01.18 г. составляла 346 тыс. т свеклы в сутки. Средняя продолжительность производственного сезона переработки свеклы за последние 3 года составляла 113 суток, а в сезон 2017/18 гг. – 124 суток. Более 20 сахарных заводов перерабатывали свеклу с длительностью сезона 135 суток и более. В соответствии с действующими нормами проектирования сахарных заводов продолжительность сезона должна составлять от 100 до 115 суток с завершением переработки свеклы во втором полугодии. Для обеспечения нормативной продолжительности сезона в указанном интервале общая суточная переработка свеклы на российских сахарных заводах должна составлять не менее 385 тыс. т свеклы. С учетом проводимых ежегодно реконструкций и модернизаций существующих сахарных заводов их производственная мощность постоянно увеличивается. Например, за 10-летний период с 2007 по 2017 гг. общая производственная мощность сахарных заводов возросла с 257 до 346 тыс. т свеклы в сутки, т. е. увеличилась на 35%, а объем переработки свеклы за этот же период возрос с 24,5 до 47 млн т – на 92%. Для переработки возросших объемов заготавливаемой свеклы многие российские сахарные заводы за последние 3 года имели длительность производственного сезона 140 суток и более.

Для завершения сезона во втором полугодии, т. е. в декабре, многие заводы начинают переработку свеклы в более ранние сроки, например в августе, на сырье, не достигшем состояния технической спелости. Известно, что для достижения такого состояния свеклы в Центрально-Черноземном регионе необходимо иметь продолжительность вегетации не менее 140 суток. Именно в конце сентября достигается техническая спелость корнеплодов свеклы, что формирует необходимый уровень иммунитета к болезням и высокие технологические показатели – сахаристость не менее 17%, чистота свекловичного сока не менее 88%, расчетный выход белого сахара около 15% при достижении величины коэффициента завода не менее 85% [1].

С учетом сказанного следует вывод, что сахарные заводы начинают сезон переработки в ранние сроки на свекле, не достигшей технической спелости, а завершают сезон в первом полугодии на сырье пониженного качества – подгнившей, подвяленной, пораженной различными заболеваниями (кагатная гниль, слизистый бактериоз и др.) [2].

Свекла, не достигшая состояния технической спелости, содержит меньше сахарозы (15% и менее), в ней больше содержится вредных растворимых несахаров (редуцирующих веществ

более 0,20% при норме 0,05–0,08%), органических кислот, амидов и аминокислот как результат незавершенной полимеризации с образованием белковых веществ, в свекловичном соке содержится больше растворимых фракций пектиновых веществ. В результате главный показатель качества спелой свеклы – чистота (доля сахарозы на 100 частей сухих веществ свекловичного сока) не достигает рекомендованного интервала 87,5–88,5%, а остается на уровне 85,0–85,5% и ниже.

Во второй половине сентября не извлеченные из почвы корнеплоды свеклы достигают состояния технической спелости, что проявляется в увеличении сахаристости до 17,0–18,5%, показатель чистоты сока возрастает до 88% и более. Соответственно в составе растворимых несахаров свекловичного сока снижается доля вредных компонентов. По действующим отраслевым Рекомендациям именно после 20–25 сентября должна начинаться массовая копка и уборка свеклы и активная ее укладка на среднее и длительное хранение (более 45 суток).

С учетом климатических условий и других факторов (интенсивные осенние дожди, ранние заморозки, наличие автодорог с твердым покрытием) на сахарных заводах хранится после уборки значительное количество корнеплодов – 11–13 млн т и более. Например, в производственный сезон 2017/18 гг. отдельные сахарные заводы перерабатывали свеклу в марте и апреле. При этом снижение технологических показателей качества свеклы было очень существенным – ее сахаристость снизилась на 2,5–3,5% (абс.), чистота свекловичного сока – с 88 до 82–83%, содержание вредных несахаров увеличилось на 35–40% (отн.) [3].

Таким образом, в течение производственного сезона качество свеклы не остается постоянным – изменяется не только ее сахаристость, но и содержание вредных растворимых несахаров, а также физико-химические показатели – уменьшается масса корнеплодов вследствие увядания, снижения тургора, дыхания и прорастания, появляется гнилая масса как результат микробиологических и ферментативных процессов и образования очагов слизистого бактериоза. Несмотря на существенные различия в составе сырья в разные периоды производственного сезона, требования к качеству вырабатываемого белого сахара в соответствии с ГОСТ Р 33222–2015 «Сахар белый. Технические условия» остаются неизменными [4]. Следовательно, для эффективной переработки свеклы разного качества используемые в сахарном производстве технологии и аппаратура должны обеспечивать реализацию оптимальных режимов процессов и операций с их возможной корректировкой с учетом качества поступающего сырья.

Результаты

Первой и важнейшей операцией непрерывного процесса производства сахара является экстрагирование сахарозы из свекловичной ткани, осуществляемое в диффузионных аппаратах различных типов. Основные задачи этой операции:

- обеспечение высокого эффекта очистки, т. е. превышение чистоты получаемого диффузионного сока в сравнении с чистотой свекловичного сока не менее чем на 15% (отн.);
- достижение нормативных потерь сахарозы в обессахаренной свекловичной стружке – не более 0,28–0,30% к массе свеклы;
- работа с минимальными неучтенными потерями сахарозы вследствие ее химического разложения и протекания микробиологических процессов – не более 0,09% к массе свеклы.

Факторами, определяющими эффективность диффузионного извлечения сахарозы из свекловичной стружки, являются температура, продолжительность, разность концентраций, качество свекловичной стружки и питательной воды.

В начальный период производственного сезона в корнеплодах свеклы не завершены процессы созревания и достижения технической спелости, что проявляется в невысокой молекулярной массе пектиновых веществ и их высокой способности к переходу из свекловичной стружки в диффузионный сок. А это является недопустимым, т. к. фрагменты гидролитического гидролиза пектиновых веществ, в частности полигалактуроновая кислота, на дальнейших стадиях известково-углекислотной очистки образуют пектат кальция (коллоидная структура с низкими фильтрационными показателями). Наличие в производственных соках этого соединения ухудшает в процессе сатурации условия формирования структуры частиц осадка карбоната кальция – при высокой скорости образования микрочастиц наблюдается медленный их рост при последующем снижении активной известковой щелочности. Наличие мелкой фракции приводит к снижению скорости фильтрования производственных соков и качества фильтрата, что ухудшает показатели очищенного сока по мутности и содержанию солей кальция [5].

Таким образом, низкая устойчивость одной из структур свекловичной ткани в незрелой свекле вызывает затруднения при диффузионном извлечении сахарозы из свекловичной стружки, снижение эффекта очистки сока, что усложняет получение белого сахара стандартного качества. Поэтому одной из главных задач улучшения диффузионного процесса является повышение упругости свекловичной ткани и снижение интенсивности перехода пектиновых

веществ в диффузионный сок. Эта цель достигается несколькими способами:

- использованием эффективных химических реагентов в составе вводимой в диффузионный аппарат питательной воды, а также обработкой свекловичной стружки непосредственно перед процессом экстрагирования сахарозы;
- снижением температуры обессахаривания свекловичной стружки в диффузионном аппарате в допустимом интервале.

Предложены несколько направлений повышения устойчивости и упругости растительной ткани в структуре свекловичной ткани.

Нами установлено, что комплексное воздействие химического реагента – раствора серной кислоты, добавленного в питательную воду для снижения pH до оптимального значения в интервале 5,3–5,5, совмещенное с обработкой импульсным магнитным полем с индукцией 0,25 Тл в течение 6 с, обеспечивает значительное увеличение упругости свекловичной ткани как в процессе экстрагирования сахарозы, так и при последующем жестком прессовании обессахаренной свекловичной стружки. Критерием эффективности предложенного способа обработки воды является качество жомопрессовой воды и ее выход при прессовании в режиме нормативного избыточного давления в рабочей зоне пресса 3,0 МПа. В жомопрессовой воде обнаружено снижение содержания вредных азотистых несахаров на 44–50% и увеличение ее чистоты на 5,9–8,5% в сравнении с водой без предварительной обработки. Повышение качества вводимой в диффузионный аппарат жомопрессовой воды способствует улучшению показателей диффузионного сока – его чистота увеличилась на 0,4–0,6%, эффект очистки в диффузионном аппарате возрос на 3,2–4,8%.

Вызывает интерес использование для повышения упругости свекловичной ткани химических соединений, содержащих Ca^{2+} . Указанные катионы взаимодействуют с протопектином в составе клеточных стенок свеклы, образуя нерастворимый протопектинат кальция, обеспечивающий закрепление пектиновых веществ и гемипеллюлозы в структуре свекловичной ткани. Приведенные соображения проверены в экспериментальных условиях при совмещенной обработке исходной жомопрессовой воды катионом Ca^{2+} в составе сгущенной суспензии сока II сатурации. Для увеличения содержания в суспензии активного катиона ее обрабатывали раствором серной кислоты до оптимального значения pH с последующей обработкой импульсным магнитным полем с индукцией 0,3 Тл в течение 6 с. После совмещенной обработки водную суспензию фильтровали и очищенную

жомопрессовую воду использовали для диффузионного процесса. В результате повысилась упругость обессахаренной свекловичной стружки, что отразилось в повышении чистоты получаемого диффузионного сока и жомопрессовой воды. Эффект очистки в диффузионном аппарате возрос на 4,7% в сравнении с традиционным способом подготовки жомопрессовой воды [6, 7].

Предлагается метод интенсификации экстрагирования сахарозы при использовании способа обработки питательной воды в электрическом поле. Его воздействие увеличивает количество ионизированных молекул пектиновых веществ, а они связывают ряд несахаров, имеющих в свекловичном соке, в том числе отрицательно заряженных ВМС. Кроме того, воздействие электрического поля на питательную воду способствует стерилизации микрофлоры жидкой среды в диффузионном процессе – термофилы и мезофилы инактивируются на 90%, слизееобразующие – на 80%.

Использование электрохимической активации питательной воды позволяет снизить содержание коллоидных веществ в получаемом диффузионном соке, в том числе и продуктов гидролиза пектиновых веществ, на 40–70%. Соответственно повышается чистота диффузионного сока на 1,3–1,8% (абс.), снижаются потери сахарозы в жоме и неучтенные ее потери вследствие подавления активности микроорганизмов. Важным является то, что вредные несахара, в том числе ВМС, коллоидные, пектиновые вещества, в результате воздействия электрического поля не переходят в получаемый диффузионный сок, а удерживаются во внутриклеточном объеме растительных свекловичных клеток. Кроме того, экстрагирование сахарозы при использовании электрического поля можно осуществлять при более низкой температуре, а это является важнейшим фактором минимизации перехода различных несахаров из свекловичной стружки в сок.

Предлагаемые методы предварительной обработки питательной воды и свекловичной стружки позволяют обеспечить оптимальные условия диффузионного извлечения сахарозы из свекловичной стружки, полученной из свеклы не только не достигшей технической спелости, но и пониженного качества на завершающем этапе производственного сезона.

На следующей стадии физико-химической очистки диффузионного сока с использованием оксида кальция и диоксида углерода необходимо обеспечить не только высокий эффект удаления несахаров (35% и более), но и получить производственные сатурационные соки с нормативными фильтрационно-седиментационными показателями.

Первой операцией очистки диффузионного сока является прогрессивная преддефекация, где за счет ввода известкового молока в очищаемый сок в определенном темпе изменяется его pH и достигается максимальный перевод в осадок высокомолекулярных несахаров и отдельных кальциевых солей органических и минеральных кислот, а также формируется начальная структура частиц осадка. От режимов осуществления этой операции (температура, продолжительность, темп изменения pH и конечная щелочность очищаемого сока) зависит главный показатель эффективности – степень удаления несахаров диффузионного сока. А это является наиболее важным, так как в составе несахаров и незрелой и свеклы пониженного качества в значительном количестве содержатся высокомолекулярные вещества, которые именно на операции преддефекации могут быть переведены в осадок – до 85% от их начального содержания в очищаемом соке. Нами показано существенное влияние на эффективность преддефекации температурного режима. Установлено, что при переработке свеклы пониженного качества оптимальным является режим теплой известковой обработки диффузионного сока в интервале 55–60 °С. Регулирование темпа прогрессивности нарастания величины pH в сторону более замедленного позволяет сформировать однородные частицы агрегатов скоагулированных несахаров на основе возвращаемых в очищаемый сок элементов карбонатной суспензии. Учитывая, что в свекле незрелой и пониженного качества после продолжительного хранения присутствуют в больших количествах вредные растворимые несахара, в частности редуцирующие вещества и азотистые соединения, замедленный темп нарастания pH уменьшает интенсивность реакций их термохимического разложения. Указанные химические реакции должны осуществляться в процессе последующей основной дефекации при наличии избытка гидроксида кальция, когда образуются менее вредные продукты их распада. Показано, что при медленном темпе нарастания pH в процессе преддефекации на 50–60% снижается скорость конверсии редуцирующих веществ, что благоприятно сказывается на цветности очищенного сока. Кроме того, при таком темпе изменения pH заметно улучшаются фильтрационно-седиментационные показатели производственных соков, в частности, скорость отстаивания частиц осадка возрастает на 26–29% в сравнении с типовым способом обработки диффузионного сока [8].

Улучшению дисперсного состава образующихся частиц осадка способствует возврат на преддефекацию карбонатной суспензии сока II сатурации, проведенную с использованием активированной суспензии фильтроперлита.

При переработке свеклы пониженного качества, пораженной слизистым бактериозом, возникают проблемы с фильтрованием сока I сатурации. Это обусловлено образованием мелкодисперсных частиц карбоната кальция, агрегированных с макромолекулами полисахарида декстрана. Кроме того, образуются комплексы «молекулы декстрана-белковые сахара», что снижает степень денатурации последних и их удаление из очищаемого сока в процессе прогрессивной преддефекации. Некоторая часть макромолекул декстрана (45–50%) удаляется из сока именно в процессе сатурации. Для улучшения условий формирования структуры осадка в процессе I сатурации целесообразно осуществлять управляемый процесс карбонизации гидроксида кальция, так как целью этой операции является не только высокий эффект адсорбционной очистки сока, но и формирование заданной структуры частиц карбоната кальция с нормативными фильтрационными показателями. Для этого в процессе I сатурации в сок целесообразно вводить часть карбонатной суспензии сока II сатурации [9, 10]. Эта задача успешно реализуется в современных аппаратах сатурации с эффективным диспергированием сатурационного газа и наличием внутреннего циркуляционного контура соковой суспензии.

Диспергирование вводимого газообразного диоксида углерода достигается за счет газораспределительных трубок, работающих в режиме постоянной механической регенерации живого сечения выходных отверстий.

Однородность частиц карбоната кальция и соответственно высокие фильтрационные показатели сатурационного сока формируются за счет активного контура внутренней циркуляции сока. При этом кратность циркуляции сока в аппарате сатурации, влияющая на размер образующихся частиц карбоната кальция и его фильтрационные показатели, пропорциональна расходу гидроксида кальция на предшествующих операциях предварительной и основной дефекации.

Заключение

Использование предлагаемых рекомендаций в ходе осуществления технологических процессов при их реализации в современной аппаратуре диффузионного процесса и очистки полученного сока позволяет минимизировать отрицательные последствия переработки свеклы как на начальном этапе производственного сезона при поступлении технически неспелых корнеплодов, так и в период завершения сезона при переработке сырья пониженного качества.

Литература

- 1 Путилина Л.Н., Лазутина Н.А. О переработке свекловичного сырья с разной степенью бактериального увядания // Сахар. 2018. № 2. С. 38–41.
- 2 Wright M. Microbiology in the sugar industries // Sugar Industry. 2018. № 2. P. 83–87.
- 3 Голыбин В.А., Федорук В.А., Матвиенко Н.А., Ромашова В.Б. Эффективность переработки свеклы пониженного качества // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 206–210. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-206-210
- 4 ГОСТ 33222–2015. Сахар белый. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 16 с.
- 5 Кульнева Н.Г., Голыбин В.А., Федорук В.А. Санитарно-гигиеническое обеспечение продукции сахарного производства // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 9. С. 57–61.
- 6 Bergwall Ch. New microbiological challenges for the sugar industry with focus on thermophilic acidophilic bacteria // Sugar Industry. 2018. № 1. P. 28–32.
- 7 Кульнева Н.Г., Журавлев М.В. Способы повышения эффективности диффузионного извлечения сахарозы из свеклы // Сахар. 2017. № 1. С. 30–33.
- 8 Рад М.А., Рад А.А., Шревель Ж. Оценка очистки сока на сахарных заводах // Сахар и свекла. 2015. № 2. С. 17–32.
- 9 Сапронов А.Р., Сапронова Л.А., Ермолаев С.В. Технология сахара. СПб.: Профессия, 2013. 296 с.
- 10 Боннанфан Ф. Принципы очистки соков сахарной свеклы // Сахар. 2019. № 5. С. 16–27.

References

- 1 Putilina L.N., Lazutina N.A. About processing of sugar beet roots with a various bacterial wilting. Sugar. 2018. no. 2. pp. 38–41. (in Russian).
- 2 Wright M. Microbiology in the sugar industries. Sugar Industry. 2018. no. 2. pp. 83–87.
- 3 Golybin V.A., Fedoruk V.A., Matvienko N.A., Romashova V.B. Efficiency of low quality beet processing. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 206–210. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-206-210 (in Russian).
- 4 State Standard 33222–2015. White sugar. Technical conditions. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 16 p. (in Russian).
- 5 Kulneva N.G., Golybin V.A., Fedoruk V.A. Sanitary-hygienic assurance of the production of the sugar manufacture. Hygiene and sanitation. 2015. vol. 94. no. 9. pp. 57–61. (in Russian).
- 6 Bergwall Ch. New microbiological challenges for the sugar industry with focus on thermophilic acidophilic bacteria. Sugar Industry. 2018. no. 1. pp. 28–32.
- 7 Kulneva N.G., Zhuravljov M.V. Methods of increasing efficiency of diffusion extraction of sucrose from beet. Sugar. 2017. no. 1. pp. 30–33. (in Russian).
- 8 Rad M.A., Rad A.A., Shrevell' Zh. Evaluation of cleaning the juice at sugar factories. Sugar and beet. 2015. no. 2. pp. 17–32. (in Russian).
- 9 Sapronov A.R., Sapronova L.A., Ermolaev S.V. Technology of sugar. Saint Petersburg, Professiya, 2013. 296 p. (in Russian).
- 10 Bonnenfant F. Principles of sugar beet juices filtration. Sugar. 2019. no. 5. pp. 16–27. (in Russian).

Сведения об авторах

Вячеслав А. Голыбин д.т.н., профессор, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, visg@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5335-9514>

Владимир А. Федорук к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, yzas2006@ya.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

Vyacheslav A. Golybin Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fermentation and sugar industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, visg@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5335-9514>

Vladimir A. Fedoruk Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of fermentation and sugar industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, yzas2006@ya.ru

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

Natalya A. Matvienko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of fermentation 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 06/02/2020	После редакции 15/02/2020	Принята в печать 27/02/2020
Received 06/02/2020	Accepted in revised 15/02/2020	Accepted 27/02/2020

Моделирование пищевых систем для алиментарной коррекции соотношения полиненасыщенных жирных кислот в организме человека

Татьяна В. Алексеева	¹	zyablova@mail.ru	 0000-0001-8035-7293
Евгений О. Здоровцев	¹	Zenya7777@mail.ru	 0000-0002-5126-8723
Людмила В. Малакова	¹	mixbox3@mail.ru	 0000-0003-0481-4175
Анастасия П. Фурсова	¹	nasti999@gmail.com	 0000-0003-0481-4290
Александр Е. Столяров	¹	stolyarov1997@bk.ru	 0000-0003-3086-3280
Екатерина С. Талтынова	¹	ekaternynageeva@mail.ru	 0000-0001-6749-8227x

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

Аннотация. Положительное влияние на организм человека полиненасыщенных жирных кислот подтверждено многочисленными исследованиями. Поэтому представляется актуальным создание пищевых систем для обогащения продуктов массового потребления физиологически активными и эссенциальными веществами, в частности полиненасыщенными жирными кислотами. Эффект алиментарного шунтирования организма человека полиненасыщенными жирными кислотами зависит от множества факторов, самыми существенными считаются их количество в рационе, состав, соотношение полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот, наличие антиоксидантов. Цель исследований – разработка методики управления качеством пищевых систем для балансирования соотношения ω -6 и ω -3 полиненасыщенных жирных кислот. Был разработан программный продукт, позволяющий подбирать соотношения компонентов в пищевой композиции для заданных соотношений ω -6/ ω -3. Для примера была выбрана пищевая обогащающая система, состоящая из жмыха зародышей пшеницы, масел амаранта и тыквы. Созданный программный продукт позволяет работать и с другими пищевыми системами. В результате обработки данных была получена номограмма для определения процентного соотношения компонентов ω -6/ ω -3 жирных кислот в пищевой системе. Разработан программный продукт, позволяющий подобрать в пищевых композициях по двум зафиксированным количественным значениям компонентов содержание третьего компонента, удовлетворяющего заданному соотношению ω -6/ ω -3 кислот. Предложен вариант пищевой композиции и проведена апробация работы разработанного программного продукта. Установлено, что пищевая обогащающая система на основе жмыха зародышей пшеницы, масел амаранта и тыквы может применяться для обогащения продуктов питания полиненасыщенными жирными кислотами, при этом создается возможность целенаправленного регулирования соотношения ω -6/ ω -3 жирных кислот. Разработанное программное обеспечение позволяет в условиях производства в зависимости от наличия определенных наименований сырьевых источников подбирать оптимальные варианты пищевых композиций и выбирать наиболее приемлемый в сложившейся производственной ситуации вариант, принимать решения по движению сырья на предприятии после анализа полученных данных.

Ключевые слова: полиненасыщенные жирные кислоты, баланс ПНЖК, омега-3, омега-6, оптимизация, программирование

Modeling of food systems for nutritional correction of the ratio of polyunsaturated fatty acids in people

Tatyana V. Alekseeva	¹	zyablova@mail.ru	 0000-0001-8035-7293
Eugene O. Zdorovtsev	¹	Zenya7777@mail.ru	 0000-0002-5126-8723
Lyudmila V. Malakova	¹	mixbox3@mail.ru	 0000-0003-0481-4175
Anastasia P. Fursova	¹	nasti999@gmail.com	 0000-0003-0481-4290
Alexander E. Stolyarov	¹	stolyarov1997@bk.ru	 0000-0003-3086-3280
Ekaterina S. Taltynova	¹	ekaternynageeva@mail.ru	 0000-0001-6749-8227x

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

Abstract. The positive effect on the human body of polyunsaturated fatty acids is confirmed by numerous studies. Therefore, it seems relevant to create food systems for the enrichment of consumer goods with physiologically active and essential substances, in particular polyunsaturated fatty acids. The effect of alimentary shunting of the human body with polyunsaturated fatty acids depends on many factors, the most important are their amount in the diet, composition, ratio of polyunsaturated and saturated fatty acids, the presence of antioxidants.

Для цитирования

Алексеева Т.В., Здоровцев Е.О., Малакова Л.В., Фурсова А.П., Столяров А.Е., Талтынова Е.С. Моделирование пищевых систем для алиментарной коррекции соотношения полиненасыщенных жирных кислот в организме человека // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 70–75. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-70-75

For citation

Alekseeva T.V., Zdorovtsev E.O., Malakova L.V., Fursova A.P., Stolyarov A.E., Taltynova E.S. Modeling of food systems for nutritional correction of the ratio of polyunsaturated fatty acids in people. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 70–75. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-70-75

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

The aim of the research is to develop a methodology for managing the quality of food systems to balance the ratio of ω -6 and ω -3 polyunsaturated fatty acids. A software product was developed that allows you to select the ratio of the components in the food composition for the given ratios ω -6/ ω -3. As an example, a food enrichment system was selected, consisting of oilcake of wheat germ, amaranth and pumpkin oils. The created software product allows you to work with other food systems. As a result of data processing, a nomogram was obtained to determine the percentage ratio of ω -6/ ω -3 fatty acid components in the food system. A software product has been developed that makes it possible to select the content of the third component in food compositions according to two fixed quantitative values of the components that satisfies the given ratio of ω -6/ ω -3 acids. A variant of the food composition is proposed and the work of the developed software product is tested. It has been established that a food enrichment system based on cake of wheat germ oil, amaranth oil and pumpkin oils can be used to enrich food products with polyunsaturated fatty acids, and this creates the possibility of targeted regulation of the ratio of ω -6/ ω -3 fatty acids. The developed software allows, in production conditions, depending on the availability of certain types of raw materials, to select the best options for food compositions and choose the most suitable option in the current production situation, make decisions on the movement of raw materials at the enterprise after analyzing the data.

Keywords: polyunsaturated fatty acids, PUFA balance, omega-3, omega-6, optimization, programming

Введение

Положительное влияние на организм человека полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) подтверждено многочисленными исследованиями. Эффект алиментарного шунтирования организма человека ПНЖК зависит от множества факторов, самыми существенными считаются количество ПНЖК в рационе, их состав, соотношение ПНЖК и насыщенных жирных кислот, наличие антиоксидантов. В последнее время значительный интерес отводится наличию в рационах питания у различных групп населения ω -6 и ω -3 полиненасыщенных жирных кислот [1–11].

Согласно нормам физиологических потребностей введен рекомендуемый уровень адекватного потребления ω -6 и ω -3 жирных кислот для взрослых, составляющий соответственно 5–10 и 0,8–1,5 г/сутки при соотношении ω -6/ ω -3 5–10:1 [12]. Поэтому представляется весьма актуальным создание пищевых систем для обогащения продуктов массового потребления физиологически активными и эссенциальными веществами, в частности ПНЖК, что согласуется с основами государственной политики РФ в секторе здорового питания населения и «Комплексной программой развития биотехнологий в РФ на период 2020 года» [13].

Цель работы – разработка методики управления качеством пищевых систем для балансирования соотношения ω -6 и ω -3 полиненасыщенных жирных кислот.

Материалы и методы

В работе использовался метод объектно-ориентированного программирования на языке Python 2.6, применялась система для статистического анализа данных Statistica 6.1.478. Программный продукт на императивном, структурированном, объектно-ориентированном языке программирования Delphi 7.0. Библиотека математических вычислений AlgLib.

Результаты и обсуждение

Был разработан программный продукт, позволяющий подбирать соотношения компонентов в пищевой композиции для заданных соотношений ω -6/ ω -3. В основу оптимизации были заложены рекомендации НИИ питания РАМН.

Для примера была выбрана пищевая обогащающая система (ПОС). Созданный программный продукт позволяет работать и с другими пищевыми системами. Основным компонентом ПОС является жмых зародышей пшеницы (ЖЗП). В жмыхе остаточное количество масла составляет 8%, при этом соотношение ω -6: ω -3 находится на уровне 3:1, что не составляет рекомендуемым нормам [14, 15].

Для оптимизации соотношения ω -6/ ω -3 в ПОС предлагается внести купаж растительных масел семян амаранта и тыквы. Анализ экспериментально определенного жирнокислотного состава масла зародышей пшеницы показал, что в нем незаменимых ПНЖК содержится около 58% от их общего количества. При содержании масла в ЖЗП 8% на долю ω -6 и ω -3 приходится 3,4 и 1,2 г в 100 г продукта соответственно.

То есть содержание ω -6 кислот существенно ниже рекомендуемого. Анализируя жирнокислотный состав амарантового и тыквенного масел, можно сделать заключение о том, что ни одно из них не удовлетворяет необходимому соотношению ω -6: ω -3 и составляет 50:1 и 3:1 соответственно.

В результате обработки данных на разработанном программном продукте была получена номограмма для определения процентного соотношения амарантового, тыквенного масла и ЖЗП, при котором обеспечивается требуемое соотношение ω -6/ ω -3 жирных кислот. Для требуемого сочетания кислот необходимо выбирать точку на номограмме внутри некоторой области. Программное обеспечение позволяет посчитать под двум зафиксированным измерениям значение третьего, удовлетворяющее заданному

соотношению. Программный продукт написан на императивном, структурированном, объектно-ориентированном языке программирования Delphi, который является диалектом Object Pascal. Данный язык идеально подходит для анализа и визуализации данных [14–18].

На рисунках 1–3 представлены варианты скриншотов интерфейсов работающей программы подбора компонентного состава ПОС, которая позволяет находить конкретное количество каждого ингредиента ПОС при заданном соотношении ω -6 и ω -3 жирных кислот.

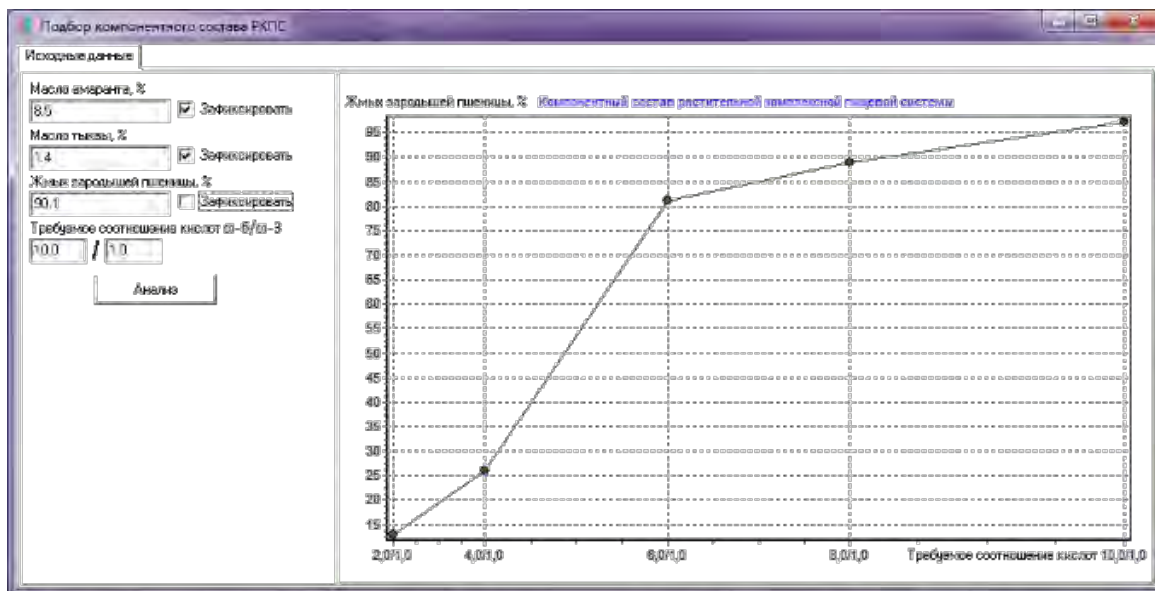


Рисунок 1. Интерфейс программы подбора компонентного состава пищевой обогащающей системы с фиксированными значениями содержания масел амаранта (8,50%) и тыквы (1,40%) и рассчитанным значением содержания жмыха зародышей пшеницы (90,10%) для заданного соотношения кислот ω -6/ ω -3 (10,0/1,0)

Figure 1. The interface of the program for selecting the component composition of a food enrichment system with fixed values for the content of amaranth oils (8,50%) and pumpkins (1,40%) and the calculated value of the content of cake of wheat germ (90,10%) for a given ratio of acids ω -6/ ω -3 (10,0/1,0)

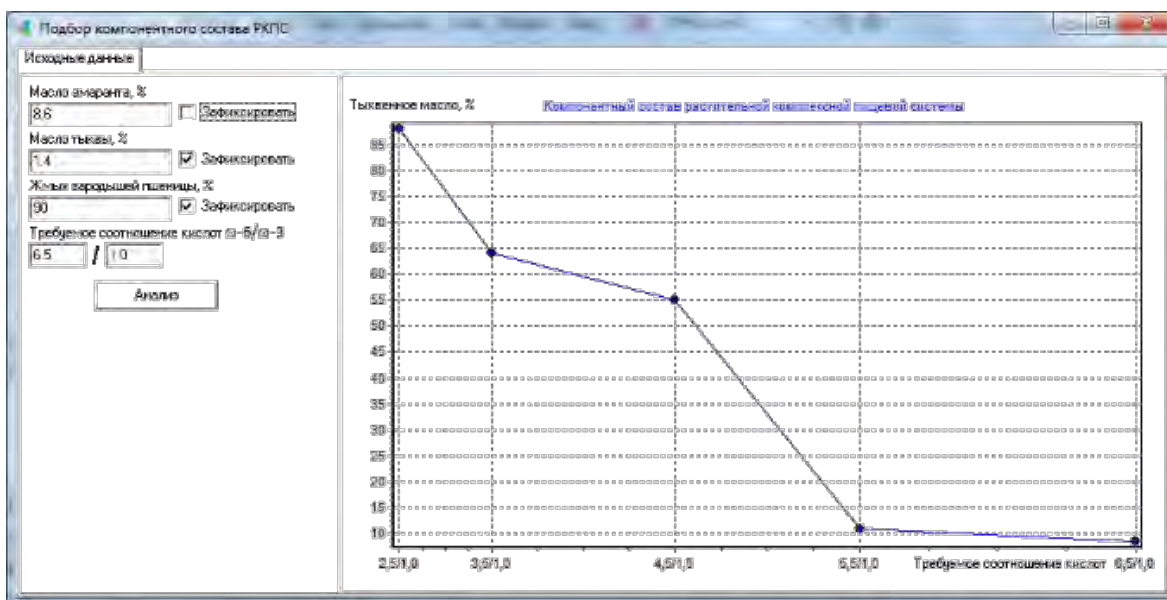


Рисунок 2. Интерфейс программы подбора компонентного состава пищевой обогащающей системы с фиксированными значениями содержания масла тыквы (1,40%) и жмыха зародышей пшеницы (90,0%) и рассчитанным значением масла амаранта (8,60%) для заданного соотношения кислот ω -6/ ω -3 (6,5/1,0)

Figure 2. The interface of the program for selecting the component composition of a food enrichment system with fixed values of pumpkin oil content (1,40%) and wheat germ cake (90,0%) and the calculated value of amaranth oil (8,60%) for a given ratio of acids ω -6/ ω -3 (6,5/1,0)

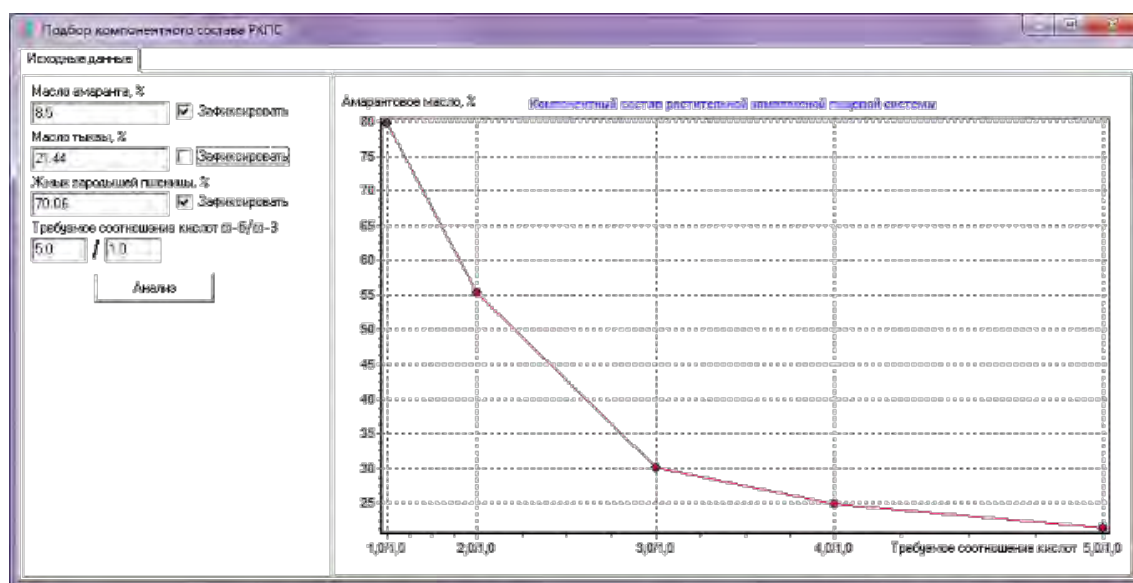


Рисунок 3. Интерфейс программы подбора компонентного состава пищевой обогащающей системы с фиксированными значениями содержания масла амаранта (8,50%) и жмыха зародышей пшеницы (70,06%) и рассчитанным значением масла тыквы (21,44%) для заданного соотношения кислот ω -6/ ω -3 (5,0/1,0)

Figure 3. The interface of the program for selecting the component composition of a food enrichment system with fixed values of amaranth oil content (8,50%) and wheat germ cake (70,06%) and the calculated value of pumpkin oil (21,44%) for a given ratio of acids ω -6/ ω -3 (5,0/1,0)

На рисунках 1–3 в качестве исходных данных выступают поля для ввода количества тыквенного, амарантового масла и жмыха зародышей пшеницы, а также требуемое соотношение кислот. Из рисунка 1 видно, что напротив полей с содержанием тыквенного и амарантового масла поставлены флаги «Зафиксировать». Это означает, что в дальнейшем в процессе оптимизации эти значения изменяться не будут. После нажатия на кнопку «Анализ» будет произведена оптимизация, результаты которой видны на графике справа. В результате проведенной оптимизации в поле с содержанием ЖЗП появится конкретное значение (в данном случае 90,1%), а в поле «Требуемое соотношение ω -6/ ω -3 жирных кислот» для данного случая (ЖЗП – 90,1%; масло амаранта – 8,5%; масло тыквы – 1,4%) будет указано соотношение жирных кислот (в данном примере ω -6/ ω -3 равно 10:1).

Из рисунка 2 следует, что в этом случае изначально заданы значения содержания масла тыквы (1,40%) и ЖЗП (90,0%). Результатом оптимизации работы программы является то, что при соотношении ω -6/ ω -3 (6,5/1,0) количество масла амаранта в пищевой композиции будет составлять 8,60%.

Разработанная программа, представленная на рисунке 3, отличается тем, что в данном случае неизменными являются содержание масла амаранта (8,50%) и ЖЗП (70,06%). А в процессе работы программы заданными соотношениями ω -6/ ω -3 считаются 5,0/1,0).

При этом рассчитанное количество масла тыквы в смеси равно 21,44%. Важно отметить, что применение данного программного обеспечения может быть актуальным на промышленных предприятиях для предварительного расчета и варьирования рецептур пищевых смесей с учетом наличия в данный момент конкретных видов сырья с определенными качественными показателями и массой.

Заключение

Таким образом, при проведении исследований были получены следующие результаты:

- разработан программный продукт, позволяющий подобрать в пищевых композициях по двум зафиксированным количественным значениям компонентов содержание третьего компонента, удовлетворяющего заданному соотношению ω -6/ ω -3 кислот;

- предложен вариант пищевой композиции и проведена апробация работы разработанного программного продукта;

- установлено, что пищевая обогащающая система на основе жмыха зародышей пшеницы, масел амаранта и тыквы может применяться для обогащения продуктов питания ПНЖК, при этом создается возможность целенаправленного регулирования соотношения ω -6/ ω -3 жирных кислот.

Разработанное программное обеспечение позволяет в условиях производства в зависимости от наличия определенных наименований сырьевых источников подбирать оптимальные

варианты пищевых композиций с заведомо известным соотношением ω -6/ ω -3 и выбирать наиболее приемлемый в сложившейся производственной ситуации вариант, принимать решения по движению сырья на предприятии после анализа полученных данных. Данная

программа работает для получения численных значений рассмотренной выше пищевой композиции. Для систем с другим компонентным составом необходимы дополнительные сведения, но программа может быть легко модифицирована при их наличии.

Литература

- 1 Антипова Л.В., Родионова Н.С., Попов Е.С. Тенденции развития научных основ проектирования пищевых продуктов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2018. № 1. С. 8–11.
- 2 Нечаев А.П. Научные основы технологий получения функциональных жировых продуктов нового поколения // Масла и жиры. 2010. № 8. С. 26–27.
- 3 Степанычева Н.В., Фудько А.А. Купажированные растительные масла с оптимизированным жирнокислотным составом // Химия растительного сырья. 2011. № 2. С. 27–33.
- 4 Campos H., Baylin A., Willett W. Linolenic Acid and Risk of Nonfatal Acute Myocardial Infarction // Circulation. 2010. V. 118. P. 339–345.
- 5 Chapkin R., Murray D., Davidson L. Bioactive dietary long chain fatty acids: Emerging mechanisms of action // Br. Journ. Nutr. 2011. V. 100. № 6. P. 1152–1157.
- 6 Fetterman J., Zdanowicz M. Therapeutic potential of ω -3 polyunsaturated fatty acids in disease // Am. Journ. Health Syst. Pharm. 2011. V. 66. № 13. P. 1169–1179.
- 7 Jicha G.A., Markesbery W. Omega-3 fatty acids: potential role in the management of early Alzheimer's disease // Clin. Interv. Aging. 2010. V. 5. P. 45–61.
- 8 Kapoor R., Huang Y. Gamma linolenic acid: an antimflammatory omega-6 fatty acid // Curr. Pharm. Biotechnol. 2011. V. 7. № 6. P. 531–534.
- 9 Weaver K., Ivester P., Seeds M. Effect of Dietary Fatty Acids on Inflammatory Gene Expression in Healthy Humans // Journ. Biol. Chem. 2009. V. 284. № 23. P. 15400–15407.
- 10 Winnik S., Lohmann C., Richter E. Dietary α -linolenic acid diminishes experimental atherogenesis and restricts T cell-driven inflammation // Eur Heart Journ. 2011. P. 53–67.
- 11 Myhrstad M., Retterstol K., Telle-Hansen V. Effect of marine ω -3 fatty acids on circulating inflammatory markers in healthy subjects and subjects with cardiovascular risk factors // InflammRes. 2011. V. 60. № 34. P. 309–319.
- 12 Методические рекомендации 2.3.1.2432–08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ. Москва: Госсанэпиднадзор РФ, 2008. 41 с.
- 13 Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. № 1873-р. URL: <http://www.rg.ru>
- 14 Алексеева Т.В., Агаева Н.Ю., Калгина Ю.О. Конструирование компонентного состава пищевой композиции для балансирования ПНЖК – состава // Теория и практика персонализированного питания. 2019. № 2. С. 75–85.
- 15 Родионова Н.С., Алексеева Т.В. Технология пищевых продуктов сбалансированного ПНЖК состава: монография. Воронеж: ВГУИТ, 2015. 257 с.
- 16 Кандзюба С.П., Громов В.Н. Delphi 6/7. Базы данных и приложения. СПб: ООО «ДиаСофт», 2012. 340 с.
- 17 Роб П., Коронел К. Системы баз данных: проектирование, реализация и управление. Санкт-Петербург: BHV, 2010. 450 с.
- 18 Belokurov S.V., Rodionova N.S., Belokurova E.V., Alexeeva T.V. Modeling of process of lifting power change of baker's yeast pressed depending on nature and quantity of introduced vegetable component // Journal of Physics: International Conference Information Technologies in Business and Industry. 2018. P. 1–4.

References

- 1 Antipova L.V., Rodionova N.S., Popov E.S. Trends in the development of the scientific basis for food design. News of higher educational institutions. Food technology. 2018. no. 1. pp. 8–11. (in Russian).
- 2 Nechaev A.P. The scientific basis of the technology for the production of functional fat products of a new generation. Oils and Fats. 2010. no. 8. pp. 26–27. (in Russian).
- 3 Stepanycheva N.V., Fudko A.A. Blended vegetable oils with optimized fatty acid composition. Chemistry of plant raw materials. 2011. no. 2. pp. 27–33. (in Russian).
- 4 Campos H., Baylin A., Willett W. Linolenic Acid and Risk of Nonfatal Acute Myocardial Infarction. Circulation. 2010. vol. 118. pp. 339–345.
- 5 Chapkin R., Murray D., Davidson L. Bioactive dietary long chain fatty acids: Emerging mechanisms of action. Br. Journ. Nutr. 2011. vol. 100. no. 6. pp. 1152–1157.
- 6 Fetterman J., Zdanowicz M. Therapeutic potential of ω -3 polyunsaturated fatty acids in disease. Am. Journ. Health Syst. Pharm. 2011. vol. 66. no. 13. pp. 1169–1179.
- 7 Jicha G.A., Markesbery W. Omega-3 fatty acids: potential role in the management of early Alzheimer's disease. Clin. Interv. Aging. 2010. vol. 5. pp. 45–61.
- 8 Kapoor R., Huang Y. Gamma linolenic acid: an antimflammatory omega-6 fatty acid. Curr. Pharm. Biotechnol. 2011. vol. 7. no. 6. pp. 531–534.
- 9 Weaver K., Ivester P., Seeds M. Effect of Dietary Fatty Acids on Inflammatory Gene Expression in Healthy Humans. Journ. Biol. Chem. 2009. vol. 284. no. 23. pp. 15400–15407.
- 10 Winnik S., Lohmann C., Richter E. Dietary α -linolenic acid diminishes experimental atherogenesis and restricts T cell-driven inflammation. Eur Heart Journ. 2011. pp. 53–67.
- 11 Myhrstad M., Retterstol K., Telle-Hansen V. Effect of marine ω -3 fatty acids on circulating inflammatory markers in healthy subjects and subjects with cardiovascular risk factors. InflammRes. 2011. vol. 60. no. 34. pp. 309–319.

12 Guidelines 2.3.1.2432–08. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various population groups of the Russian Federation. Moscow, State Sanitary Inspection of the Russian Federation, 2008. 41 p. (in Russian).

13 Fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition for the period up to 2020: Order of the Government of the Russian Federation dated October 25, 2010. № 1873-r. Available at: <http://www.rg.ru> (in Russian).

14 Alekseeva T.V., Agaeva N.Yu., Kalgina Yu.O. The construction of the component composition of a food composition for balancing PUFA – composition. Theory and practice of personalized nutrition. 2019. no. 2. pp. 75–85. (in Russian).

15 Rodionova N.S., Alekseeva T.V. Food technology balanced PUFA composition: monograph. Voronezh: VSUET, 2015. 257 p. (in Russian).

16 Kandzyuba S.P., Gromov V.N. Delphi 6/7. Databases and applications. St. Petersburg, DiaSoft LLC, 2012. 340 p. (in Russian).

17 Rob P., Coronek K. Database systems: design, implementation and management. St. Petersburg, BHV, 2010. 450 p. (in Russian).

18 Belokurov S.V., Rodionova N.S., Belokurova E.V., Alexeeva T.V. Modeling of process of lifting power change of baker's yeast pressed depending on nature and quantity of introduced vegetable component. Journal of Physics: International Conference Information Technologies in Business and Industry. 2018. pp. 1–4.

Сведения об авторах

Татьяна В. Алексеева д.т.н., профессор, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, пр-т Революции, 19, Воронеж, 394036, Россия, pr-t.Revolutsii, 19, Воронеж, 394036, Россия, zyablova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8035-7293>

Евгений О. Здоровцев магистр, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, Воронеж, 394036, Россия, Zanya7777@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5126-8723>

Людмила В. Малакова магистр, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, Воронеж, 394036, Россия, mixbox3@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0481-4175>

Анастасия П. Фурсова магистр, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, Воронеж, 394036, Россия, nasti999@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0481-4290>

Александр Е. Столяров магистр, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, Воронеж, 394036, Россия, stolyarov1997@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3086-3280>

Екатерина С. Талтынова магистр, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, Воронеж, 394036, Россия, ekaterynageeva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6749-8227x>

Вклад авторов

Татьяна В. Алексеева написала рукопись, корректуровала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Евгений О. Здоровцев обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент

Людмила В. Малакова корректура рукописи до подачи в редакцию

Анастасия П. Фурсова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнила расчёты

Александр Е. Столяров предложил методику проведения эксперимента

Екатерина С. Талтынова выполнила расчёты

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Tatyana V. Alekseeva Dr. Sci. (Engin.), professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zyablova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8035-7293>

Eugene O. Zdorovtsev master student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, Zanya7777@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5126-8723>

Lyudmila V. Malakova master student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mixbox3@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0481-4175>

Anastasia P. Fursova master student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nasti999@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0481-4290>

Alexander E. Stolyarov master student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, stolyarov1997@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3086-3280>

Ekaterina S. Taltynova master student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ekaterynageeva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6749-8227x>

Contribution

Tatyana V. Alekseeva All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Eugene O. Zdorovtsev review of literary sources on the investigated problem, conducted an experiment

Lyudmila V. Malakova correction of the manuscript before submission to the editor

Anastasia P. Fursova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Alexander E. Stolyarov proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Ekaterina S. Taltynova performed calculations

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 03/02/2020	После редакции 15/02/2020	Принята в печать 24/02/2020
Received 03/02/2020	Accepted in revised 15/02/2020	Accepted 24/02/2020

Влияние комбинирования микроволнового и ультрафиолетового методов обработки растительного сырья на ингибирование культуры *Salmonella*

Анастасия Ю. Колоколова	¹	aykolokolova@yandex.ru	 0000-0002-9816-1720
Наталья В. Илюхина	¹	inv63@mail.ru	
Марина В. Тришканева	¹	labnta@vniitek.ru	 0000-0002-4444-0716
Алексей А. Королев	¹	korleh@mail.ru	 0000-0002-7144-2522

¹ ВНИИ технологии консервирования филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатого» РАН, ул. Школьная 78 Видное, 142703 Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования по применению физических методов воздействия на растительное сырьё – свежую столовую свеклу с целью ингибирования микроорганизмов рода *Salmonella*. Патогенные микроорганизмы рода *Salmonella* представляют угрозу для человека, являясь возбудителями брюшного тифа, паратифов и других сальмонеллёзов. Применение в технологии переработки фруктов и овощей эффективных и доступных физических методов воздействия позволяет обеспечить максимальное сохранение физиологически ценных компонентов сырья и его безопасность. Для исследования в качестве физических методов были выбраны микроволновое (СВЧ-поле) и ультрафиолетовое излучение. Стерилизующий эффект СВЧ-поля явно выражен – выживаемость бактерий после такой обработки в 2 и более раз меньше, чем при тепловой обработке. Обработка ультрафиолетовым излучением обладает бактерицидным эффектом и характеризуется минимальным воздействием на органолептические свойства растительного сырья. В ходе исследования проведена сравнительная оценка эффективности ингибирования тест-культуры *Salmonella* на нарезанных кубиках свежей свеклы после обработки выбранными физическими методами. Под воздействием СВЧ-поля при выбранном режиме с мощностью 400 Вт, продолжительностью 40 с и плотностью потока 0,44 Вт/см², температура образцов поднималась до 43–46 °С. Обработку ультрафиолетовым (УФ) излучением в С-диапазоне (длина волны 253,7 нм) проводили в течение 15 мин с дозой 50 кДж/м² при суммарной мощности ультрафиолетовых ламп 60 В. Обработка свежей нарезанной свеклы УФ-излучением снизила количество микроорганизмов на 5 порядков от начального количества. Обработка в СВЧ-поле позволила снизить начальную обсемененность сырья на 7 порядков. Последовательная обработка в микроволновом поле и последующим ультрафиолетовым излучением позволила снизить начальную обсемененность свеклы на 8 порядков. Комбинация методов обработки (СВЧ + УФ) показала эффективность их применения для снижения патогенной микрофлоры.

Ключевые слова: растительное сырьё, СВЧ-поле, ультрафиолетовое излучение, тест-культура, патогенные микроорганизмы, *Salmonella*, оптимальные режимы

The effect of combining microwave and ultraviolet methods of plant materials processing on *Salmonella* culture inhibition

Anastasiya Yu. Kolokolova	¹	aykolokolova@yandex.ru	 0000-0002-9816-1720
Natalya V. Ilyuhina	¹	inv63@mail.ru	
Marina V. Trishkaneva	¹	labnta@vniitek.ru	 0000-0002-4444-0716
Alexey A. Korolev	¹	korleh@mail.ru	 0000-0002-7144-2522

¹ All-Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbатов Federal Research Center for Food Systems RAS, Shkolnaya str., 78, Vidnoe 142703, Russia

Abstract. The research results concerning the application of physical methods of plant raw materials influencing - fresh beetroot - to inhibit microorganisms of *Salmonella* genus were presented in the work. Pathogenic microorganisms of *Salmonella* genus pose a threat to humans, being causative agents of typhoid fever, paratyphoid fever and other salmonellosis. The use of effective and available physical methods of influence in the fruit and vegetable processing technology allows us to ensure the maximum conservation of physiologically valuable components of the raw material and its safety. Microwave (microwave field) and ultraviolet radiation were chosen as physical methods for research. The sterilizing effect of the microwave field was clearly expressed - the bacteria survival after such a treatment was 2 or more times less than during heat treatment. Treatment with ultraviolet radiation has a bactericidal effect and is characterized by a minimal effect on the plant materials organoleptic properties. A comparative assessment of the effectiveness of the inhibition of the *Salmonella* test culture on diced fresh beets after treatment with the selected physical methods was carried out during the study. The samples temperature rose up to 43–46 °C under the influence of a microwave field in the selected mode with a power of 400 W, a duration of 40 s, and a flux density of 0.44 W / cm². Treatment with ultraviolet (UV) radiation in the C-band (wavelength 253.7 nm) was carried out for 15 min with a dose of 50 kJ / m² with a total power of ultraviolet lamps equal to 60 V. Processing of fresh chopped beets with UV radiation reduced the number of microorganisms by 5 orders of magnitude from the initial amount. Processing in a microwave field allowed to reduce the initial seed contamination of raw materials by 7 orders of magnitude. Sequential processing in a microwave field and subsequent ultraviolet radiation allowed us to reduce the initial beets seedling by 8 orders of magnitude. The combination of processing methods (microwave + UV) showed the effectiveness of their application to reduce pathogenic microflora.

Keywords: plant raw materials, microwave field, ultraviolet radiation, test culture, pathogenic microorganisms, *Salmonella*, optimal modes

Для цитирования

Колоколова А.Ю., Илюхина Н.В., Тришканева М.В., Королев А.А. Влияние комбинирования микроволнового и ультрафиолетового методов обработки растительного сырья на ингибирование культуры *Salmonella* // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 76–81. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-76-81

For citation

Kolokolova A.Yu., Ilyuhina N.V., Trishkaneva M.V., Korolev A.A. The effect of combining microwave and ultraviolet methods of plant materials processing on *Salmonella* culture inhibition. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 76–81. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-76-81

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

Введение

Растительное сырье – это источник легкоусвояемых углеводов, витаминов, пищевых волокон и природных антиоксидантов, которые способствуют регулированию важнейших физиологических функций организма, и основа для продуктов здорового питания высокого качества. В этой связи технологии переработки фруктов и овощей должны быть ориентированы на рациональное использование сырьевых ресурсов с максимальным сохранением физиологически ценных компонентов сырья и увеличением сроков хранения готовой продукции, произведенной на основе такого сырья. Растительное сырье в основном имеет высокую влажность и высокое содержание растворимых сухих веществ, что часто способствует развитию микрофлоры на поверхности сырья, приводящей к его порче [14].

Процесс хранения растительной продукции носит многофакторный характер, что обуславливает целесообразность применения физических методов обработки сырья или их комбинирования [1]. Традиционными физическими методами предотвращения микробиологических и окислительных процессов пищевой продукции являются бланширование, предварительное холодильное хранение, быстрое замораживание. Наряду с этим эффективными и доступными физическими методами воздействия на сырье применяют СВЧ-поле и ультрафиолетовое излучение [2,3, 13, 24].

СВЧ-поле обладает бактерицидным и бактериостатическим действием. Обработка растительного сырья СВЧ-энергией используется при размораживании сырья, для нагревания, размягчения, стерилизации. Обработка СВЧ-полем обладает тепловым эффектом, связанным с диэлектрическими свойствами материала. В СВЧ-поле молекулы воды (диполи) совершают колебательные и вращательные движения. При этом выделяется тепловая энергия по всему объему объекта обработки [3]. Глубина проникновения электромагнитного (СВЧ) поля зависит от его частоты и диэлектрических свойств материала [4]. Применение энергии СВЧ-поля может быть ограничено для отдельных видов термолабильного растительного сырья [24].

Применение ультрафиолетового излучения для обработки биологических объектов также является технологическим эффективным методом. Этот метод позволяет защитить продукты от заражения микроорганизмами, что имеет особое значение для обработки поверхности

овощной продукции, в связи с тем что проникновение ультрафиолетовых лучей осуществляется на глубину не более 0,1 мм. УФ-излучение вызывает димеризацию тимина в молекулах ДНК. Накопление таких изменений в ДНК микроорганизмов приводит к замедлению темпов их размножения. Основным достоинством ультрафиолетовой обработки помимо его бактерицидного эффекта является возможность обеспечения минимального воздействия на растительное сырье [5–9]. При этом ультрафиолетовое излучение бывает малоэффективным для некоторых видов бактерий и грибов, а также излучение не может проникать в скрытые полости сырья, если это необходимо [23].

Обработка физическими методами наряду со стерилизующим эффектом может способствовать позитивным изменениям свойств растительного сырья: увеличивать содержание антоцианов, антиоксидантную активность, содержание растворимых сухих веществ. Изучение параметров обработки пищевых продуктов физическими методами может варьироваться от ряда характеристик, таких как мощность установки, проницаемость, интенсивность обработки, вид воздействия на объект [5].

При интенсивной обработке и длительном воздействии СВЧ-поля или ультрафиолетового излучения необходимо учитывать возникающий эффект повышенного отепления сырья в процессе обработки, которое может привести к разрушению клеточных структур растительных тканей, питательных веществ и витаминов. В этой связи важную роль играет оптимальный подбор дозы излучения и длительность обработки выбранным физическим методом [9–11].

Решением для снижения эффекта избыточного отепления сырья в процессе обработки и компенсации отдельных недостатков каждого из физических методов может служить их комбинирование. Комбинирование физических методов обработки позволяет решить ряд актуальных задач, связанных с антимикробной обработкой сырья: снизить количество или полностью ингибировать патогенную микрофлору, находящуюся на поверхности сырья; повысить микробиологическую стабильность и безопасность растительного сырья [10, 12–16].

В соответствии с этим была поставлена задача в поиске оптимальных режимов комбинирования СВЧ-поля и ультрафиолетового излучения для обработки растительного сырья с целью достижения необходимого стерилизующего эффекта при сохранении качества обрабатываемого растительного сырья.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования была выбрана свекла столовая сорта «Государыня». В качестве патогенного объекта микробиологической порчи сырья использовали музейный штамм микро-организма *Salmonella entrica subsp. Enterica serovar Typhimurium* ATCC 140283 (ФБУН ГНЦ ПМБ). Анализ нормативной документации показал целесообразность использования в качестве объекта исследования патогенной микрофлоры показатель *Salmonella*, нормируемый как для свежей, так и для бланшированной свеклы. *Salmonella* является патогенным видом микроорганизмов, способным вызывать острые токсинфекции, а ее контроль является важной задачей микробиологии [17–22].

Для определения эффективности воздействия физических методов обработки на ингибирование *Salmonella entrica subsp.* использовали искусственную модельную среду, имитирующую свойства поверхности пищевого продукта. Исследования на модельной среде были выбраны с целью исключения попадания посторонней микрофлоры с поверхности растительного сырья позволяли выявить динамику ингибирования изучаемого вида микроорганизма. В качестве модельной среды использовали стандартный мясopептонный агар (МПА) фирмы HiMedia, обладающий необходимым набором питательных веществ, способствующий поддержанию жизнеспособных микроорганизмов в процессе проведения исследования.

В качестве растительного сырья использовали нарезанные кубики свежей свеклы. Свежую столовую свеклу мыли, чистили и нарезали брусочками 2 × 5 см, полученное сырьё помещали в стерильные чашки Петри.

Подготовку суспензии микроорганизмов проводили путем культивирования взвеси изучаемого микроорганизма (*Salmonella*) в жидкой питательной среде – мясopептонном бульоне (МПБ) фирмы HiMedia (Индия), при температуре 37 °C (термостат марки СПУ 1/80, (Россия) в течение 24 ч. Заражение модельных сред и образцов столовой свеклы проводили путем поверхностного нанесения суспензии микроорганизмов из расчета 1:1.

Проверку устойчивости суспензии микроорганизмов, нанесенной на модельную среду, проводили следующим образом: полученную суточную суспензию с использованием стерильного шпателя и серологической пипетки равномерно наносили по поверхность модельной среды и подсушивали на воздухе в ламинарном боксе Ламинар С (2 – класс защиты с встроенными и поверенными фильтрами HEPA-14) до полного высыхания. После чего проводилась обработка модельных образцов СВЧ-полем, ультрафиолетовым излучением и их комбинированным воздействием.

При исследовании режимов микроволновой обработки экспериментальных образцов использовали СВЧ-установку модели Samsung C.T.P. марки M187GNR (Китай) с выходной мощностью от 100 до 850 Вт и рабочей частотой 2450 МГц. Обработку ультрафиолетовым излучением проводили на медицинском бактерицидном излучателе марки «Азов» ОБН-150 с двумя лампами Philips TUV (30 w) с максимальной длиной волны 253,7 нм. Расстояние от ламп до объектов обработки – 55 см.

Микробиологические исследования экспериментальных образцов проводили согласно действующей нормативной документации по определению количества мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Эффективность воздействия обработки проверяли путем определения количества начальной и остаточной микрофлоры в модельных образцах. После обработки образцов производились необходимые серии разведений и высевов на стандартную среду МПА (питательный агар для культивирования микроорганизмов, Россия). Культивирование посевов проводили путем термостатирования при температуре 37 °C в течение 24 ч.

Определение количества микроорганизмов, выросших на плотной питательной среде, осуществляли способом прямого подсчета числа колоний образующих единиц (КОЕ) Расчет средневзвешенного числа микроорганизмов N , присутствующих в пробе, осуществляли по формуле:

$$N = \frac{\sum C}{V \cdot 1,1 \cdot d^2},$$

где $\sum C$ – сумма колоний, подсчитанных в двух чашках Петри, выбранных для подсчета из двух последовательных разведений; V – объем посевного материала, внесенного в каждую чашку Петри (см³); d – коэффициент разведения, соответствующий первому выбранному разведению (в случае отсутствия разведения – $d = 1$). Результат вычисления округляли до двух значащих цифр.

Результаты и обсуждение

Режим обработки образцов в СВЧ-поле подобран с целью минимизации температурного воздействия на растительное сырьё. Под воздействием СВЧ-поля при выбранном режиме с мощностью 400 Вт, продолжительностью 40 с и плотностью потока 0,44 Вт/см² температура образцов поднималась до 43–46 °C. Ультрафиолетовую обработку проводили в течение 15 мин и суммарной мощности ламп 60 В и дозой 50 кДж/м².

Проведена сравнительная оценка эффективности ингибирования тест-культуры *Salmonella* на нарезанных кубиках свежей свеклы под воздействием СВЧ и УФ-излучений. Результаты исследований представлены на рисунке 1.

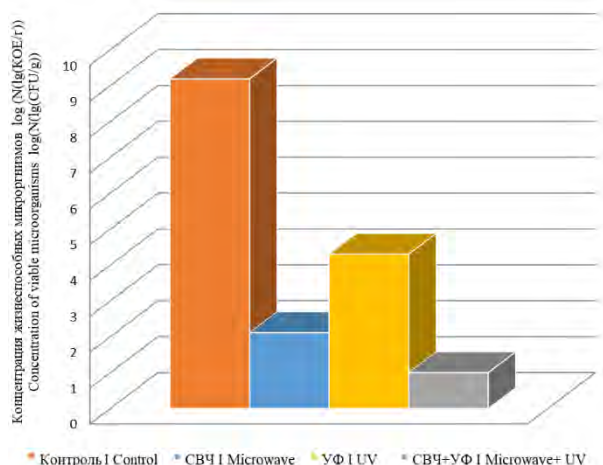


Рисунок 1. Эффективность ингибирования патогенной культуры *Salmonella* под воздействием обработки отдельно взятыми и комбинированными методами воздействия СВЧ и УФ

Figure 1. Efficiency of inhibition of pathogenic culture *Salmonella* under the influence of treatment by separate and combined methods of exposure to microwave and UV

Из приведенной диаграммы виден эффект применения выбранных физических методов обработки. По сравнению с контролем обработка СВЧ-полем позволила снизить начальную

обсемененность сырья на 7 порядков. Обработка образцов свеклы УФ-излучением показала эффективность ингибирования начального количества микроорганизмов на 5 порядков. Комбинированный метод воздействия позволил снизить начальную обсемененность образцов на 8 порядков.

Заключение

Исследования показали эффективность применения комбинирования СВЧ-поля и ультрафиолетового излучения для обеспечения эффективной инактивации патогенных микроорганизмов *Salmonella*. Комбинированный способ обработки с характеристиками: 40 с СВЧ-полем с мощностью потока 400 Вт и с последующим воздействием в течение 15 мин ультрафиолетовым излучением с дозой 50 кДж/м², обеспечил снижение начальной концентрации микроорганизмов *Salmonella* на 8 порядков.

Комбинированная обработка позволила минимизировать воздействие микроволновой энергии на качество обрабатываемой свежей свеклы, обеспечивая необходимый уровень ингибирования патогенных микроорганизмов *Salmonella* и микробиологическую безопасность исследуемого растительного сырья.

Литература

- 1 Miteva D., Dimov K., Nacheva I., Todorov Y. et al. Modern technological approaches for ensuring of harmless and quality fruits // Bugarian Journal of Agricultural Science. 2014. V. 20. № 2. P. 243–245.
- 2 Джаруллаев Д.С. Научно-технические принципы создания интенсивных технологий переработки плодово-ягодного сырья с использованием электромагнитного поля сверхвысокой частоты: автореф. дис. д-р. техн. наук. Махачкала, 2005. 49 с.
- 3 Лисовой В.В., Першакова Т.В., Корнен Н.Н., Ачмиз А.Д. и др. Применение ЭМП СВЧ в технологиях переработки растительного сырья и вторичных ресурсов. // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 04–118.
- 4 Ихлов Б.Л., Мельниченко А.В., Ощепков А.Ю. Действие сверхвысокочастотного электромагнитного поля на микроорганизмы // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24. № 2. С. 141–146.
- 5 Kehoe J.J. Tryptophan-mediated denaturation of beta-lactoglobulin A by UV irradiation // J. Agric. Food Chem. 2008. V. 56. № 12.
- 6 Krishnamurthy K. Decontamination of milk and water by pulsed UV-light and infrared heating // The Pennsylvania State University. 2006. URL: <https://etda.libraries.psu.edu/paper/7212/2481>.
- 7 Симоненко С.В. и др. Воздействие ультрафиолетового излучения на биологические структуры козьего молока // Хранение и переработка сельхозсырья. 2010. № 4. С. 16.
- 8 Filipov Zh. Changes in the total protein and protein fractions in cow's milk irradiated with ultraviolet rays // Vet. Med. Nauki. 1976. V. 13. № 4.
- 9 Kristo E., Hazizaj A., Corredig M. Effect of UV irradiation on the properties of whey protein solutions treated using a novel UV light reactor. URL: <http://www.icef11.org/content/papers/nfp/NFP1132.pdf>
- 10 Харитонов В.Д., Шерстнева Н.Е. Влияние ультрафиолетового излучения на основные компоненты и микробиологические показатели жидких пищевых продуктов // Труды БГУ. 2014. Т. 9.
- 11 Завьялов М.А., Кухто В.А., Филиппович В.П., Морозов А.О. и др. Исследования процессов микронизации зерна пшеницы в установке СВЧ-энергии // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 6. С. 9–14.
- 12 Devaraju R., Kalla A.M. Microwave energy and its application in food industry: A review // Asian J. Dairy & Food Res. 2017. V. 36. P. 37–44.
- 13 Бараненко Д.А., Борисов А.Е., Борисова И.И. Влияние микроволновой обработки на показатели качества и безопасности упакованных пищевых ингредиентов с низким содержанием влаги // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2017. № 3. С. 3.
- 14 Глебова С.Ю., Голуб О.В., Мотовилов О.К. Использование свеклы столовой при производстве соусов для общественного питания // Пищевая промышленность. 2017. № 10. С. 40–42.
- 15 Юсупов Г.Г., Юсупов Р.Х. Обеспечение микробиологической безопасности муки и хлеба энергией СВЧ-поля // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2009. № 1. С. 20.
- 16 Грачева А.Ю., Илюхина Н.В., Калинина Ж.А. Изучение влияния радиационной технологии на микробиологическую безопасность пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции. Краснодар, 2016. С. 245–250.

- 17 Wallner-Pendleton E.A. et al. The use of ultraviolet radiation to reduce Salmonella and psychrotropic bacterial contamination on poultry carcasses // *Poultry Sci.* 1994. V. 73. P. 571–573.
- 18 Костенко Ю.Г., Храмов М.В., Давлеев А.Д. Проблема пищевого сальмонеллеза в России: объективный взгляд и пути решения // *Все о мясе*. 2012. № 1. С. 28–31.
- 19 Алиева А.К., Дмитриченко М.И., Пеленко В.В. Микробиологическая безопасность и контроль качества продуктов птицеводства реализуемых в торговых сетях Санкт-Петербурга и Ленинградской области // *Вестник ВГУИТ*. 2017. Т. 79. № 1 (71). С. 290–296.
- 20 Василовский А.М., Куркатов С.В. Гигиеническая оценка безопасности продуктов питания, производимых в Красноярском крае // *Техника и технология пищевых производств*. 2012. № 1 (24). С. 116–119.
- 21 Kuo F.L., Carey J.B., Ricke S.C. UV irradiation of shell eggs: Effect on populations of aerobes, moulds, and inoculated Salmonella typhimurium // *J. Food Prot.* 1997. V. 60. P. 639–643.
- 22 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции.
- 23 Борисов Л.Б. Медицинская микробиология, вирусология и иммунология. МИА, 2005. 734 с.
- 24 Королев А.А., Тюрина С.Б., Тришканева М.В. Анализ применения микроволнового излучения в технологиях стерилизации растительного сырья // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 2019. № 3. С. 81–91.

References

- 1 Miteva D., Dimov K., Nacheva I., Todorov Y. et al. Modern technological approaches for ensuring of harmless and quality fruits. *Bugarian Journal of Agricultural Science*. 2014. vol. 20. no. 2. pp. 243–245.
- 2 Dzharullaev D.S. Scientific and technical principles for creating intensive technologies for processing fruit and berry raw materials using an ultra-high frequency electromagnetic field: abstract. dis. dr. tech. sciences. Makhachkala, 2005. 49 p. (in Russian).
- 3 Lisova V.V., Pershakova T.V., Kornen N.N., Achmiz A.D. et al. The use of microwave electromagnetic fields in the processing of plant materials and secondary resources. *Scientific journal of KubSAU*. 2016. no. 04–118. (in Russian).
- 4 Ikhlov B.L., Melnichenko A.V., Oshchepkov A.Yu. The action of a microwave electromagnetic field on microorganisms. *Bulletin of new medical technologies*. 2017. vol. 24. no. 2. pp. 141–146. (in Russian).
- 5 Kehoe J.J. Tryptophan-mediated denaturation of beta-lactoglobulin A by UV irradiation. *J. Agric. Food Chem.* 2008. vol. 56. no. 12.
- 6 Krishnamurthy K. Decontamination of milk and water by pulsed UV-light and infrared heating. The Pennsylvania State University. 2006. Available at: <https://etda.libraries.psu.edu/paper/7212/2481>.
- 7 Simonenko S.V. et al. The effect of ultraviolet radiation on the biological structures of goat milk. Storage and processing of agricultural raw materials. 2010. no. 4. pp. 16. (in Russian).
- 8 Filipov Zh. Changes in the total protein and protein fractions in cow's milk irradiated with ultraviolet rays. *Vet. Med. Nauki*. 1976. vol. 13. no. 4.
- 9 Kristo E., Hazizaj A., Corredig M. Effect of UV irradiation on the properties of whey protein solutions treated using a novel UV light reactor. Available at: <http://www.icef11.org/content/papers/nfp/NFP1132.pdf>
- 10 Kharitonov V.D., Sherstneva N.E. The influence of ultraviolet radiation on the main components and microbiological indicators of liquid food products. *Transactions of BSU*. 2014. vol. 9. (in Russian).
- 11 Zavyalov M.A., Kukhto V.A., Filippovich V.P., Morozov A.O. and other studies of the processes of micronization of wheat grain in the installation of microwave energy. Storage and processing of agricultural raw materials. 2017. no. 6. pp. 9–14. (in Russian).
- 12 Devaraju R., Kalla A.M. Microwave energy and its application in food industry: A review. *Asian J. Dairy & Food Res.* 2017. vol. 36. pp. 37–44.
- 13 Baranenko D.A., Borisov A.E., Borisova I.I. The influence of microwave processing on the quality and safety indicators of packaged food ingredients with a low moisture content. *Scientific journal NRU ITMO. Series “Processes and Food Production Equipment”*. 2017. no. 3. pp. 3. (in Russian).
- 14 Glebova S.Yu., Golub O.V., Motovilov O.K. The use of beetroot in the production of sauces for catering. *Food industry*. 2017. no. 10. pp. 40–42. (in Russian).
- 15 Yusupov G.G., Yusupov R.Kh. Ensuring the microbiological safety of flour and bread with microwave energy. *Vestnik FGOU VPO MGAU*. 2009. no. 1. pp. 20. (in Russian).
- 16 Gracheva A.Yu., Ilyukhina N.V., Kalina Zh.A. Studying the influence of radiation technology on the microbiological safety of food products and agricultural raw materials. *Scientific support of innovative technologies for the production and storage of agricultural and food products*. Krasnodar, 2016. pp. 245–250. (in Russian).
- 17 Wallner-Pendleton E.A. et al. The use of ultraviolet radiation to reduce Salmonella and psychrotropic bacterial contamination on poultry carcasses. *Poultry Sci.* 1994. vol. 73. pp. 571–573.
- 18 Kostenko Yu.G., Khramov M.V., Davleev A.D. The problem of food-borne salmonellosis in Russia: an objective view and solutions. *All about meat*. 2012. no. 1. pp. 28–31. (in Russian).
- 19 Aliyev A.K., Dmitrichenko M.I., Pelenko V.V. Microbiological safety and quality control of poultry products sold in retail chains of St. Petersburg and the Leningrad Region. *Proceedings of VSUET*. 2017. vol. 79. no. 1 (71). pp. 290–296. (in Russian).
- 20 Vasilovsky A.M., Kurkatov S.V. Hygienic assessment of the safety of food products produced in the Krasnoyarsk Territory. *Technique and technology of food production*. 2012. no. 1 (24). pp. 116–119. (in Russian).
- 21 Kuo F.L., Carey J.B., Ricke S.C. UV irradiation of shell eggs: Effect on populations of aerobes, moulds, and inoculated Salmonella typhimurium. *J. Food Prot.* 1997. vol. 60. pp. 639–643.
- 22 Technical Regulations of the Customs Union TR CU 021/2011. On the safety of food products. (in Russian).
- 23 Borisov L.B. Medical microbiology, virology and immunology. MIA, 2005. 734 p. (in Russian).
- 24 Korolev A.A., Tyurina S.B., Trishkaneva M.V. Analysis of the use of microwave radiation in sterilization technologies for plant materials. *Scientific journal NRU ITMO. Series “Processes and Food Production Equipment”*. 2019. no. 3. pp. 81–91. (in Russian).

Сведения об авторах

Анастасия Ю. Колоколова к.т.н., ведущий научный сотрудник, ВНИИ технологии консервирования филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатого» РАН, ул. Школьная 78 Видное, 142703 Россия, aykolokolova@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9816-1720>

Наталья В. Илюхина к.х.н., ведущий научный сотрудник, ВНИИ технологии консервирования филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатого» РАН, ул. Школьная 78 Видное, 142703 Россия, inv63@mail.ru

Марина В. Тришканева к.х.н., ведущий научный сотрудник, ВНИИ технологии консервирования филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатого» РАН, ул. Школьная 78 Видное, 142703 Россия, labnta@vniitek.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4444-0716>

Алексей А. Королев к.т.н., ведущий научный сотрудник, ВНИИ технологии консервирования филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатого» РАН, ул. Школьная 78 Видное, 142703 Россия, korleh@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7144-2522>

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

Anastasiya Yu. Kolokolova Cand. Sci. (Engin.) leading researcher, All-Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbatov Federal Research Center for Food Systems RAS, Shkolnaya str., 78, Vidnoe 142703, Russia, aykolokolova@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9816-1720>

Natalya V. Ilyuhina Cand. Sci. (Chem.), leading researcher, All-Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbatov Federal Research Center for Food Systems RAS, Shkolnaya str., 78, Vidnoe 142703, Russia, inv63@mail.ru

Marina V. Trishkaneva Cand. Sci. (Chem.). leading researcher, All-Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbatov Federal Research Center for Food Systems RAS, Shkolnaya str., 78, Vidnoe 142703, Russia, labnta@vniitek.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4444-0716>

Alexey A. Korolev Cand. Sci. (Engin). leading researcher, All-Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbatov Federal Research Center for Food Systems RAS, Shkolnaya str., 78, Vidnoe 142703, Russia, korleh@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7144-2522>

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 10/02/2020	После редакции 18/02/2020	Принята в печать 29/02/2020
Received 10/02/2020	Accepted in revised 18/02/2020	Accepted 29/02/2020

Использование метода капиллярного электрофореза в оценке пищевых продуктов и напитков

Дмитрий В. Зипаев¹ dvz7@mail.ru  0000-0003-0950-0901
Анастасия А. Тулина¹ nastenka.tulina@mail.ru
Александр Н. Кожухов¹ sandro_2@mail.ru

¹ Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия

Аннотация. Метод капиллярного электрофореза может использоваться при оценке качества, безопасности, фальсификации и идентификации пищевых продуктов и напитков. Он отличается высокой точностью (до 97 %) и эффективностью. С помощью него можно определять содержание различных катионов и анионов, органических кислот, углеводов, витаминов, аминокислот, консервантов, антиоксидантов, флавоноидов, синтетических красителей, имеющих большое значение для техникохимического контроля производства продукции на предприятии. Метод капиллярного электрофореза позволяет определить натуральность и качество безалкогольных и алкогольных напитков путем выявления наличия или отсутствия органических кислот в пробе, а также анализа их количественного содержания и соотношения, даёт возможность контролировать ферментативные процессы и проводить корреляцию со вкусом конечного продукта. Кроме того, данный метод можно использовать при оценке качества воды, используемой в качестве основного сырья для производства напитков. Он позволяет определить содержание пестицидов и фунгицидов в сырье, используемом для производства продуктов питания и напитков. Метод основан на электромиграции ионов и электроосмосе и, как следствие, разделении сложной многокомпонентной системы в кварцевом капилляре. Суть в том, что после подачи к подготовленным к анализу капиллярам напряжения до 30 кВ, компоненты смеси начинают двигаться по капилляру с разной скоростью, достигая тем самым в разное время зоны детектирования. Таким образом достигается разделение и впоследствии обнаружение исследуемых веществ в том или ином продукте, напитке или сырье.

Ключевые слова: капиллярный, электрофорез, детектирование, идентификация, фальсификация, пищевые, продукты, напитки

The use of capillary electrophoresis in the evaluation of food and beverages

Dmitry V. Zipsev¹ dvz7@mail.ru  0000-0003-0950-0901
Anastasia A. Tulina¹ nastenka.tulina@mail.ru
Alexander N. Kozhukhov¹ sandro_2@mail.ru

¹ Samara State Technical University, Molodogvardeyskaya st., 244, Samara, 443100, Russia

Abstract. The method of capillary electrophoresis can be used to assess the quality, safety, falsification and identification of food and beverages. It is characterized by high accuracy (up to 97%) and efficiency. Using it, you can determine the content of various cations and anions, organic acids, carbohydrates, vitamins, amino acids, preservatives, antioxidants, flavonoids, synthetic dyes, which are of great importance for the technological control of production at the enterprise. The method of capillary electrophoresis allows you to determine the naturalness and quality of soft drinks and alcoholic drinks by detecting the presence or absence of organic acids in the sample, as well as analyzing their quantitative content and ratio, makes it possible to control enzymatic processes and correlate with the taste of the final product. In addition, this method can be used to assess the quality of water used as the main raw material for the production of beverages. It allows you to determine the content of pesticides and fungicides in the raw materials used for the production of food and beverages. The method is based on the electromigration of ions and electroosmosis and, as a consequence, the separation of a complex multicomponent system in a quartz capillary. The bottom line is that after applying voltage up to 30 kV to the prepared capillaries for analysis, the components of the mixture begin to move along the capillary at different speeds, thereby reaching the detection zone at different times. Thus, separation and subsequently detection of the test substances in a particular product, drink or raw material is achieved.

Keywords: capillary, electrophoresis, detection, identification, falsification, food, products, drinks

Введение

Оценка качества и безопасности, а также оценка различных питательных и функциональных свойств пищевых продуктов и напитков подразумевают использование надежных, действенных, чувствительных и экономически эффективных аналитических методов.

Для цитирования

Зипаев Д.В., Тулина А.А., Кожухов А.Н. Использование метода капиллярного электрофореза в оценке пищевых продуктов и напитков // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 82–87. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-82-87

В последние годы одним из наиболее активно развивающихся аналитических методов является метод капиллярного электрофореза (КЭ). Данный метод весьма интересен для анализа большого количества соединений за счет своей высокой эффективности разделения, малых требований к образцам и реагентами скорости

For citation

Zipsev D.V., Tulina A.A., Kozhukhov A.N. The use of capillary electrophoresis in the evaluation of food and beverages. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 82–87. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-82-87

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

анализа. Капиллярный электрофорез зарекомендовал себя как очень полезный и дополняющий аналитический инструмент, особенно когда анализируются высокополярные и заряженные метаболиты и объем выборки ограничен. Целевой анализ осуществляется для оценки качества и безопасности, включая комбинацию процедур подготовки образца и последующего анализа методом капиллярного электрофореза заданного количества соединений из сложной смеси. В качестве альтернативной стратегии целевого анализа существуют разработки профильных технологий, создающих потенциал для улучшения анализов, которые можно определить одновременно в одном анализе [1].

Цель работы – определить возможность использования метода КЭ для оценки пищевых продуктов и напитков.

Обсуждение

Предпосылки появления электрофореза связаны с открытием электроосмоса в начале XIX в. и законом Кольрауша о независимом движении ионов (1897). Интенсивное использование метода капиллярного электрофореза в аналитической практике началось с достижения Д.У. Йоргенсона (1983), предложившего использовать наряду с электрофорезом электроосмотический поток, обеспечивающий движение компонентов пробы в одну сторону и позволяющий реализовать электрофорез в приборе с одним детектором [2].

Применение кварцевых капилляров, положительно зарекомендовавших себя, начиная с 1973 г., в многочисленных методиках с использованием капиллярной газовой хроматографии, в методе электрофореза, в начале 90-х гг. XX в. позволило создать аналитическое оборудование, способное конкурировать с признанными методами газовой и жидкостной хроматографии.

Метод капиллярного электрофореза позволяет анализировать ионные и нейтральные компоненты различной природы с высокой экспрессностью и уникальной эффективностью. В основе капиллярного электрофореза лежат электрокинетические явления – электромиграция ионов и других заряженных частиц и электроосмос. Эти явления возникают в растворах при помещении их в электрическое поле преимущественно высокого напряжения. Если раствор находится в тонком капилляре, например, в кварцевом, то электрическое поле, наложенное вдоль капилляра, вызывает в нем движение заряженных частиц и пассивный поток жидкости, в результате чего проба разделяется на индивидуальные компоненты, так как параметры

электромиграции специфичны для каждого сорта заряженных частиц. В то же время такие возмущающие факторы, как диффузионные, сорбционные, конвекционные, гравитационные и т. п., в капилляре существенно ослаблены, благодаря чему достигается рекордная эффективность разделений.

Традиционно капиллярный электрофорез сравнивают с высокоэффективной жидкостной хроматографией (ВЭЖХ), поскольку в обоих методах разделение происходит в ограниченном пространстве (капилляре или колонке) с участием движущейся жидкой фазы (буферного раствора или подвижной фазы (элюента), и для регистрации сигналов используют схожие принципы детектирования и программы обработки данных.

Тем не менее у методов есть отличия, которые, безусловно, относятся к достоинствам капиллярного электрофореза: высокая эффективность разделения (сотни тысяч теоретических тарелок), недоступная ВЭЖХ и связанная с плоским профилем ЭОП; малый объем анализируемой пробы и буферов (не более 1–2 мл в день), при этом практически не требуется применение высокочистых, дорогостоящих органических растворителей; отсутствие колонки, сорбента, проблем с его старением и, значит, заменой колонки; простая и недорогая аппаратура; экспрессность и низкая себестоимость единичного анализа [3].

Метод капиллярного электрофореза основан на разделении компонентов сложной смеси в кварцевом капилляре под действием приложенного электрического поля. Микрообъем анализируемого раствора (около 2 нл) вводят в капилляр, предварительно заполненный подходящим буфером – электролитом. После подачи к концам капилляра высокого напряжения (до 30 кВ) компоненты смеси начинают двигаться по капилляру с разной скоростью, зависящей, в первую очередь, от заряда и массы (точнее – величины ионного радиуса), и в разное время достигают зоны детектирования. Детектирование – это диапазон между пределами, выраженными заявленными значениями нижнего и верхнего пределов. Полученная последовательность пиков называется электрофореграммой, при этом качественной характеристикой вещества является параметр удерживания (время миграции), а количественной – высота или площадь пика, пропорциональная концентрации вещества. На рисунке 1 представлена принципиальная схема капиллярного электрофореза.

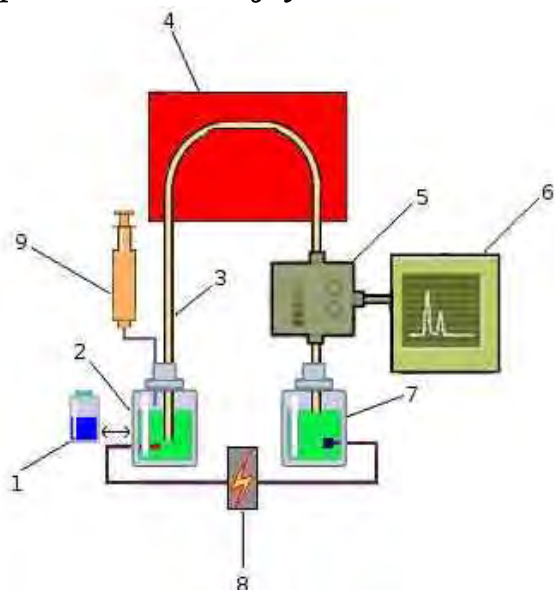


Рисунок 1. Принципиальная схема капиллярного электрофореза: 1 – виала с образцом, которая меняется местами с буферным раствором при заборе пробы; 2 – буферный раствор с анодом; 3 – капиллярная колонка; 4 – термостат; 5 – детектор; 6 – система сбора данных; 7 – буферный раствор с катодом; 8 – источник высокого напряжения; 9 – система контроля давления

Figure 1. Schematic diagram of capillary electrophoresis: 1 – vial with a sample, which changes places with a buffer solution when sampling; 2 – buffer solution with an anode; 3 – capillary column; 4 – thermostat; 5 – detector; 6 – data acquisition system; 7 – buffer solution with a cathode; 8 – source of high voltage; 9 – pressure control system

В последнее время метод капиллярного электрофореза получает все большее распространение в анализе различных пищевых продуктов и напитков. Цель метода заключается в определении органических кислот (в том числе индивидуальные формы D- и L-изомеров), сахара, неорганических катионов и анионов, консервантов, антиоксидантов, синтетических красителей, подсластителей, витаминов, аминокислот, ароматических альдегидов, аминов, флавоноидов, антоцианинов, пестицидов, фунгицидов и микотоксинов в пищевых продуктах и напитках, избыточное количество которых может привести к существенному отрицательному воздействию на здоровье человека.

Одним из наиболее широко известных примеров использования метода КЭ в анализе пищевых продуктов является его применение в определении гидроксикарбоновых кислот. На сегодняшний день такие гидроксикислоты как яблочная, молочная, лимонная, винная, очень широко применяются в пищевой промышленности в качестве консервантов, стабилизаторов и вкусовых добавок. По этой причине контроль их содержания в продуктах питания необходим.

В области определения гидроксикислот представлены практически все аналитические методы, начиная от классических и заканчивая современными высокоэффективными методами хроматографии и капиллярного электрофореза.

В настоящее время разработана новая методика капиллярно-электрофоретического определения гидроксикарбоновых кислот в продуктах питания. Для косвенного фотометрического детектирования этих веществ в качестве светопоглощающего компонента ведущего электролита предложено использовать 3-нитробензойную кислоту. Это существенно увеличивает чувствительность определения (вплоть до $n \times 10$ мкг/л) по сравнению с имеющимися аналогами. Оптимизирован состав ведущего электролита: 3-нитробензойная кислота 10 мМ, цетилтриметиламмоний бромид 0,5 мМ, ЭДТА 0,1 мМ, моноэтаноламин до pH = 5,3 ед. Методика протестирована на образцах пищевых продуктов: фруктах, соках, нектарах, винах, пиве и т. п. Правильность полученных при анализе результатов подтверждена методом «введено–найдено».

Однако ввиду новизны метода КЭ и небольшого количества публикаций по вопросу его использования для определения гидроксикислот оптимальные условия определения этих аналитов и, прежде всего, состава используемых в анализе буферных растворов требуют уточнения [4].

Метод КЭ хорошо зарекомендовал себя не только в оценке пищевых продуктов, но и в анализе напитков. Например, метод капиллярного электрофореза активно используется для определения содержания кофеина, витаминов С, РР и В₆ в энергетических напитках. Определение кофеина, сахарината натрия, ацесульфам К, бензойной, аскорбиновой и сорбиновой кислот в алкогольных и безалкогольных напитках методом КЭ регламентировано впервые введенным ГОСТ Р 53193–2008 [5]. Предполагается, что главными источниками ошибок в методе КЭ являются непостоянство электроосмотического потока и дозирование образца [6].

Крайне важно использование метода капиллярного электрофореза в определении ионов железа и меди в коньяках, ведь коньяк является одним из самых фальсифицируемых алкогольных напитков. Один из показателей качества коньяка – содержание в нем ионов железа (III) и меди (II), которое нормируется ГОСТ Р 51618–2009 и составляет не более 1,0–1,5 и 5 мг/л соответственно [7]. Избыток этих ионов приводит к ухудшению вкусовых качеств напитка, а также оказывает негативное воздействие на организм человека при его употреблении.

Капиллярный электрофорез является перспективным методом, позволяющим избежать длительной пробоподготовки. Разработана методика определения железа (III) и меди (II) в коньяках данным методом с детектированием с помощью диодной матрицы с пределами обнаружения 0,06 и 0,60 мг/л соответственно. Посторонние вещества, присутствующие в коньяке, не мешают определению. Правильность результатов анализа подтверждена методом «введено–найдено». Данные, полученные методом КЭ, хорошо согласуются с результатами масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой [8].

Применение метода капиллярного электрофореза распространяется и на анализ консервантов в гранатовом соке. Это особенно актуально в связи с острой проблемой недекларируемого производителями использования консервантов в соках, в том числе предназначенных для детского питания. При использовании метода КЭ возможно определение консервантов и антиоксидантов в напитках без предварительной отгонки или экстракции. Простота пробоподготовки делает анализ экспрессным и снижает его себестоимость.

Известный факт, что при контроле качества и безопасности напитков важен анализ пищевых синтетических красителей. При использовании метода капиллярного электрофореза подготовка пробы заключается в селективном выделении красителей на оксиде алюминия с последующей их десорбцией водным раствором аммиака.

Метод КЭ может успешно применяться и в алкогольной отрасли для контроля качества сырья и готовой продукции. Состав воды для производства ликеро-водочных изделий во многом определяет технологические и органолептические параметры последних. Особенностью водоподготовки в ликеро-водочной отрасли является использование водоумягчающих установок, действующих по принципу ионного обмена. Водка, произведенная с использованием воды, очищенной таким образом, имеет характерный катионный профиль.

Стоит обратить внимание на то, что определение содержания неорганических катионов и сравнение электрофореграммы образца с электрофореграммой эталонных образцов вин, виноматериалов, коньяков и коньячных спиртов позволяет установить подлинность анализируемых образцов.

При превышении верхней границы диапазона концентраций по любому из катионов виноматериал или вино следует считать натуральным, но подверженным помутнениям в течение гарантийного срока хранения. При обнаружении массовой концентрации калия

менее 400 мг/л виноматериал или вино следует признать разбавленным водно-спиртовой смесью. Пониженные концентрации остальных катионов отражают технологические особенности производства. Отсутствие или наличие массовых концентраций всех катионов менее 10 мг/л свидетельствуют о полной фальсификации напитка. Отсутствие катионов в коньяках и коньячных спиртах также свидетельствует о фальсификации напитка.

Для анализа консервантов (сорбиновой и бензойной кислот) в безалкогольных напитках и соках с помощью метода капиллярного электрофореза используют зонный вариант с простым буфером на основе буры. Подготовка пробы – стандартная: фильтрование образца и при необходимости разбавление. В случае сильногазированных напитков необходимо провести дегазирование образца.

Метод КЭ позволяет определить натуральность и качество безалкогольных и алкогольных напитков путем выявления наличия или отсутствия органических кислот в пробе, а также анализа их количественного содержания и соотношения, даёт возможность контролировать ферментативные процессы и проводить корреляцию со вкусом конечного продукта. Подготовка пробы представляет собой разбавление и центрифугирование. Явным преимуществом использования данного метода является отсутствие мешающего влияния неорганических анионов, бензойной, аскорбиновой и сорбиновой кислот. Фосфат-ион может количественно определяться в рамках приведенных условий анализа [9–12].

Измерение хмелевых α - и β -кислот (гумулонов и лупулонов) и горьких пивных кислот (изогумулонов) актуально на всех этапах производства пива. Хмелевые кислоты являются биохимическими маркерами сорта хмеля. Горькие пивные кислоты стабилизируют пивную пену, подавляют развитие нежелательных микроорганизмов и придают горький вкус напитку.

Метод их измерения с помощью капиллярного электрофореза основан на дегазировании образца, экстракции кислот из подкисленной пробы в изооктан, последующем удалении избытка растворителя и растворении сухого остатка в смеси вода / метанол; разделении, идентификации и определении относительного содержания компонентов в варианте мицеллярной электрокинетической хроматографии с использованием в качестве ведущего электролита боратного буфера с добавками додецилсульфата натрия. Детектирование компонентов проводят по их собственному поглощению при длине волны 215 нм [3].

Заключение

В целом можно заключить, что вышеперечисленные принципы и примеры, лежащие в основе метода КЭ, делают его одним из наиболее перспективных методов анализа. Сейчас он динамично развивается и получает всё более

широкое применение в различных областях аналитической химии. Несмотря на то что теоретические основы капиллярного электрофореза достаточно сложны, сам метод довольно прост и доступен, он дает неоспоримые преимущества перед другими методиками при выполнении различных измерений.

Литература

- 1 Ibáñez C., Acunha T., Valdés A., García-Cañas V. et al. Capillary Electrophoresis in Food and Foodomics // *Methods in Molecular Biology*. 2016. P. 471–507.
- 2 Бельский Б.Г. Высокоэффективный капиллярный электрофорез. СПб.: Наука, 2009. 320 с.
- 3 Комарова Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель». СПб.: Веста, 2006. 212 с.
- 4 Голубенко А.М., Никоноров В.В., Никитина Т.Г. Определение гидроксикарбоновых кислот в продуктах питания методом капиллярного электрофореза // *Журнал аналитической химии*. 2012. Т. 67. № 9. С. 866–870.
- 5 ГОСТ Р 53193–2008. Напитки алкогольные и безалкогольные. Определение кофеина, аскорбиновой кислоты и ее солей, консервантов и подсластителей методом капиллярного электрофореза. М.: Стандартинформ, 2010. 15 с.
- 6 Хасанов В.В., Слизов Ю.Г., Хасанов В.В. Анализ энергетических напитков методом капиллярного электрофореза // *Журнал аналитической химии*. 2013. Т. 68. № 4. С. 385.
- 7 ГОСТ Р 51618–2009 Коньяки российские. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2000. 10 с.
- 8 Попова О.В., Сурсякова В.В., Бурмакина Г.В., Рубайло А.И. Определение ионов железа и меди в коньяках методом капиллярного электрофореза // *Журнал аналитической химии*. 2015. Т. 70. № 2. С. 174.
- 9 Rokhas M.K., Rönn J.L., Wiklund C., Emmer Å. Analysis of butterfly reproductive proteins using capillary electrophoresis and mass spectrometry // *Analytical biochemistry*. 2019. V. 566. P. 23–26.
- 10 Ghosal S. Band Broadening Theories in Capillary Electrophoresis // *Microfluidic Electrophoresis*. New York: Humana Press, 2019. P. 143–166.
- 11 Junger A. S., de Jesus F.F.S., Fracassi da Silva J.A., Daniel D. et al. A simple and fast method for determination of benzocaine and lidocaine in pharmaceutical formulations by capillary electrophoresis with spectrophotometric detection // *Separation Science Plus*. 2019. V. 2. № 11. P. 422–427.
- 12 Ghosal S. Band Broadening Theories in Capillary Electrophoresis // *Microfluidic Electrophoresis*. New York, Humana Press, 2019. P. 143–166.

References

- 1 Ibáñez C., Acunha T., Valdés A., García-Cañas V. et al. Capillary Electrophoresis in Food and Foodomics. *Methods in Molecular Biology*. 2016. pp. 471–507.
- 2 Belenky B.G. Highly efficient capillary electrophoresis. St. Petersburg, Nauka, 2009. 320 p. (in Russian).
- 3 Komarova N.V., Kamentsev Ya.S. A practical guide for the use of Capillary electrophoresis systems. St. Petersburg, Vesta, 2006. 212 p. (in Russian).
- 4 Golubenko A.M., Nikonov V.V., Nikitina T.G. Determination of hydroxycarboxylic acids in food by capillary electrophoresis. *Journal of analytical chemistry*. 2012. vol. 67. no. 9. pp. 866–870. (in Russian).
- 5 GOST R 53193–2008. Alcoholic and non-alcoholic drinks. Determination of caffeine, ascorbic acid and its salts, preservatives and sweeteners by capillary electrophoresis. Moscow, Standartinform, 2010. 15 p. (in Russian).
- 6 Khasanov V.V., Slizhov Yu.G., Khasanov V.V. Analysis of energy drinks by capillary electrophoresis. *Journal of analytical chemistry*. 2013. vol. 68. no. 4. pp. 385. (in Russian).
- 7 GOST R 51618–2009 Russian cognacs. General specifications. Moscow, Standartinform, 2000. 10 p. (in Russian).
- 8 Popova O.V., Sursyakova V.V., Burmakina G.V., Rubailo A.I. Determination of iron and copper ions in cognac by capillary electrophoresis. *Journal of analytical chemistry*. 2015. vol. 70. no. 2. pp. 174. (in Russian).
- 9 Rokhas M.K., Rönn J.L., Wiklund C., Emmer Å. Analysis of butterfly reproductive proteins using capillary electrophoresis and mass spectrometry. *Analytical biochemistry*. 2019. vol. 566. pp. 23–26.
- 10 Ghosal S. Band Broadening Theories in Capillary Electrophoresis. *Microfluidic Electrophoresis*. New York, Humana Press, 2019. pp. 143–166.
- 11 Junger A. S., de Jesus F.F.S., Fracassi da Silva J.A., Daniel D. et al. A simple and fast method for determination of benzocaine and lidocaine in pharmaceutical formulations by capillary electrophoresis with spectrophotometric detection. *Separation Science Plus*. 2019. vol. 2. no. 11. pp. 422–427.
- 12 Ghosal S. Band Broadening Theories in Capillary Electrophoresis. *Microfluidic Electrophoresis*. New York, Humana Press, 2019. pp. 143–166.

Сведения об авторах

Дмитрий В. Зипаев к.т.н., доцент, кафедра технология пищевых производств и биотехнология, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, dvz7@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-0950-0901>

Анастасия А. Тулина студент, кафедра технология пищевых производств и биотехнология, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, nastenka.tulina@mail.ru

Александр Н. Кожухов ведущий инженер, кафедра технология пищевых производств и биотехнология, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, sandro_2@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

Dmitry V. Zipaev Cand Sci. (Engin.), associate professor, food production technology and biotechnology department, Samara State Technical University, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya st., 244, Samara, 443100, Russia, dvz7@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0950-0901>

Anastasia A. Tulina student, food production technology and biotechnology department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, nastenka.tulina@mail.ru

Alexander N. Kozhukhov lead engineer, Department of Food Production Technology and Biotechnology, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya st., 244, Samara, 443100, Russia, sandro_2@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 31/01/2020	После редакции 11/02/2020	Принята в печать 20/02/2020
Received 31/01/2020	Accepted in revised 11/02/2020	Accepted 20/02/2020

Исследование миграции зоны наименьшего прогревания сока яблочного осветлённого в процессе тепловой обработки

Владимир В. Кондратенко	¹	nauka@vniitek.ru	 0000-0002-0913-5644
Борис Л. Каневский	¹	borka5@yandex.ru	 0000-0001-9432-4257
Галина П. Покудина	¹	konservtech@rambler.ru	 0000-0002-5692-7839
Лидия А. Борченкова	¹	borchenkova@rambler.ru	 0000-0002-1230-5990
Вячеслав И. Сенкевич	¹	vnikop@gmail.com	 0000-0001-5684-7006

¹ ВНИИТсК – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, М.О., 142703, Россия

Аннотация. При разработке режимов термической стерилизации пищевых продуктов необходимо определить условия гарантированной гибели тест-культур микроорганизмов и их спор в зоне наименьшего прогревания. Местоположение этой зоны является критическим параметром в тепловых процессах. В настоящее время существуют противоречивые представления о локализации и возможной миграции зоны наименьшего прогревания в процессе термической стерилизации продуктов с конвективным теплообменом. Изучена кинетика локализации зоны наименьшего прогревания в объёме среды с конвективным теплообменом в процессе термической обработки в связке с реологическими свойствами. В качестве объектов использовали сок яблочный осветлённый для детского питания отечественного производства. Шуп размещали таким образом, чтобы термодатчик располагался по вертикальной оси банки на геометрической высоте 3, 6, 9, 12, 18 и 24 мм. При каждом значении высоты расположения термодатчик банку с образцом термостатировали в течение 20 мин, после чего быстро охлаждали в течение 10 мин. Прогревы осуществляли при температуре термостатирования 75, 80, 85, 90 и 95 °С. В образцах также исследовали динамику реологических свойств в изотермических условиях при температурах 30, 35, 40, 45, 50, 55 и 60 °С и интервале значений скорости сдвига от 0 до 700 с⁻¹. В результате проведённых исследований экспериментально установлено наличие миграции зоны наименьшего прогревания в процессе термической обработки однофазных сред с конвективным теплообменом, исследована её кинетика, установлен нелинейный и обратимый характер миграции зоны наименьшего прогревания. Предложен механизм протекания процесса миграции зоны наименьшего прогревания с учётом динамики реологии нагреваемой среды и взаимодействия конвективных потоков.

Ключевые слова: зона прогревания, миграция, тепловая обработка, консервирование, яблочный сок

Investigation of the migration of the least heating zone of clarified apple juice during heat treatment

Vladimir V. Kondratenko	¹	nauka@vniitek.ru	 0000-0002-0913-5644
Boris L. Kanevskiy	¹	borka5@yandex.ru	 0000-0001-9432-4257
Galina P. Pokudina	¹	konservtech@rambler.ru	 0000-0002-5692-7839
Lidiya A. Borchenkova	¹	borchenkova@rambler.ru	 0000-0002-1230-5990
Vyacheslav I. Senkevich	¹	vnikop@gmail.com	 0000-0001-5684-7006

¹ Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbatov Federal Research Center for Food Systems at Russian Academy of Sciences, Scholnaya Str., 78, Vidnoe, M.R., 142703, Russia

Abstract. When developing modes of food products thermal sterilization, it is necessary to determine the conditions for microorganisms test cultures and their spores guaranteed death in the least heating zone. The location of this zone is a critical parameter in thermal processes. At present, there are conflicting ideas about the localization and possible migration of the zone of least heating in the process of thermal sterilization of products with convective heat transfer. The kinetics of localization of the zone of least heating in the medium volume with convective heat transfer during heat treatment in conjunction with rheological properties was studied in the work. The clarified apple juice for baby food of domestic production was used as the object of study. The probe was placed so that the thermocouple was located on the vertical axis of the can at a geometric height of 3, 6, 9, 12, 18 and 24 mm. At each height value of the thermocouple, the jar with the sample was thermostated for 20 minutes, and then quickly cooled for 10 minutes. Heating was carried out at a thermostat temperature of 75, 80, 85, 90, and 95 °C. The dynamics of rheological properties under isothermal conditions at temperatures of 30, 35, 40, 45, 50, 55, and 60 °C and a range of shear rates from 0 to 700 s⁻¹ were also studied in the samples. As a result of the studies carried out, the presence of the migration of the zone of least heating during the heat treatment of single-phase media with convective heat transfer was determined experimentally, its kinetics was studied, the non-linear and reversible nature of the migration of the zone of least heating was established. The mechanism of the process of migration of the zone of least heating was proposed taking into account the dynamics of the rheology of the heated medium and the convective flows interaction.

Keywords: heating zone, migration, heat processing, canning, apple juice

Для цитирования

Кондратенко В.В., Каневский Б.Л., Покудина Г.П., Борченкова Л.А., Сенкевич В.И. Исследование миграции зоны наименьшего прогревания сока яблочного осветлённого в процессе тепловой обработки // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 88–95. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-88-95

For citation

Kondratenko V.V., Kanevskiy B.L., Pokudina G.P., Borchenkova L.A., Senkevich V.I. Investigation of the migration of the least heating zone of clarified apple juice during heat treatment. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 88–95. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-88-95

Введение

Одной из основных задач, решаемых посредством консервирования пищевых систем, является обеспечение соответствия конечного продукта промышленной стерильности посредством создания условий, при которых остаточная концентрация тест-культур микроорганизмов не превышает значений, регламентируемых Техническим регламентом Таможенного союза. В настоящее время в России методика установления режимов термической стерилизации консервной продукции основана на априорном положении о линейном виде кинетики устойчивости микроорганизмов в зоне наименьшего прогревания в полулогарифмической системе координат «продолжительность обработки – десятичный логарифм концентрации живых спор микроорганизмов», на основании чего для каждого вида тест-микроорганизмов экспериментально определены значения эмпирических показателей – D (при референтных значениях температуры) и z , которые, в свою очередь, являются исходными данными для расчёта требуемой летальности (принцип главного метода). При этом для каждого анализируемого продукта эмпирически подбираются такие режимы термической обработки, при которых достигаемое значение фактической летальности в наименее прогреваемой зоне продукта гарантированно превышает значение требуемой. Однако опыт практического использования подобного подхода во многих случаях приводит к избыточной тепловой нагрузке на продукт, что подтверждается успешно используемыми за рубежом значительно более мягкими режимами, которые не вписываются в существующую отечественную парадигму тепловой обработки, но при этом остаются эффективными, то есть обеспечивают достижение промышленной стерильности.

В мировой практике исследования теплوفизических процессов все гомогенные продукты условно делят на три группы по характеру теплообмена в процессе тепловой обработки [1]: продукты с теплообменом преимущественно конвекцией, с теплообменом теплопроводностью и промежуточным типом теплообмена. Для второй группы определение местоположения наименее прогреваемой зоны, как правило, не вызывает затруднений – оно соответствует геометрическому центру упаковки. Для первой и третьей – ситуация не столь однозначная [2, 3]. Конвективный теплообмен – процесс переноса теплоты при макроремещении жидкости относительно поверхности теплопередачи. Естественная конвекция возникает в поле

внешних массовых сил – в частности, в неподвижной упаковке с продуктом, находящимся в стерилизаторе, – под действием гравитации и вязкого трения. При естественной конвекции поля скоростей и температур частиц процесса теплообмена уравнения энергии и движения рассматриваются совместно. В работе [4] представлены температурные диаграммы, полученные численным моделированием естественного конвективного теплообмена в однородном продукте при подогреве цилиндрической банки паром. В работе показано присутствие «рециркуляционного потока» в нижней части продукта. Было обнаружено, что жидкость внутри сосуда расслаивалась при повышении температуры. Самым медленным местом нагрева в потоке была область в форме тороида рядом с дном банки на высоте примерно одной десятой высоты банки. В то же время в [5] показано, что естественная конвекция вязкого продукта способствует миграции наименее прогреваемой зоны в процессе тепловой обработки вдоль оси упаковки в сторону дна. Данное явление отмечено и в [6–13]. Причём авторы [13] связывают направленность и выраженность миграции наименее прогреваемой зоны с вязкостью и температурой продукта, при этом указывают, что модельные пищевые материалы, как правило, неньютоновские, и, следовательно, вязкость является функцией скорости сдвига и температуры с индексом степени, как правило, меньше единицы.

Основной проблемой является существенное различие в представлениях как о направленности миграции наименее прогреваемой зоны в процессе тепловой обработки, так и о её выраженности. Так, [5] указывает на миграцию в сторону дна упаковки, тогда как [14] утверждает обратное. В то же время [15] постулирует константность данного показателя.

Учитывая противоречивость существующих данных, а также исключительную важность самого явления миграции области наименьшего прогревания для определения фундаментального минимума возможной тепловой нагрузки на продукт, достаточного для достижения промышленной стерильности, был инициирован комплекс исследований в данном направлении.

Цель работы – изучить кинетику локализации зоны наименьшего прогревания в объёме среды в процессе термической обработки в связке с реологическими свойствами.

Материалы и методы

Объектом исследования был сок яблочный осветлённый для детского питания отечественного производства («ФрутоНяня», АО «Прогресс», Россия).

Сок помещали в стеклянную банку III-52–190 с крышкой твист-офф слоем 74 мм (геометрическая высота свободного пространства 20 мм) с расположением геометрического центра продукта по центральной оси на высоте 37 мм. В крышке закрепляли штуцер-переходник для герметизированного введения щупа с термопарой ($d = 1,2$ мм). Щуп размещали таким образом, чтобы термопара располагалась по центральной оси банки на геометрической высоте 3, 6, 9, 12, 18 и 24 мм. При каждом значении геометрической высоты расположения термопары банку с образцом термостатировали в течение 20 мин, после чего быстро помещали в холодную ($t = 15$ °C) воду для охлаждения в течение 10 мин. Прогревы осуществляли при температуре термостатирования 75, 80, 85, 90 и 95 °C. Для контроля температуры в процессе тепловой обработки использовали автоматический многоканальный термометр CTF9008 (Ellab), подключённый к термопарам. Дискретность контроля – 30 с.

В образцах также исследовали динамику реологических свойств в изотермических условиях при температурах 30, 35, 40, 45, 50, 55 и 60 °C и интервале значений скорости сдвига от 0 до 700 с^{-1} .

Для уменьшения статистической погрешности каждый эксперимент проводили в трёхкратной повторности с отсеиванием статистически недостоверных данных [16, 17].

Математическую обработку проводили с использованием оригинального программного обеспечения, прилагаемого к аналитическому оборудованию, а также специализированного программного обеспечения TableCurve 2D v. 5.01 (SYSTAT Software Inc.), Wolfram Mathematica 10.4 (Wolfram Research Inc.) и табличного процессора Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation) со встроенным языком программирования VBA.

Результаты и обсуждение

Анализ существующего состояния дел в области исследования влияния теплофизических свойств среды на термоустойчивость спор микроорганизмов показал, что вне зависимости от исходной чувствительности к термическому воздействию наибольшая термоустойчивость характерна для спор, находящихся в области наименьшего прогревания. Однако в процессе нагревания среды с конвективным теплообменом вследствие уменьшения плотности среды формируется циркулирующий ток, направленный вверх у стенок сосуда и вниз – в его центре. Результатом такого движения является смещение локализации зоны наименьшего прогревания в сторону дна сосуда. В то же время с увеличением температуры изменяется реология среды, вследствие чего зона наименьшего прогревания должна непрерывно мигрировать, изменяя координату геометрической высоты, с точкой отсчёта от дна сосуда.

С целью проверки данной гипотезы исследовали динамику максимального значения

фактической летальности от времени и локализации термопары при заданных значениях температуры термостатирования в условиях идентичности последовательностей продолжительности нагревания и последующего охлаждения.

Результаты исследований показали, что вне зависимости от температуры термостатирования, общий вид динамики фактической летальности характеризовался первоначальным нелинейным снижением целевого показателя и при достижении некоторого минимума демонстрировал дальнейшее нелинейное увеличение (рисунок 1). Для каждой температуры термостатирования были определены эмпирические функции, адекватно аппроксимирующие экспериментальные данные:

– для температуры стерилизации 75 °C

$$f = \frac{a + c \cdot h + e \cdot h^2}{1 + b \cdot h + d \cdot h^2},$$

где a – константа; b , c , d и e – коэффициенты; h – геометрическая высота локализации зоны наименьшего прогревания, мм;

– для температур стерилизации 80, 85, 90 и 95 °C

$$f = \frac{a + c \cdot h + e \cdot h^2}{1 + b \cdot h + d \cdot h^2 + g \cdot h^3},$$

где g – коэффициент.

Минимальные значения целевого показателя для каждой из температур термостатирования в соответствии с логикой самого показателя были интерпретированы как значения, соответствующие локализации зоны наименьшего прогревания в данных условиях.

Анализ взаимного расположения аналитически определённых экстремумов динамик фактической летальности в исследованном диапазоне варьирования температур термостатирования показал наличие факта девиации – миграции – местоположения зоны наименьшего прогревания в процессе увеличения температуры.

Общий вид динамики миграции зоны наименьшего прогревания демонстрировал выраженный нелинейный геометрически обратимый характер процесса (рисунок 2). Была определена эмпирическая функция (модель), адекватно аппроксимирующая аналитические данные:

$$h = \frac{a + c \cdot t + e \cdot t^2}{1 + b \cdot t + d \cdot t^2},$$

где a – константа; b , c , d и e – коэффициенты; t – температура среды, °C.

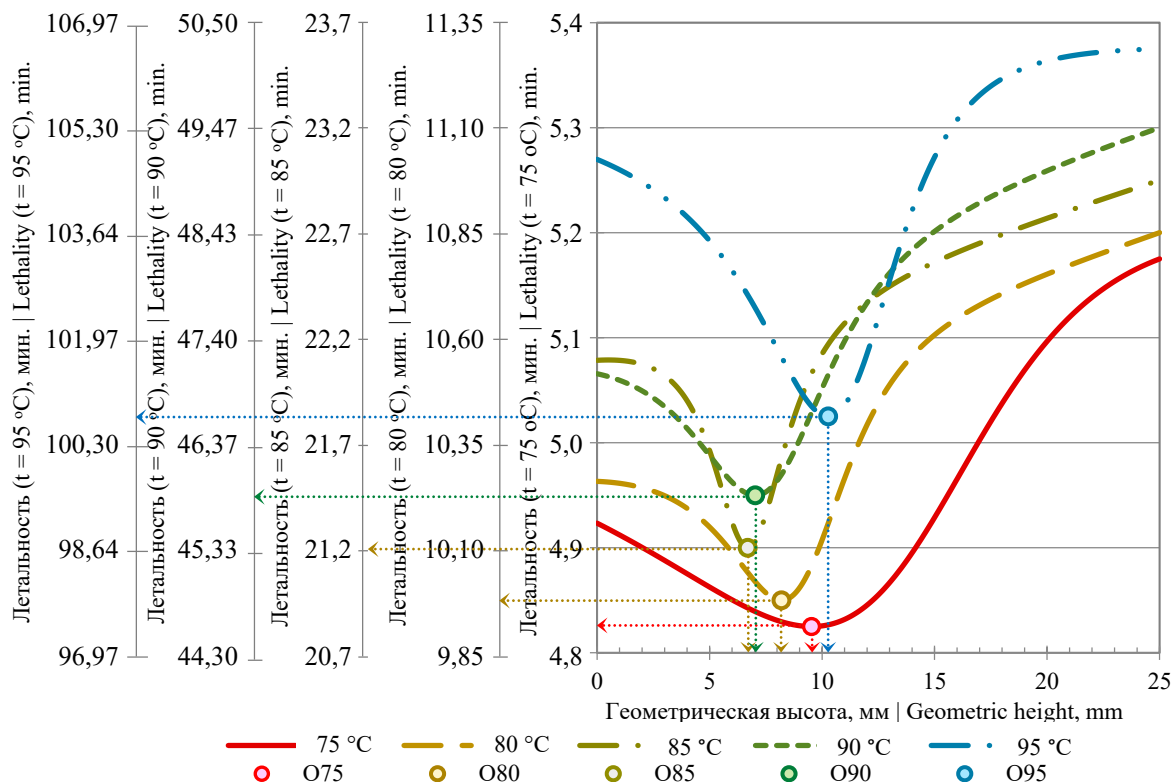


Рисунок 1. Зависимости фактической летальности при заданных значениях температуры термостатирования от геометрической высоты расположения термодпары от дна сосуда

Figure 1. Dependence of actual lethality at specified values of thermostating temperature on geometric height of thermocouple location from vessel bottom

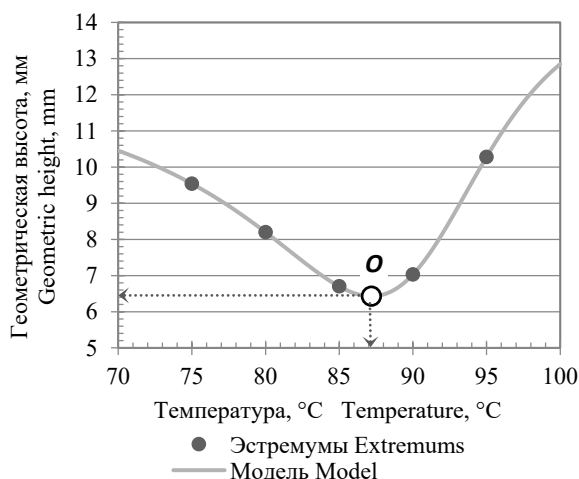


Рисунок 2. Зависимость геометрической высоты расположения зоны наименьшего прогревания от температуры среды

Figure 2. Dependence of geometric height for the cold spot location from the medium temperature

Эмпирическая модель динамики миграции зоны наименьшего прогревания при увеличении температуры в интервале варьирования экспериментальных значений и в областях ближайшей экстраполяции демонстрировала наличие экстремума в точке *O* [87,18 °C; 6,43 мм], существование которого возможно только из предположения справедливости допущений

исходной гипотезы. Для проверки этого была исследована динамика реологических показателей среды в зависимости от температуры и выраженности механического деформационного воздействия.

Анализ экспериментальных данных показал, что зависимость динамической вязкости от напряжения сдвига и температуры может быть адекватно аппроксимирована обобщающей функцией вида:

$$\eta = \frac{\tau \cdot a_1 \cdot \exp\left(\frac{E_1}{k \cdot (T + \Delta_1)}\right)}{\beta + \tau} + \tau \cdot a_2 \cdot \exp\left(\frac{E_2}{k \cdot (T + \Delta_2)}\right),$$

где η – динамическая вязкость, Па·с; a_1 , a_2 и β – константы; E_1 и E_2 – энергии активации течения, Дж/моль; k – универсальная газовая постоянная, Дж/моль · К; T – абсолютная температура среды, К; τ – напряжение сдвига, Па; Δ_1 и Δ_2 – поправки к температуре, К.

На рисунке 3, а показана зависимость применительно к результатам аппроксимации экспериментальных данных.

Отклик динамической вязкости (Dynamic viscosity) на изменение температуры (Temperature) и напряжения сдвига (Share stress) представлен суперпозицией нелинейной и линейной составляющих, отражающих преобладающее влияние факторов сопротивления среды при различном сочетании термического и механического воздействия. При этом увеличение напряжения сдвига провоцирует увеличение динамической вязкости. В то же время увеличение температуры оказывает обратное действие. Следствием этого в динамической системе с конвективным теплообменом, провоцируемым изменением плотности при нагревании, в силу разности температур потоков среды должна возникать относительно сложная картина взаимодействия этих потоков, формируемая нелинейностью динамической вязкости.

В свою очередь, напряжение сдвига находится в зависимости от скорости сдвига (Share rate) и температуры среды. Анализ экспериментальных данных позволил получить эмпирическую модель искомой зависимости (рисунок 3, *b*).

Она адекватно отражается обобщающей функцией, представляющей модифицированную модель Оствальда-де Вале (Ostwald-de Waele):

$$\tau = \left[a \cdot \exp\left(\frac{E}{k \cdot (T + \Delta)}\right) \cdot \dot{\gamma} \right]^n,$$

где a – коэффициент; E – энергия активации течения, Дж/моль; Δ – поправка к температуре, К; n – показатель течения среды.

Зависимость показателя течения от температуры имеет вид

$$n = a + 4 \cdot b \cdot \exp\left(\frac{c-t}{d}\right) \cdot \left[1 - \exp\left(\frac{c-t}{d}\right) \right],$$

где a – константа; b , c и d – коэффициенты; t – температура среды, °C.

На основании комплексного анализа динамики миграции зоны наименьшего прогревания и реологических свойств среды в процессе нагревания установлено, что конвективный теплообмен в условиях непрерывно изменяющейся температуры среды представляет собой сложную систему циркуляционных течений, состоящую как минимум из двух тороидальных участков с неправильным сечением (рисунок 4), что согласуется с существующими представлениями [1].

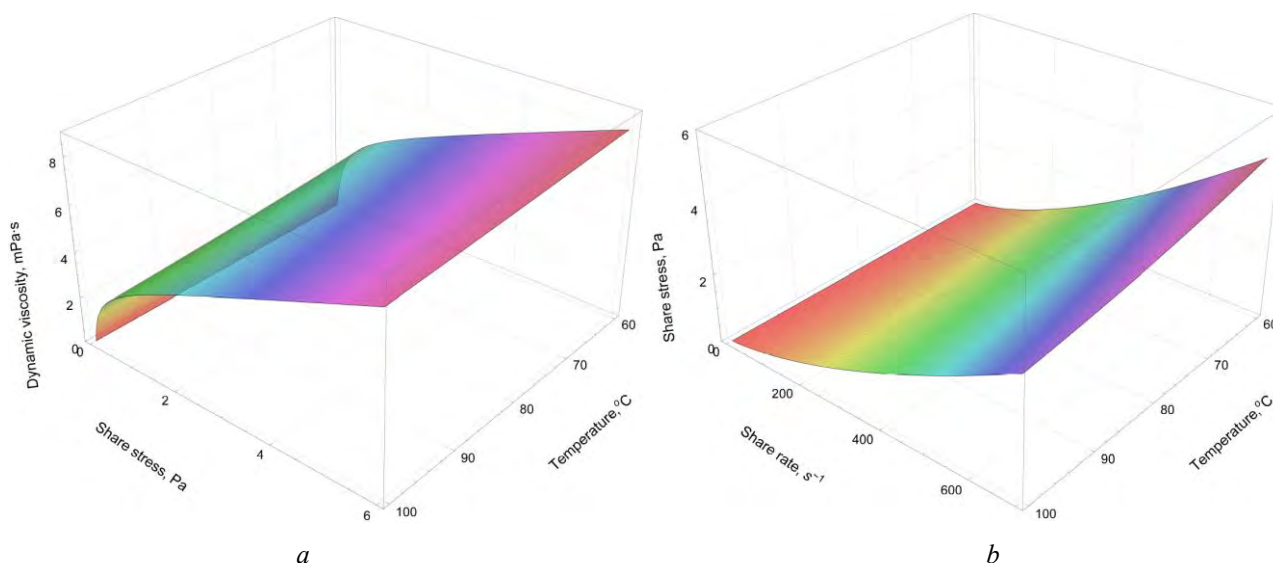


Рисунок 3. Влияние напряжения сдвига и температуры на динамическую вязкость (*a*) и скорости сдвига (Share rate) и температуры на напряжение сдвига (*b*) сока яблочного осветлённого

Figure 3. Effect of shear stress and temperature on dynamic viscosity (*a*) and shear rate (Share rate) and temperature on shear stress (*b*) of clarified apple juice

При этом один участок (I) – пространственно доминирующий, с циркуляционным движением слоёв, определяемым теплообменом преимущественно между средой и боковыми стенками. Динамика циркуляции среды второго

участка (II) определяется особенностями теплообмена с поверхностью дна.

Направления течений взаимодействующих участков комплементарны друг другу в месте контакта.

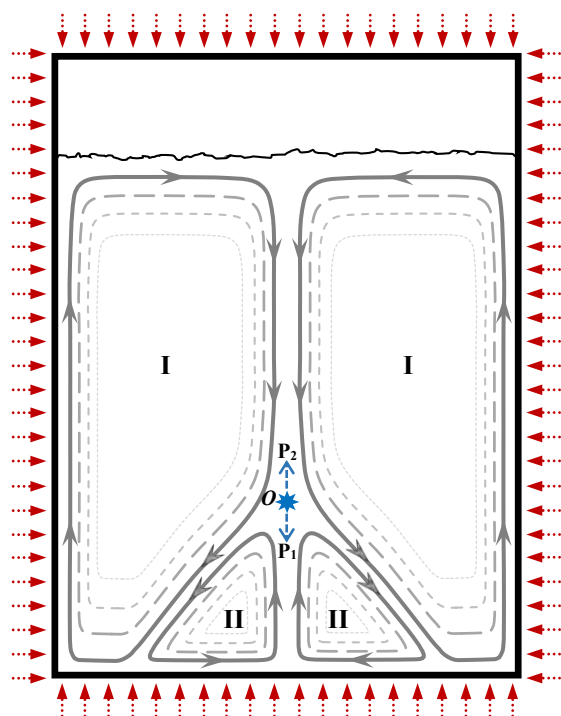


Рисунок 4. Модель динамики факторов, определяющих направленность и выраженность миграции зоны наименьшего прогревания в процессе нагревания

Figure 4. Model of dynamics for factors determining the direction and expression of cold spot migration during heating

Анализ результатов проведённых исследований позволяет предположить следующее. В результате теплообменного процесса вязкость среды снижается, приводя к увеличению интенсивности циркуляции, в то время как увеличение скорости циркуляции неизбежно сопровождается увеличением скорости сдвига, что в некоторой степени тормозит нарастание скорости циркуляции за счёт снижения темпа уменьшения вязкости. В результате происходит миграция зоны наименьшего прогревания вниз по оси сосуда. В некоторый момент времени заметную роль начинает играть второй (минорный) циркуляционный поток с противоположным аксиальным вектором движения потоков. При дальнейшем увеличении температуры вклад минорного потока в формирование динамики миграции зоны наименьшего прогревания также увеличивается.

В некоторый момент времени влияние двух циркуляционных потоков уравнивается и миграция останавливается. При дальнейшем увеличении температуры начальное направление

миграции зоны наименьшего прогревания меняется на противоположное – влияние минорного потока начинает локально превалировать. При дальнейшем увеличении температуры и скорости циркуляций потоков возможно вовлечение в процесс дополнительно образующихся малых циркулирующих потоков и образование локальных зон переходного и турбулентного течения, что ещё более усложнит общую картину.

Постулируя условие необходимости контроля температуры в зоне наименьшего прогревания в процессе термической обработки как фактора, определяющего термоустойчивость спор тест-культур микроорганизмов к интегральному тепловому воздействию, для разработки адекватных режимов термической инактивации необходимо осуществлять контроль температуры в зоне наименьшего прогревания с учётом её миграции.

Поскольку ключевым моментом в данной модели является динамика реологических свойств среды, особенно актуальным исследование в данной области делает введение в состав продукта модификаторов реологических свойств, нелинейно изменяющих целевые свойства продукта и, как следствие, динамику прогреваемости, направленность и выраженность миграции зоны наименьшего прогревания.

Заключение

При проведении исследований были получены следующие результаты:

- экспериментально установлено наличие миграции зоны наименьшего прогревания в процессе термической обработки однофазных сред с конвективным теплообменом, исследована её кинетика, установлен нелинейный и обратимый характер миграции зоны наименьшего прогревания;

- предложен механизм протекания процесса миграции зоны наименьшего прогревания с учётом динамики реологии нагреваемой среды и взаимодействия конвективных потоков, что в обязательном порядке следует учитывать при разработке режимов термической инактивации однофазных пищевых систем с конвективным теплообменом при использовании в их составе компонентов для модификации реологических свойств продукта с ярко выраженной нелинейностью зависимостей от температуры и скорости сдвига.

Литература

- 1 Ghani Al-Baali A.G.A., Farid M.A. Sterilization of food in retort pouches. 2006. 205 p.
- 2 Yanniotis S., Sundén B. et al. Heat Transfer in Food Processing: Recent Developments and Applications. 2007. 288 p.
- 3 Durouder J.-P. Heat Transfer in Chemical, Food and Pharmaceutical Industries. 2016. 394 p.
- 4 Datta A.K., Teixeira A.A. Numerically predicted transient temperature and velocity profile during natural convection heating of canned liquid foods // *Journal of Food Science*. 1988. V. 53 (1). P. 191–195.
- 5 Kumar A., Bhattacharya M. Transient temperature and velocity profiles in a canned non-Newtonian liquid food during sterilization in a still-cook retort // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1991. V. 34 (4–5). P. 1083–1096.
- 6 Zechman L.G., Pflug I.J. Location of the slowest heating zone for natural convection heating fluids in metal containers // *Journal of Food Science*. 1989. V. 54. P. 205–229.
- 7 Augusto P.E.D., Pinheiro T.F., Cristianini M. Using Computational Fluid-Dynamics (CFD) for the evaluation of beer pasteurization: effect of orientation of cans // *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*. 2010. V. 30 (4). P. 980–986.
- 8 Augusto P.E.D., Cristianini M. Computational fluid dynamics evaluation of liquid food thermal process in a brick shaped package // *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*. 2012. V. 32 (1). P. 134–141.
- 9 Akpek A., Youn Ch., Maeda A., Fujisawa N., Kagawa T. Effect of Thermal Convection on Viscosity Measurement in Vibrational Viscometer // *Journal of Flow Control, Measurement & Visualization*. 2014. V. 2. P. 12–17.
- 10 Boz Z., Uyar R., Erdogdu F. Principles of Canning // *Encyclopedia of Food Microbiology*. 2014. V. 1. P. 160–168.
- 11 Sun D.-W. et al. Thermal Food Processing. New Technologies and Quality Issues: 2nd ed. 2012. 653 p.
- 12 Sandeep K.P. et al. Thermal Processing of Foods. Control and Automation. 2011. 212 p.
- 13 Kannan A., Gourisankar Sandaka P.Ch. Heat transfer analysis of canned food sterilization in a still retort // *Journal of Food Engineering*. 2008. V. 88 (2). P. 213–228.
- 14 Демирова А.Ф., Мурадова М.С. Изучение прогреваемости модельного раствора при различных состояниях банки // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2000. № 8 С. 69–72.
- 15 Бабарин В.П. Стерилизация консервов: справочник. СПб.: ГИОРД, 2006. 312 с.
- 16 Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента: справочное руководство. М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства Наука, 1971. 192 с.
- 17 Seltman Y.J. Experimental Design and Analysis. 2014. 414 p.

References

- 1 Ghani Al-Baali A.G.A., Farid M.A. Sterilization of food in retort pouches. 2006. 205 p.
- 2 Yanniotis S., Sundén B. et al. Heat Transfer in Food Processing: Recent Developments and Applications. 2007. 288 p.
- 3 Durouder J.-P. Heat Transfer in Chemical, Food and Pharmaceutical Industries. 2016. 394 p.
- 4 Datta, A.K., Teixeira, A.A. Numerically predicted transient temperature and velocity profile during natural convection heating of canned liquid foods. *Journal of Food Science*. 1988. vol. 53 (1). pp. 191–195.
- 5 Kumar A., Bhattacharya M. Transient temperature and velocity profiles in a canned non-Newtonian liquid food during sterilization in a still-cook retort. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1991. vol. 34 (4–5). pp. 1083–1096.
- 6 Zechman L.G., Pflug I.J. Location of the slowest heating zone for natural convection heating fluids in metal containers. *Journal of Food Science*. 1989. vol. 54. pp. 205–229.
- 7 Augusto P.E.D., Pinheiro T.F., Cristianini M. Using Computational Fluid-Dynamics (CFD) for the evaluation of beer pasteurization: effect of orientation of cans. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*. 2010. vol. 30(4). pp. 980–986.
- 8 Augusto P.E.D., Cristianini M. Computational fluid dynamics evaluation of liquid food thermal process in a brick shaped package. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*. 2012. vol. 32 (1). pp. 134–141.
- 9 Akpek A., Youn Ch., Maeda A., Fujisawa N., Kagawa T. Effect of Thermal Convection on Viscosity Measurement in Vibrational Viscometer. *Journal of Flow Control, Measurement & Visualization*. 2014. vol. 2. pp. 12–17.
- 10 Boz Z., Uyar R., Erdogdu F. Principles of Canning. *Encyclopedia of Food Microbiology*. 2014. vol. 1. pp. 160–168.
- 11 Sun D.-W. et al. Thermal Food Processing. New Technologies and Quality Issues; 2nd ed. 2012. 653 p.
- 12 Sandeep K.P. et al. Thermal Processing of Foods. Control and Automation. 2011. 212 p.
- 13 Kannan A., Gourisankar Sandaka P. Ch. Heat transfer analysis of canned food sterilization in a still retort. *Journal of Food Engineering*. 2008. vol. 88 (2). pp. 213–228.
- 14 Demirova A.F., Muradova M.S. Study of warm-up for the model solution under different conditions of the can. Storage and processing of agricultural products. 2000. no. 8. pp. 69–72. (in Russian).
- 15 Babarin V.P. Sterilization of canned food: reference book. St. Petersburg, 2006. 312 p. (in Russian).
- 16 Rumshinskiy L.Z. Mathematical processing of experiment results: Reference manual. Moscow, 1971. 192 p. (in Russian).
- 17 Seltman Y.J. Experimental Design and Analysis. 2014. 414 p.

Сведения об авторах

Владимир В. Кондратенко к.т.н., доцент, заместитель директора по научной работе, ВНИИТЕК – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, Ленинский район, Московская область, 142703, Россия, nauka@vniitek.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0913-5644>

Information about authors

Vladimir V. Kondratenko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, deputy director for science research, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of Gorbatov Federal Research Center for Food Systems at RAS, Scholnaya Str., 78, Vidnoe, Leninsky area, Moscow Region, 142703, Russia, nauka@vniitek.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0913-5644>

Борис Л. Каневский к.т.н., ведущий научный сотрудник, лаборатория процессов и оборудования пищевых производств, ВНИИТЕК – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, Ленинский район, Московская область, 142703, Россия, borka5@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9432-4257>

Галина П. Покудина старший научный сотрудник, лаборатория процессов и оборудования пищевых производств, ВНИИТЕК – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, Ленинский район, Московская область, 142703, Россия, konservtech@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5692-7839>

Лидия А. Борченкова старший научный сотрудник, лаборатория процессов и оборудования пищевых производств, ВНИИТЕК – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, Ленинский район, Московская область, 142703, Россия, borchenkova@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1230-5990>

Вячеслав И. Сенкевич старший научный сотрудник, лаборатория процессов и оборудования пищевых производств, ВНИИТЕК – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, Ленинский район, Московская область, 142703, Россия, vnikor@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5684-7006>

Boris L. Kanevskiy Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, laboratory of processes and equipment for food processing, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of Gorbato Federal Research Center for Food Systems at RAS, Scholnaya Str., 78, Vidnoe, Leninsky area, Moscow Region, 142703, Russia, borka5@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9432-4257>

Galina P. Pokudina senior researcher, laboratory of processes and equipment for food processing, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of Gorbato Federal Research Center for Food Systems at RAS, Scholnaya Str., 78, Vidnoe, Leninsky area, Moscow Region, 142703, Russia, konservtech@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5692-7839>

Lidiya A. Borchenkova senior researcher, laboratory of processes and equipment for food processing, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of Gorbato Federal Research Center for Food Systems at RAS, Scholnaya Str., 78, Vidnoe, Leninsky area, Moscow Region, 142703, Russia, borchenkova@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1230-5990>

Vyacheslav I. Senkevich senior researcher, laboratory of processes and equipment for food processing, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of Gorbato Federal Research Center for Food Systems at RAS, Scholnaya Str., 78, Vidnoe, Leninsky area, Moscow Region, 142703, Russia, vnikor@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5684-7006>

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 12/02/2020	После редакции 21/02/2020	Принята в печать 02/03/2020
Received 12/02/2020	Accepted in revised 21/02/2020	Accepted 02/03/2020

Изучение силатрансодержащего препарата на улучшение потребительских свойств салата (*Lactuca sativa* var. Дубачек МС), выращенного в фитотроне ИСР 0.1 методом гидропоники

Али Джамиль Осман	¹	ali.mcisa@gmail.com	 0000-0002-8309-1854
Людмила Г. Елисеева	¹	eliseeva-reu@mail.ru	 0000-0003-2715-9989
Валерий Н. Зеленков	^{2,3}	zelenkov-raen@mail.ru	 0000-0001-5481-2723
Вячеслав В. Латушкин	⁴	slavalat@ya.ru	 0000-0003-1406-8965

¹ Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, Москва, 115093, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал «Федеральный научный центр овощеводства», Московская область, Раменский район, д. Веря, стр. 500 дер. Веря, Московская обл., 140153, Россия

³ Всероссийский научно-исследовательский Институт Лекарственных и Ароматических Растений, ул. Грина 7, стр.1, Москва, 117216, Россия.

⁴ Институт Стратегий Развития – Автономная некоммерческая организация, д. 11 переулоч Столешников, Москва, 125009, Россия.

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального исследования возможности улучшения потребительских свойств салата (*Lactuca sativa* var. Dubachuk MC), выращенного в условиях замкнутой системы в фитотроне ИСР-0.1, путем применения листовой обработки «1-Этоксисилатраном» – новым препаратом на основе кремния, принадлежащим группе силатранов. В результате проведенных исследований было установлено, что применение препарата в концентрации $5 \cdot 10^{-4}$ мл/л при обработке ЕС1 не приводит к изменению качественных свойств продукции, однако наблюдается увеличение эффективности действия препарата при использовании более высоких концентраций. Компоненты с наилучшим выходом были получены в результате внекорневой обработки ЕС3 и ЕС4 с концентрациями $5 \cdot 10^{-3}$ и 10^{-2} мл/л соответственно. Применение внекорневой обработки в вегетативной фазе привело к комплексному эффекту активации физиологических процессов салата, стимуляции фотосинтетической активности и накоплению фотосинтетических пигментов путем регистрации увеличения хлорофилла на 22,7% и содержания каротиноидов в свежих листьях – на 18,6%. Накопление нитратов в ЕС4 составило 792,3 мг/100 г, что в 2,7 раза выше, чем в контроле. Также было зафиксировано увеличение содержания сухого вещества на 12,2%, суммарного количества антиоксидантов, увеличение содержания аскорбиновой кислоты на 40% по сравнению с контролем. При этом в более высоких концентрациях наблюдалось лишь незначительное увеличение общего содержания фенола. Влияние на метаболическую активность приводит к повышению производительности вследствие увеличения массы продукции. Интерес представляют дальнейшие исследования в направлении изучения влияния 1-Этоксисилатрана на другие листовые овощи и продление срока их хранения.

Ключевые слова: фитотрон, 1-этоксисилатран, кремнийорганический, салат, пищевая ценность

The study of a silatrane-containing preparation on improving the consumer properties of lettuce (*Lactuca sativa* var. Dubachek MC), grown hydroponically in phytotron-ISR 0.1

Ali J. Othman	¹	ali.mcisa@gmail.com	 0000-0002-8309-1854
Ludmila G. Eliseeva	¹	eliseeva-reu@mail.ru	 0000-0003-2715-9989
Valeriy N. Zelenkov	^{2,3}	zelenkov-raen@mail.ru	 0000-0001-5481-2723
Vyacheslav V. Latushkin	⁴	slavalat@ya.ru	 0000-0003-1406-8965

¹ Russian Economic University. G. V. Plekhanova, Stremyanny avenue, 36, Moscow, 115093, Russia Federation)

² All-Russian Research Institute of Vegetable - branch "Federal Scientific Center of Vegetable, Moscow region, Ramensky district, d. Vereya, p. 500 der, Vereya, Moscow region, 140153, Russia

³ All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, 7 Grina str., p. 1, Moscow, 117216, Russia.

⁴ Institute for Development Strategies is an Autonomous Non-profit Organization, 11 Stoleshnikov lane, Moscow, 125009, Russia.

Abstract. This paper presents the results of experimental study on the possibility of improving consumer properties of lettuce (*Lactuca sativa* – var. Dubachuk MC) grown under the conditions of closed system in ISR-0.1 phytotron by applying foliar treatment of different concentrations of 1-ethoxysilatrane - a new silicon based preparation belonging to Silatrans group. The trial demonstrated no effect of the preparation when applied in a concentration of $5 \cdot 10^{-4}$ ml/l in ES1 treatment. However, the effectiveness starts upon using higher concentrations. The best yield components were obtained as a result of foliar treatments of ES3 and ES4 with concentrations of $5 \cdot 10^{-3}$ and 10^{-2} ml/l respectively. Applying foliar treatment in vegetative phase resulted in complex effect of activation of physiological processes in plants, stimulating the photosynthetic activity and accumulation of photosynthetic pigments by recording a 22.7% increase in chlorophyll-a and 18.6% in carotenoids content in fresh leaves. Nitrate accumulation recorded 792.3 mg/100g in ES4 which is 2.7 times higher than the control. Also, an increase in dry matter content by 12.2%, pigments by 16.3%, total antioxidants capacity, a 40% increase in ascorbic acid content were recorded. While only slight increase in total phenolic content was observed in higher concentrations. These overall considerable influences in metabolic activities lead to a better productivity in case of production mass. Further studies should be concerning the effect of 1-ethoxysilatrane on other leafy vegetables and prolonging the storage of them.

Keywords: phytotron, 1-ethoxysilatrane, organosilicon, Lettuce, nutritional value, Antioxidants, Total phenolic content.

Для цитирования

Осман А.Д., Елисеева Л.Г., Зеленков В.Н., Латушкин В.В. Изучение силатрансодержащего препарата на улучшение потребительских свойств салата (*Lactuca sativa* var. Дубачек МС), выращенного в фитотроне ИСР 0.1 методом гидропоники // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 96–102. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-96-102

For citation

Othman A.J., Eliseeva L.G., Zelenkov V.N., Latushkin V.V. The study of a silatrane-containing preparation on improving the consumer properties of lettuce (*Lactuca sativa* var. Dubachek MC), grown hydroponically in phytotron-ISR 0.1. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 96–102. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-96-102

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

Introduction

Lettuce (*Lactuca sativa*), an annual plant, belongs to the family Asteraceae and is of an important leafy vegetable primarily consumed fresh or in salad mixtures with other kinds of fresh vegetables. Nowadays, it become an ever more popular product in the Russian markets and can be seen predominantly as fresh lettuce in pots which is consumed in significantly increasing amounts due to their perception as being “healthier and Alive” food. Its beneficial effects are believed to be due to vitamins and phytochemicals such as ascorbic acid, carotenoids, polyphenols and fibers that may protect key biological constituents such as lipoproteins, membranes, and DNA [1]. In fact, recent studies have shown the health effects of lettuce in preventing cardiovascular diseases in rats and humans [2, 3]. In recent decades, silicon was shown to be effective on decreasing the harmful effect of a variety of stresses on plant growth and development. Besides the whole spectra of biotic stressors, like pathogens or microorganisms. Si was shown to ameliorate the negative effect of the whole spectra of abiotic stresses, including heavy metals, salinity, and water imbalance in plants [4, 5].

While silicon is not essential for the growth of higher plants, we do know that its availability influences many aspects of the biology of plants that naturally have moderate to high levels of the element [4, 6]. Examples are restriction of grazing and parasitism, increased light interception, and alleviation of the effects of deficiency or excess of nutrient and other solutes [4, 6, 7]. Thus, although silicon is not essential for higher plants it very significantly improves fitness in nature and increases agricultural productivity.

During the following years investigations in the field of organosilicon compounds were concentrated on the development of new methods of synthesis of Silatrans and on the study of their biological effect on animals. Silatrans are a new class of biologically active compounds having a broad spectrum of action and application in therapy, agriculture, fur-farming, poultry breeding, plant growing, cultivation of useful insects and microorganisms [8]. Previously studied organosilicon preparations from Silatrans family like 4-chlorophenoxyacetic acid and its silatranylmethyl ester and Heteroauxin silatranylmethyl ester stimulate the growth of the cultures of Tobacco (*Nicotiana rustica*) and soya tissues effectively.

The influence of silatranes on the growth and development of flax (*Linum usitatissimum*) was investigated using aqueous solutions

of 1-(chloromethyl)-3,7,10-trimethylsilatrane 97). The treatment was carried out I 0–15 days after the beginning of growth in the period of intensive formation of fibre in stalks [8, 9]. The studied preparation of our experiment 1-ethoxysilatrane (ES) itself has been prepared by the reaction of trichloroethoxysilane with the tetrapodal ligand tris(2-hydroxy-3,5-dimethylbenzyl) amine [8].

Photosynthetic Pigments are the substances with very different chemical structure; they are present in the form of porphyrin pigments (chlorophyll a, b), carotenoids, anthocyanins and flavones [9, 10, 11]. Total leaf pigment includes chlorophyll-a, chlorophyll-b and carotenoids that are necessary for photosynthesis process. The content of foliar pigments varies depending on species. Carotenoids are lipid-soluble pigments and their health benefits include prevention of certain cancers, cardiovascular and eye diseases as well as enhanced immune system [12]. Variation in leaf pigments and its relation can be due to internal factors and environmental conditions. On study reported that chlorophyll and carotenoids content varied with microclimatic conditions in *Adiantum* species [13].

Antioxidants provide adaptation of plants to adverse environmental factors, participate in the utilization of active forms of oxygen. Antioxidants of non-enzymatic nature include phenolic substances, bioflavonoids, carotenoids, chlorophyll and many others. They participate in various protective mechanisms, thanks to the conjugated double bonds of the reactive oxygen species (ROS) and inhibit the development of radical oxidation processes [14].

Although lettuce is not the richest source of a number of nutrients, including Ascorbic acid [15], its advantage is that it can be eaten raw, with its nutritive value preserved, as much of it would be lost by cooking. Ascorbic acid is known to increase the organism's resistance to viruses and bacterial infections including allergies. Apart from this, it has marked antioxidant characteristics and is one of major antioxidant agents [16, 17] in removing free radicals along with vitamins E and A, and the minerals selenium and zinc. Consumption of antioxidants in food via natural sources is good for the prevention of cardiovascular diseases, especially arteriosclerosis [18]. In addition, antioxidant compounds are susceptible to variation among varieties, growing practices, processing and storage conditions on the biologically active compounds [19, 20].

The aim of this study is to test the foliar effect of organosilicon compound 1-ethoxysilatrane from Silatran family on growth parameters and biochemical components and product quality of

oakleaf lettuce and choose the optimal concentration that best improves its content, quality and consequently consumer acceptance.

Materials and methods

lettuce oakleaf (*Lactuca sativa* var. Dubachek MC) was cultivated in phytotron ISR-0.1 conditions. The experiment was carried out in G.V. Plekhanova. Moscow in 10th January 2019. On a Cultivation media substrate based of mineral wool, three seeds were sown in each growing hole. After 14 days from germination, a foliar treatment by spraying solution containing 1-ethoxysilatrane (ES) was carried out using 4 different concentrations: ES1; ES2; ES3; ES4, $5 \cdot 10^{-4}$, 10^{-3} , $5 \cdot 10^{-3}$, 10^{-2} mL.L⁻¹ respectively. For control plants, we sprayed water (Table 1).

Chlorophylls and Carotenoids Accurately weighted 0.5g of fresh plant leaf sample was taken and homogenized with 10 ml of different extractant solvent. Homogenized sample mixture was centrifuge for 10,000 rpm for 15min at 40 °C. The supernatant was separated and 0.5ml of it is mixed with 4.5ml of ethanol 96%. The solution mixture was analyzed for Chlorophyll-a, Chlorophyll-b and total carotenoids content in spectrophotometer (shimadzu uv 2401pc uv vis, Japan). The method and equations used for calculating the concentration of pigments are those of Lichtenthaler and Wellburn [21, 22].

Ascorbic acid determination The content of the free form of vitamin C (Ascorbic acid) was determined by capillary electrophoresis system (Капель 105M – Russian Federation) under positive high voltage polarity (internal diameter of the capillary 50/60 µm, total length 75 cm) was used [4] Buffer: 10 mM sodium tetraborate, 40 mM, (pH 9.2), Sample injection 450 mbar.s⁻¹, Voltage: +20 kV, Detection 254 nm or 200 nm, at 23 °C.

Analysis were done up to the method suggested by [23] with some modification. A 5g of fresh sample was diluted to 100cm³ and well shaken for 10 minutes in the dark then it was filtered and placed in Eppendorf tube and centrifuged under 15000 rpm twice to avoid any impurities. The supernatant was replaced into the device for analysis.

Total antioxidant activity The total amount of antioxidants in lettuce samples was determined using a coulometric analyzer MVI-01-44538054-07 "EXPERT-006".

Bromine was generated at a constant current of 50 mA from a 0.2 M aqueous solution of KBr in a 0.1 M solution of H₂ SO₄ with the determination of the end of titration by a voltmetric indication with two polarized electrodes made of an inert metal. Then 40 cm³ of the buffer solution was poured into a Becher, the electrodes were lowered, and the generator circuit was switched on. Then an aliquot of the test sample was added to the cell (1 g of macerated lettuce). The end point of titration was fixed when the initial value of the indicator potential was reached. During the reaction time, all substances with antioxidant properties reacted with an excess of bromine. After the mixing time was completed, the device automatically filtered the bromine outflow,

which was numerically equal to the number of antioxidant substances introduced in the aliquot. At the same time, the device showed the total content of antioxidants in milligrams in aliquot. Results are expressed in mg/g of fresh lettuce [24].

Total phenols content Total phenolic content was determined using the Folin-Ciocalteu method. A fresh sample with weight of 0.05g was grounded with 1.5 cm³ 96% ethanol, extraction of phenol compounds was carried out for 45 minutes at 45 °C with periodic stirring (every 15 minutes) and subsequent centrifugation for 2 minutes at rotation speed of 16,000 rpm, from obtained extract samples are taken, with volume of 0.075 cm³, adding to them at 0.075 cm³ Folin-Ciocalteu reagent diluted 5-fold is mixed, after 3 min 0.15 cm³ 20% solution of sodium carbonate and 1.2 cm³ distilled water, closed with a cover, stirred and left at room temperature, and after 1 hour, the optical density of the formed tungsten blue is measured at wavelength 725 nm, the length of the optical path is 1 cm. Total content of PC is expressed in mg-equivalent gallic acid per g fresh raw material weight [25].

Statistical analysis Data analysis was done using the IBM SPSS software (version 20.0) and mean separation was done by Tukey's test at 5% level of significance.

Results and discussion

The quality of these products depends on external and internal parameters. The external quality is essentially represented by leaf color which is strongly dependent on leaf pigments such as chlorophyll, carotenoids. Leaf color represents the visual appearance of the product and has direct effect on attractiveness for consumers. Internal quality is determined by antioxidant components or other active compounds that give a beneficial effect to human health [26]. The most important of them are represented by ascorbic acid, carotenoids and total polyphenols. Moreover, ascorbic acid is considered to be the most handling – and processing-sensitive vitamin and is often used to indicate the harshness of a process [27]. In the process of growing the studied variants of lettuce treated with solution containing different concentration of ES also conducted regular analysis of the dynamics of growth for the vegetative part. For 36 days from sowing the seeds we measured the height of plants, mean values can be seen in (figure 1). It was found that the differences between the treatments appeared since the early stages of growth and development and remained until the harvest. The maximum growth rate was observed in plants treated with ES of both concentrations 10^{-2} and $5 \cdot 10^{-3}$ ml/l. Significant difference in weight and size of plants recorded. Further decrease in the concentration of the preparation led to a less plant development but slightly better than control.

At the end of vegetative growth, shoots mass was determined. Better yields were recorded for treatments number 3, 4 and 5 with concentrations of ES of 19,2; of 21.6 and 27.3% respectively (table 1).

Marketable quality of lettuce is determined mainly by plant size, which depends on fresh weight. remarkable difference of fresh weight at harvesting time can be noticed among all treatments. It was recorded that oakleaf lettuce plants gave highest total fresh weight (42.91g) in ES4 which was similar to ES3 (40.87 g plant⁻¹) and the lowest total fresh weight (30.12 and 30.49g plant⁻¹) was found in ES1 and control respectively. Highest fresh weight of leaf was found (29,15 g plant⁻¹) in ES4 and the lowest leaf fresh weight (22,59 g plant⁻¹) found in ES1.

Table 1.

The effect of different concentrations of ES on the productivity of lettuce plants

Treatment	Conc. of ES (ml/L)	Weight, g/Bush	Increase compared to control, %
(Control)	-	17,3	-
ES1	5.10 ⁻⁴	17,0	-1,37
ES2	10 ⁻³	20,6	+19,2
ES3	5.10 ⁻³	21,0	+21,6
ES4	10 ⁻²	26,0	+27,3

Table 1.

The effect of ES on growth parameters of total, leaf, stem and roots fresh weight (FW) on oakleaf lettuce treatments

Treatment	Fresh weight (FW) per plant at harvesting time (g).			
	Total	Leaf	Stem	Root
Control	30,49 ^d	23,47 ^d	2,92 ^c	3,84 ^b
ES1*	30,12 ^d	22,59 ^e	3,19 ^b	3,89 ^b
ES2*	33,11 ^c	25,79 ^c	3,37 ^b	4,17 ^{ab}
ES3*	40,87 ^b	27,26 ^b	3,44 ^b	4,87 ^a
ES4*	42,91 ^a	29,15 ^a	4,80 ^a	5,04 ^a

*ES1 = 5.10⁻⁴, ES2 = 10⁻³, ES3 = 5.10⁻³, ES4 = 10⁻² ml/L of 1-ethoxysilatrane preparation.

Means in the same column indicated by the same letter are not significantly different ($P > 0.5$).

Fresh weight of stem found highest (4.80 g plant⁻¹) in ES4 and the lowest fresh weight of stem (2.92 g plant⁻¹) found in control plants. In case of root, highest fresh weight (5.04 g plant⁻¹) found in ES4 and lowest fresh weight (3.84 and 3.87 g plant⁻¹) found in control and ES1 respectively. Clearly, we can notice the increase in total fresh weight, leaves, stems and roots weight after a foliar application of ES of concentrations above

10⁻³ ml/L where we can start to notice the improvement of physical properties of oakleaf lettuce plants at harvesting time.

The highest dry matter at harvesting time (8,21%) were found in ES4 and the lowest dry weights (7,39 and 7.40%) found in control and ES1 respectively. Meanwhile, at the harvesting time, we noticed that total dry matter is increasing in correspondence to the increase of ES concentration. These might be due to the activation of metabolic processes of lettuce plants after foliar treatment with organosilicon preparation, which led to an accumulation of plants dry matter content as shown in (table 3.).

Table 2.

Percentage of Dry weight (dry matter) and accumulated Nitrates in mg/100g under different concentrations of ES

Treatment	Dry weight (DW), (%)	Nitrates mg/100g
Control	7,39 ^b	283.01 ^d
ES1	7,40 ^b	273,3 ^d
ES2	7,84 ^{ab}	442 ^c
ES3	8,10 ^a	709,67 ^b
ES4	8,21 ^a	792,33 ^a

Means in the same column indicated by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$).

Taking into account the important role of antioxidants for the plant itself and for providing healthy nutrition, we determined the effect of the studied organosilicon preparation on the total content of antioxidants (table 4) and the most important compounds which determine the antioxidant activity of lettuce leaf, including chlorophyll content, carotenoids and Ascorbic acid. The maximum value of total antioxidant capacity (TAC) reached 17.42 mg/g in treatment ES4, which is 1.75 times higher than their level in the control – 9,95 mg/g (table 2). It is important to notice the impact of treatments on the accumulation of the residuals for non-metabolized nitrates in lettuce leaves. As shown in (table 2), the residual nitrate content does not exceed the permissible level (2000 mg/kg). However, a clear correlation observed between the increase in the concentrations of ES and the content of residual nitrate accumulated in shoots. The reason behind that is due to activation of physiological activity and the increased demand of plants for nitrogen. Considering the content of nitrates did not exceed 50% of the ADI. This is reflecting one of the important indicators for lettuce products safety for human consumption.

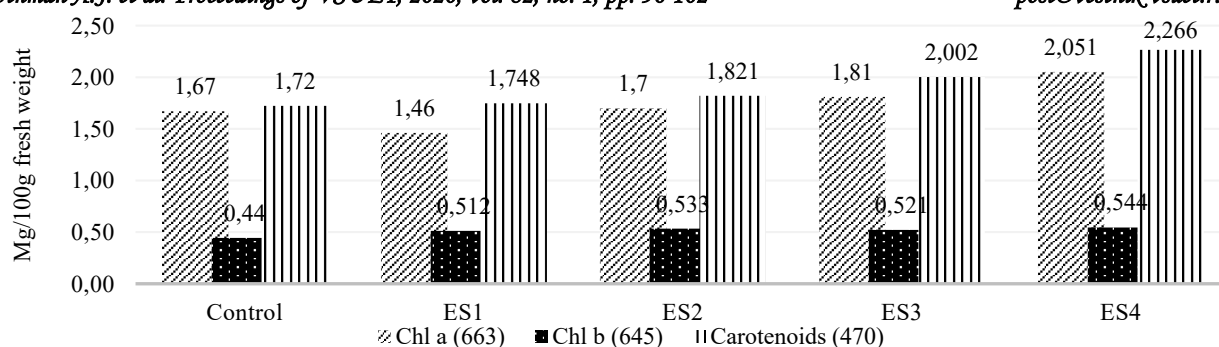


Figure 1. Accumulation of chlorophyll (a and b) carotenoids pigments in treated cultivars comparing to control, $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ fresh weight

In all the studied treatments the content of chlorophyll a exceeded the content of chlorophyll b (Fig.5), which indicates the normal course of the processes of photosynthesis in the treated leaves. A significant increase in the activity of photosynthetic processes can be noted in treatments ES2, ES3, and ES4. At the same time, the maximum content of chlorophyll a recorded in treatment ES4 comparing to control. While to significant difference in accumulation of chlorophyll b in all treatments. A considerably high content in carotenoids found 2.02, 2.051 $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ FW in treatments ES3 and ES4 comparing to 1.67 and 1.46 $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ FW in control and ES1 respectively. Carotenoids are also involved in photosynthesis, growth and other

physiological functions of the plants. Increase in carotenoid content is an adaptive reaction of plants. Foliar treatment with ES causes adaptive enhancing and organization of the photosynthetic apparatus and leads to an increase in the content of photosynthetic optical pigments. the tendency to increase the content of Ascorbic acid caused by the intensification of the processes of photosynthesis. ES increased Ascorbic acid content from 6,52 to 13,17 mg/100 (table 4). Clearly, we can notice that the beginning of the effect of ES preparation by applying a foliar treatment on the content of ascorbic acid starts in concentrations of $0,5 \cdot 10^{-2}$ and higher. Whereas no obvious effect on lower concentrations comparing to control.

Table 3.
Content of Total phenolic content (TPC), Ascorbic acid and Total antioxidant capacity (TAC) under different concentrations of 1-ethoxysilatrane

Treatment	Total antioxidant capacity (TAC) mg/g	Total phenols content (mg GAE)/g FW	Ascorbic acid mg/100g
Control	9,154 ^c	0.131 ^b	3.72 ^c
ES1	14,823 ^b	0.129 ^b	4.84 ^b
ES2	15,807 ^b	0.169 ^{ab}	5.01 ^{ab}
ES3	17,423 ^a	0.172 ^a	5.16 ^a
ES4	17,154 ^a	0.177 ^a	5.72 ^a

Means in the same column indicated by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$). TPC values were expressed as gallic acid equivalents (GAE) mg/g fresh weight

Total phenolic content (TPC) increased only in treatment ES2 with concentration of ES of $5 \cdot 10^{-3}$ $\text{ml} \cdot \text{L}^{-1}$ (table 4) but did not increase significantly with higher concentrations. While ES1

treatment recorded no changes on (TPC) content, Alike treatment ES4 which recorded 35% increase in total phenolic content comparing to control treatment.

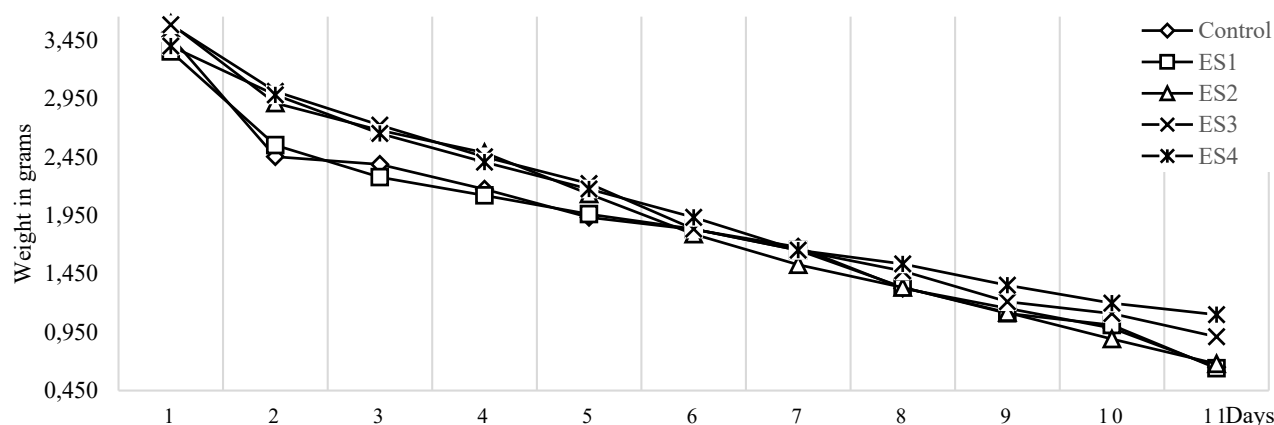


Figure 2. The effect of different concentrations of 1-ethoxysilatrane treatment weight loss of lettuce leaves stored in desiccators

An important criterion for the physiological state and indicator of consumer properties of lettuce is the water-holding capacity of the leaves. This indicator affects the appearance of the lettuce, leaf turgor and causes weight loss in the turnover process. Weight of cut oakleaf lettuce was recorded at the beginning, during 11 days of the storage period in desiccators at room temperature. The influences of tested ES on weight loss of leaf lettuce are presented in fig. 1. The fresh weight of all samples markedly decreased during storage at room temperature. But the reduction rates were most severe in control, ES1 and ES2 samples and decreased proportionally with the increase in concentration of ES. The average values according to the results of all treatments after 11 days of storage amounted to 19.12, 18.91, 25.41 and 32.34% in treatments ES1, ES2, ES3 and ES4 respectively. In the control treatment, weight loss recorded 18.69% of the original fresh weight before cut. Changes in color were the most noticeable in both ES1 and control treatments which turned into yellowish-white to light green comparing to other treatments which maintained more light green color during the process of storage. The weight loss during storage period in desiccators is due to loss of water by continual transpiration of lettuce leaves. Probably, the organosilicon compound ES affects the structure of colloidal particles of the shoots and increases their water-holding ability. These results are of great practical importance and can be successfully used to develop technology for the post-harvest storage of lettuce and probably leafy vegetables in the retail environment for restaurants and farms. Our results correlate well with data obtained by other researchers studying the effect of Silatran group on Tobacco (*Nicotiana rustica*) and Soybean (*Glycine max*) [28]. The influence of organosilicon preparations from Silatran group on the permeability of membranes, changing

in enzyme activity, inducing of cell division, reducing the activity of water in the cell, increasing the productivity and quality of plants, accelerating maturation and increasing persistence.

Conclusion

Analyzing the obtained results, we can conclude that the complex influence of the organosilicon compound of Silatran group – 1-ethoxysilatran (ES) on the activation of physiological processes in lettuce plants in the process of growing effectively increased its biochemical activities. In concentrations of $5 \cdot 10^{-4}$ ml/l in ES1 treatment, no changes in results occurred. In higher concentration of 10^{-3} ml/l we can notice a slight increase. In concentration of 10^{-2} ml/l, preparation significantly influenced the metabolic activity of lettuce leaves have comparison to control, recording the best biochemical increase. In ES3 and ES4 variants within $5 \cdot 10^{-3}$ to 10^{-2} ml/l, no significant changes in the metabolic activity of lettuce leaves have occurred in comparison to ES2 which means that further increase in the concentration of ES is likely to be less effective. As a result, growth processes were activated, an increase in plant productivity, an improvement in appearance and turgidity also has been noticed. Consequently, foliar treatment with 1-ethoxysilatran on oakleaf lettuce (*Lactuca sativa* – var. Dubachuk MC) under the conditions of closed system in ISR-0.1 phytotron resulted in complex effect of activation of physiological processes and gives positive effects, influencing growth and productivity of the culture, increasing the dry matter content by 12.16%, accumulating photosynthetic pigments by 16.26%, as well as 1.7 times increase in the total anti-oxidant capacity including total polyphenols and ascorbic acid, improving the quality and nutritional value of lettuce and decreased the loss of weight (dehydration) during storage.

References

- 1 Szeto Y.T., Kwok T.C., Benzie I.F. Effects of a long-term vegetarian diet on biomarkers of antioxidant status and cardiovascular disease risk. Nutrition. 2004. pp. 863–866.
- 2 Nicolle C., Cardinault N., Gueux E., Jaffrelo L. et al. Health effect of vegetable-based diet: Lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in the rat. Clinical Nutrition. 2004. pp. 605–614.
- 3 Serafini M., Bugianesi R., Salucci M., Azzini E. et al. Effect of acute ingestion of fresh and stored lettuce (*Lactuca sativa*) on plasma total antioxidant capacity and antioxidant levels in human subjects. British Journal of Nutrition. 2002. pp. 615–623.
- 4 Epstein E. Silicon. Annual review of plant biology. 1999. no. 50 (1). pp. 641–664.
- 5 Adrees M., Ali S., Rizwan M., Zia-ur-Rehman M. et al. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2015. pp. 186–197.
- 6 Datnoff L.E., Snyder G.H., Korndörfer G.H. et al. Silicon in agriculture. Studies in plant science. 2001.
- 7 Britez R.M., Watanabe T., Jansen S., Reissmann C.B. et al. The relationship between aluminium and silicon accumulation in leaves of *Faramea marginata* (Rubiaceae). New Phytologist. 2002. pp. 437–444.
- 8 Voronkov M.G. Biological activity of silatranes. In Bioactive Organo-Silicon Compounds. Springer, 1979. pp. 77–135.
- 9 Britton G. The biochemistry of natural pigments. Cambridge University Press, 1983.
- 10 Brown S.B., Houghton J.D., Hendry G.A.F. Chlorophyll breakdown. Boca Raton, CRC Press, 1991. pp. 465–489.
- 11 Costache M.A., Campeanu G., Neata G. Studies concerning the extraction of chlorophyll and total carotenoids from vegetables. Romanian Biotechnological Letters. 2012. vol. 17. no. 5. pp. 7702–7708.
- 12 Kopsell D.A., Kopsell D.E. Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops. Trends in Plant Science. 2006. pp. 499–507.
- 13 Shaikh S.D., Dongare M. Analysis of photosynthesis pigments in *Adiantum lunulatum* Burm. At different localities of Sindhudurg District (Maharashtra). Indian Fern. 2008. pp. 83–86.

- 14 Agarwal A., Saleh R.A., Bedaiwy M.A. Role of reactive oxygen species in the pathophysiology of human reproduction. Fertility and sterility. 2003. pp. 829–843.
- 15 Albrecht J.A. Ascorbic acid content and retention in lettuce. Journal of food. 1933. no. 16. pp. 311–316.
- 16 Padayatty S.J., Katz A., Wang Y., Eck P. et al. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. Journal of the American college of Nutrition. 2003. pp. 18–35.
- 17 Bielski B.H., Richter H.W., Chan P.C. Some properties of the ascorbate free radical. Annals of the New York Academy of Sciences. 1975. no. 258(1). pp. 231–237.
- 18 Hu F.B. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. Current opinion in lipidology. pp. 3–9.
- 19 Baur S., Klaiber R.G., Koblo A., Carle R. Effect of different washing procedures on phenolic metabolism of shredded, packaged iceberg lettuce during storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004. pp. 7017–7025.
- 20 DuPont M.S., Mondin Z., Williamson G., Price K.R. Effect of variety, processing, and storage on the flavonoid glycoside content and composition of lettuce and endive. Journal of agricultural and food chemistry. 2000. pp. 3957–3964.
- 21 Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic membranes. Method Enzymo. 1987. pp. 350–382.
- 22 Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochem. Soc. Trans. 1983. no. 11. pp. 591–592.
- 23 Komarova N.V., Kamentsev Y.S. A practical guide to the use of capillary electrophoresis systems" DROP 105, "" Products of processing fruits and vegetables. Methods for determining vitamin C. St. Petersburg, Veda LLC, 2006. 171 p. (in Russian).
- 24 Lapin A.A., Gorbunova E.V., Zelenkov V.N., Gerasimov M.K. Determination of antioxidant activity of wines by coulometric method. Scientific and methodological guide. Moscow, Russian Academy of natural Sciences RAEN, 2009. pp. 64.
- 25 Zagorskina N.V., Nechaeva T.L., Lapshin P.V. A method for determining the total content of phenolic compounds in plant objects. Patent RF, no. 2700787, 2019.
- 26 Lobo V., Patil A., Phatak A., Chandra N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. Pharmacognosy reviews. 2010. pp. 118.
- 27 Spinardi A., Cocetta G., Baldassarre V., Ferrante A. et al. Quality changes during storage of spinach and lettuce baby leaf. In VI International Postharvest Symposium. 2009. vol. 877. pp. 571–576.
- 28 Voronkov M.G., Baryshok V.P. Silatrans in medicine and agriculture. Publish house Russian academy of science. 2005. pp. 284–292.

Сведения об авторах

Али Джамиль Осман аспирант, кафедра товароведения и товарной экспертизы / лаборатория экспертизы товаров растительного происхождения, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, Москва, 115093, Россия, ali.mcisa@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8309-1854>

Людмила Г. Елисеева д.т.н., профессор, кафедра товароведения и товарной экспертизы / лаборатория экспертизы товаров растительного происхождения, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, Москва, 115093, eliseeva-reu@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2715-9989>

Валерий Н. Зеленков ст. науч. сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал «Федеральный научный центр овощеводства», Московская область, Раменский район, д. Верея, стр.500 дер. Верея, Московская обл., 140153, Россия, zelenkov-raen@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5481-2723>

Вячеслав В. Латускин к.с/х.н., специалист по сельскому хозяйству, Институт Стратегий Развития - Автономная некоммерческая организация, д. 11 переулоч Столешников, Москва, 125009, Россия, slavalat@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1406-8965>

Вклад авторов

Али Джамиль Осман написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Людмила Г. Елисеева предложила методику проведения эксперимента и организовала производственные испытания

Валерий Н. Зеленков Вячеслав В. Латускин консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Ali J. Othman graduate student, commodity science and commodity expertise department / laboratory of plant products expertise, Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny avenue, Moscow, 115093, Russia, ali.mcisa@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8309-1854>

Ludmila G. Eliseeva Dr. Sci. (Engin.), professor., commodity science and commodity expertise department / laboratory of plant products expertise, Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny avenue, Moscow, 115093, Russia, eliseeva-reu@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2715-9989>

Valeriy N. Zelenkov senior researcher, All-Russian Research Institute of Vegetable - branch "Federal Scientific Center of Vegetable, Moscow region, Ramensky district, d. Vereya, p. 500 der, Vereya, Moscow region, 140153, Russia., zelenkov-raen@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5481-2723>

Vyacheslav V. Latushkin Cand. Sci. (Agric.), agricultural specialist, Institute for Strategic Development - Autonomous Non-profit Organization., 11 Stoleshnikov avenue, Moscow, 125009, Russia, slavalat@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1406-8965>

Contribution

Ali J. Othman wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Ludmila G. Eliseeva proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Valeriy N. Zelenkov Vyacheslav V. Latushkin consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 05/02/2020	После редакции 17/02/2020	Принята в печать 28/02/2020
Received 05/02/2020	Accepted in revised 17/02/2020	Accepted 28/02/2020

Влияние ультразвука на пивоваренные дрожжи

Олеся Ю. Калужина	¹	216322705@mail.ru
Кристина С. Яковлева	¹	kriss.yakovleva.28@mail.ru
Резеда А. Кашапова	¹	r.kashapova96@mail.ru
Евгений Н. Черненко	¹	chernenkov.1990@mail.ru
Альфия А. Черненко	¹	timasheva-1991@mail.ru
Александр Ю. Бодров	¹	bodrovAu@mail.ru

¹ Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450005, Россия

Аннотация. Важной задачей производства пива является повышение физиологической активности дрожжей с целью интенсификации процесса брожения. Для исследования были выбраны сухие пивные дрожжи верхового брожения *Saccharomyces cerevisiae*, Fermentis, Safale T-58, France. Рассмотрен способ активации пивных дрожжей ультразвуком с частотой колебаний 44 кГц. Ультразвуковые технологии позволяют резко интенсифицировать технологический процесс и повысить качество готовых изделий. Исследования проводились в лаборатории Башкирского государственного аграрного университета на приборе ультразвуковой обработки VGT-800. Для исследования готовили дрожжевую суспензию, которую помещали в ультразвуковую установку и подвергали ультразвуковому воздействию при частоте колебаний 44 кГц. В процессе воздействия каждую минуту с 1 по 20, и 25, 30, 35 мин измеряли температуру и изучали выживаемость клеток дрожжей по проценту мертвых клеток. Установили, что при воздействии ультразвука идет нагрев среды на 1 °C в 1 мин и к 40-й мин обработки среда достигает температуры 57 °C. Изучали процент мертвых клеток в обработанной среде. Одновременно из каждого образца выводили чистую культуру путем высева на сусло-агар для проведения дальнейших исследований по сохранности приобретенных свойств. Дрожжи, обработанные ультразвуком, служили в качестве засевных на этапе сбраживания пивного суслу. Брожение проводили при температуре 22 °C. В процессе брожения контролировали морфологические признаки дрожжей: общее количество клеток, количество почкующихся клеток, клеток с гликогеном. При сбраживании пивного суслу бродительная активность увеличилась на 36% в опыте 2 при обработке засевных дрожжей ультразвуком в течение 2 мин. Остальные образцы незначительно отличались от контроля первые 72 ч брожения и теряли бродительную активность после 80 ч брожения. Физико-химические показатели готовых образцов пива были изучены на приборе «Колос-2».

Ключевые слова: дрожжи, ультразвук, брожение, пиво

The effect of ultrasound on brewing yeast

Olesya Yu. Kaluzhina	¹	216322705@mail.ru
Kristina S. Yakovleva	¹	kriss.yakovleva.28@mail.ru
Reseda A. Kashapova	¹	r.kashapova96@mail.ru
Evgeny N. Chernenkov	¹	chernenkov.1990@mail.ru
Alfiya A. Chernenkova	¹	timasheva-1991@mail.ru
Alexander Yu. Bodrov	¹	bodrovAu@mail.ru

¹ Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia

Abstract. An important task of beer production is to increase the physiological activity of yeast to intensify the fermentation process. Dry top-fermented brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae*, Fermentis, Safale T-58, France were selected for the investigation. The method of activation of brewer's yeast by ultrasound with a vibration frequency of 44 kHz was studied in the work. Ultrasonic technologies can dramatically intensify the process and improve the finished products quality. The studies were carried out in the laboratory of the Bashkir State Agrarian University on the ultrasonic processing device VGT-800. A yeast suspension was prepared for the study. It was placed in the ultrasonic device and subjected to ultrasonic treatment at a vibration frequency of 44 kHz. During exposure, the temperature was measured every minute from 1 to 20, and 25, 30, 35 min, and the yeast cells survival by the dead cells percentage was studied. It was found out that under the influence of ultrasound, heating of the medium at 1 °C for 1 min takes place, and the medium reaches the temperature of 57 °C by the 40th min of treatment. The percentage of dead cells in the treated medium was also studied. At the same time, a pure culture was selected from each sample by plating on wort agar for further research on the safety of acquired properties. Ultrasound-treated yeast served as inoculum at the fermentation stage of beer wort. Fermentation was carried out at a temperature of 22 °C. Morphological characteristics of yeast were monitored during fermentation: the total number of cells, the number of budding cells, cells with glycogen. When fermenting beer wort, the fermentation activity increased by 36% in experiment 2 during the treatment of sowing yeast with ultrasound for 2 min. The remaining samples differed slightly from the control during the first 72 hours of fermentation and lost their fermentation activity after 80 hours of fermentation. The physicochemical parameters of the finished beer samples were studied on the "Kolos-2" device.

Keywords: yeast, ultrasound, fermentation, beer.

Для цитирования

Калужина О.Ю., Яковлева К.С., Кашапова Р.А., Черненко Е.Н., Черненко А.А., Бодров А.Ю. Влияние ультразвука на пивоваренные дрожжи // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 103–109. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-103-109

For citation

Kaluzhina O.Yu., Yakovleva K.S., Kashapova R.A., Chernenkov E.N., Chernenkova A.A., Bodrov A.Yu. The effect of ultrasound on brewing yeast. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 103–109. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-103-109

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

Введение

Дрожжи являются удобным объектом для исследования. Основными требованиями к дрожжам в бродильной промышленности является высокая бродильная активность, скорость размножения и глубокая степень сбраживания. Одной из важных задач производства пива – повышение физиологической активности дрожжей с целью сокращения сроков брожения.

Активирование дрожжей перед введением в сусло осуществляется двумя методами: физическим и химическим. *Химическая активация дрожжей*, включает использование антимикробных препаратов, ферментных препаратов, специальных подкормок для дрожжей, минеральных веществ (Zn, Fe, Cu, Se), витаминов. *Физическая активация дрожжей* включает: воздействие температурой, оптическое излучение, ультрафиолет, магнитное поле, постоянный электрический ток, электромагнитное поле, электролиз, гидроионизацию, аэроионизацию, комплексную электронно-ионную обработку, ультразвук [1–3, 6–8].

Ультразвук – это звуковые волны, имеющие частоту выше 20 000 Гц. Частота ультразвуковых колебаний, применяемых в промышленности и биологии, чаще всего лежит в диапазоне от нескольких десятков кГц до единиц МГц.

Ультразвук обладает широким спектром действия на микроорганизмы: от стимулирующего до дезинтегрирующего. Дезинтеграция клеток дрожжей ультразвуком способствует выходу в экстракт биологически активных

веществ [4]. Применение ультразвуковых установок на пивоваренных заводах позволяет значительно сократить расход хмеля. Кроме всего прочего пастеризацию пива и соков можно также выполнять с использованием ультразвука – как один из видов холодной пастеризации [5, 9–12].

Материалы и методы

Для исследования были выбраны сухие пивные дрожжи верхового брожения *Saccharomyces cerevisiae*, Fermentis, Safale T-58, France.

На первоначальном этапе исследования 1 г сухих дрожжей разводили в 200 мл лабораторного сусла, приготовленного по стандартной технологии. Выдерживали 30 мин при температуре 20 °С. Количество живых клеток составило 1×10^6 /1 мл. Полученную дрожжевую суспензию помещали в ультразвуковую установку и подвергали ультразвуковому воздействию при частоте колебаний 44 кГц. В процессе воздействия каждую минуту с 1 по 20, и 25, 30, 35 мин измеряли температуру и изучали выживаемость клеток дрожжей по проценту мертвых клеток. Одновременно из каждого образца выводили чистую культуру путем посева на сусло-агар.

Обработку после 20 мин проводили с шагом в 5 мин, так как температура среды превысила 37 °С.

Результаты

В полученных образцах проводили замер температуры каждую минуту (таблица 1).

Из таблицы 1 видно, что при воздействии ультразвука идет нагрев среды на 1 °С в 1 мин, и к 40-й мин обработки среда достигает температуры 57 °С. Изучали процент мертвых клеток в обработанной среде (рисунок 1).

Таблица 1.
Влияние продолжительности воздействия ультразвука (УЗ) на температуру дрожжевой суспензии

Table 1.
The effect of the duration of exposure to ultrasound (US) on the temperature of the yeast suspension

Продолжительность воздействия УЗ, мин Duration of exposure US, minutes	Температура, °С Temperature, °С	Продолжительность воздействия УЗ, мин Duration of exposure US, minutes	Температура, °С Temperature, °С
1	18	12	29
2	19	13	30
3	20	14	31
4	21	15	32
5	22	16	33
6	23	17	34
7	24	18	35
8	25	19	36
9	26	20	37
10	27	30	47
11	28	40	57

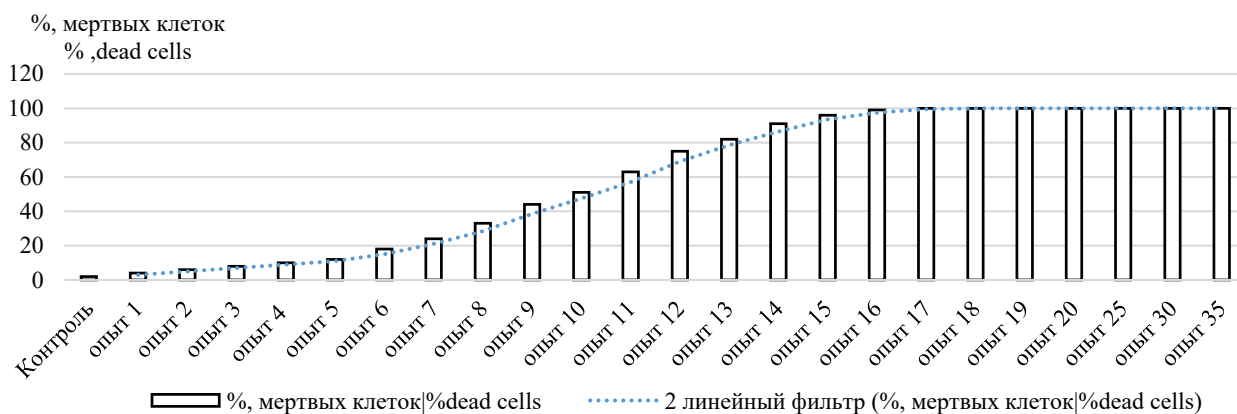


Рисунок 1. Влияние продолжительности ультразвукового воздействия на выживаемость дрожжей

Figure 1. Effect of duration of ultrasonic exposure on yeast survival

В результате проведенного эксперимента установлено, что начиная с 5-й мин обработки процент мертвых клеток превышает допустимые нормы. Для стадии выращивания дрожжей процент мертвых клеток не должен превышать 10%.

Дрожжи, обработанные ультразвуком в течение 1-10 мин (опыт 1–10), служили в качестве засевных на этапе сбраживания пивного сусла. Брожение проводили при температуре 22 °С. В процессе брожения контролировали убыль CO₂ весовым методом (рисунок 2) и изучали морфологические признаки дрожжей: общее количество клеток, количество почкующихся клеток, клеток с гликогеном (рисунки 3–5).

При сбраживании пивного сусла бро- дильная активность увеличилась на 36%

в опыте 2 при обработке засевных дрожжей ультразвуком в течение 2 мин. Остальные образцы незначительно отличались от контроля первые 72 ч брожения и теряли бро- дильную активность после 80 ч брожения.

Ультразвуковая обработка дрожжей в течение 2 мин способствует максимальному приросту биомассы, почкующихся клеток и клеток с гликогеном.

Массовую долю этилового спирта, массо- вую долю экстракта, экстрактивность начального сусла в готовых образцах пива изучали на анали- заторе спиртосодержащих напитков «Колос-2» (таблица 2).

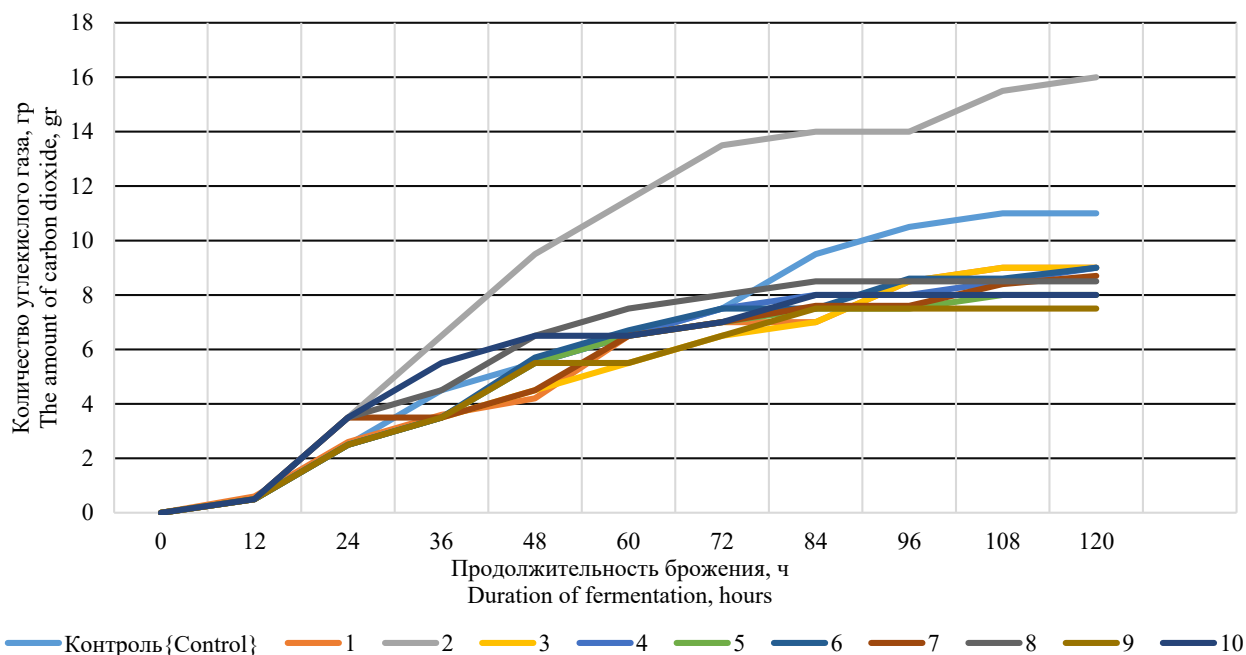


Рисунок 2. Изменение бро- дильной активности дрожжей в процессе сбраживания пивного сусла дрожжами, обработанными ультразвуком

Figure 2. Change in the fermentative activity of yeast during fermentation of beer wort with ultrasound-treated yeast

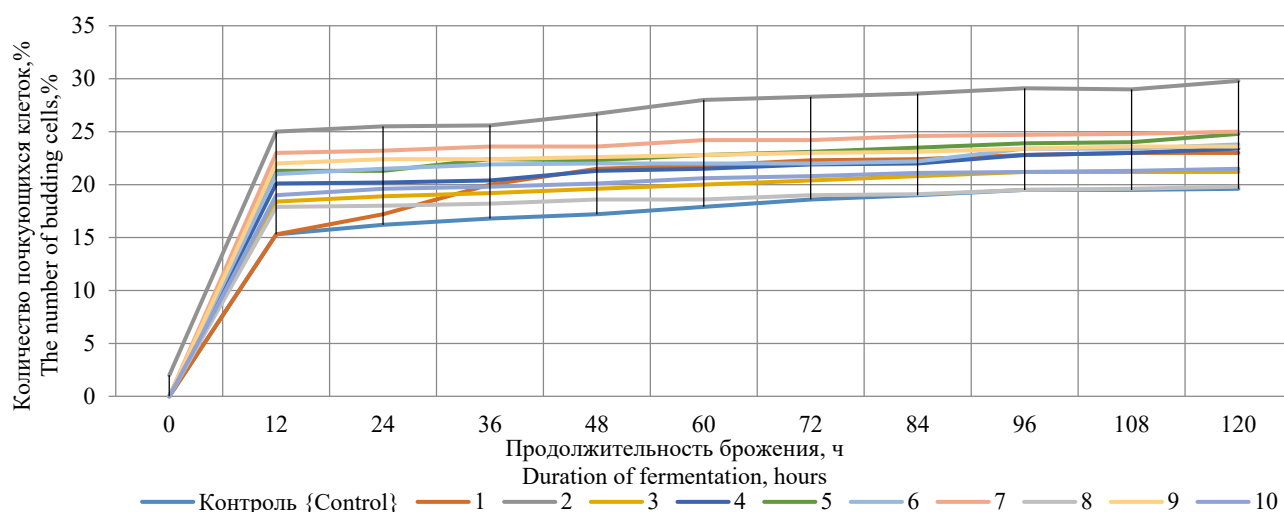


Рисунок 3. Изменение количества почкующихся клеток в процессе сбраживания пивного сусла дрожжами, обработанными ультразвуком

Figure 3. Change in the number of budding cells during fermentation of beer wort with ultrasound-treated yeast

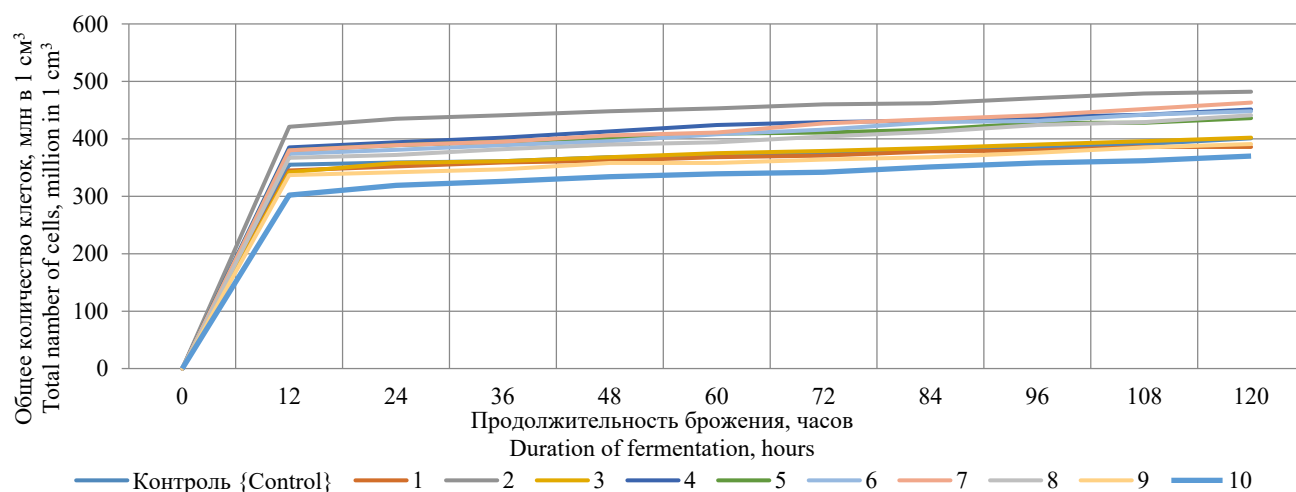


Рисунок 4. Изменение общего количества клеток в процессе сбраживания пивного сусла дрожжами, обработанными ультразвуком

Figure 4. Change in the total number of cells during the fermentation of beer wort by ultrasound-treated yeast

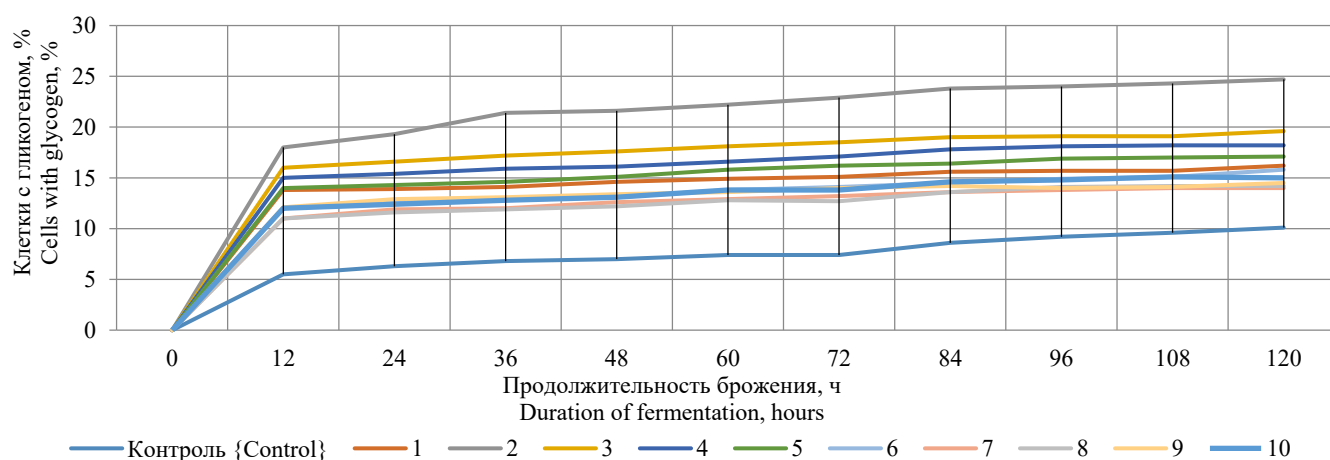


Рисунок 5. Изменение количества клеток с гликогеном в процессе сбраживания пивного сусла дрожжами, обработанными ультразвуком

Figure 5. Change in the number of cells with glycogen during the fermentation of beer wort with ultrasound-treated yeast

Таблица 2.

Физико-химические показатели готовых образцов пива

Table 2.

Physico-chemical characteristics of finished beer samples

Образец Sample	Температура Temperature	Спирт, % Alcohol, %	Экстракт, % Extract, %	Плотность Density	Спирт, об% Alcohol, vol%	ЭНС ENS	Дейст. ст. сбраж. Deyst. st. brazh
Контроль Control	21	3,29	7,35	1,0214	4,26	13,7	46,2
1	21	3,30	7,35	1,0206	4,27	12,8	46,3
2	21	3,60	7,35	1,0205	4,31	12,8	46,9
3	21	3,28	7,36	1,0220	4,24	13,6	46,1
4	21	3,17	7,35	1,0207	4,14	12,8	46,0
5	21	2,95	7,35	1,0164	3,92	13,7	45,7
6	21	2,86	7,35	1,0220	3,83	13,6	45,1
7	21	2,83	7,35	1,0222	3,80	13,6	44,9
8	21	2,11	7,36	1,0023	3,07	13,7	43,9
9	21	2,02	7,35	1,0221	3,00	13,5	42,7
10	21	1,98	7,35	1,0218	2,96	13,2	41,5

Одновременно из каждого образца выводили чистую культуру путем посева на сусл-агар. На рисунках 6, 7 представлены результаты

контрольного и опытного образца с использованием дрожжей, обработанных ультразвуком в течение 2 мин.



Рисунок 6. Контрольный образец засевных дрожже
Figure 6. Control sample of seed yeast



Рисунок 7. Образец 2 засевных дрожжей
Figure 7. Sample 2 seed yeast

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что содержание мертвых клеток в образцах, обработанных ультразвуком, достигает 100% на 17-й мин воздействия ультразвука, а температура к 40-й мин обработки достигает 57 °С. Таким образом, проводить обработку более 5 мин нецелесообразно. В результате проведенных исследований становлено, что ультразвуковая обработка дрожжей в течение

2 мин способствует максимальному приросту биомассы, почкующихся клеток и клеток с гликогеном и улучшает органолептические и физико-химические показатели готового пива.

Благодарности

Исследования проведены на приборе ультразвуковой обработки модели VGT-800, а также на приборе «Колос-2» в лаборатории Башкирского государственного аграрного университета.

Литература

- 1 Павлов А.А., Помозова В.А., Пермякова Л.В., Верещагин А.Л. Активация пивных дрожжей смесью органических кислот // Научное обозрение. Технические науки. 2014. № 2. С. 96.
- 2 Паньковский Г.А. Активация пивных дрожжей // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2003. № 4. С. 1455.
- 3 Маслова О.В., Харламова Т.А., Малофеева Л.С. Применение электрохимических методов в пищевой промышленности // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007. № 10. С. 28–32.
- 4 Янкевич С.В., Афанасьев В.А., Иритков С.А. Холодная пастеризация жидкостей высокоинтенсивным ультразвуком // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: материалы XIII всероссийской научно-технической конференции. 2019. С. 418–422.

- 5 Кретов И.Т., Шахов С.В., Потапов А.И., Попов С.Е. и др. Ультразвуковой мембранный элемент для отделения жидкой фракции от пивных дрожжей // *Техника и оборудование для села*. 2009. № 3. С. 30–31.
- 6 Косминский Г.И., Моргунова Е.М. Особенности сбраживания пивного сусла многоштаммовыми комбинациями дрожжей // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2005. № 1 (284). С. 53–55.
- 7 Павлов А.А., Помозова В.А., Пермякова Л.В., Верещагин А.Л. Активация пивных дрожжей смесью органических кислот // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 127.
- 8 Гарькина П.К., Блинохватов А.А., Шабурова Г.В. Жизнедеятельность дрожжей при сбраживании пивного сусла с применением экструдированного зерна // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2019. Т. 8. № 3 (47). С. 171–176.
- 9 Глущенко Н.А. О некоторых эффектах влияния электронно-ионной обработки на дрожжевые микроорганизмы // *Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого*. 2013. № 71–2. С. 36–40.
- 10 Гернет М.В., Борисенко О.А., Грибкова И.Н. Комплексный активатор брожения в технологии пива // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2019. Т. 8. № 3 (47). С. 134–138.
- 11 Al Daccache M., Koubaa M., Salameh D., Maroun R.G. et al. Ultrasound-assisted fermentation for cider production from Lebanese apples // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020. V. 63. P. 104952.
- 12 Huang G., Chen S., Tang Y., Dai C. et al. Stimulation of low intensity ultrasound on fermentation of skim milk medium for yield of yoghurt peptides by *Lactobacillus paracasei* // *Ultrasonics sonochemistry*. 2019. V. 51. P. 315–324.

References

- 1 Pavlov A.A., Pomozova V.A., Permyakova L.V., Vereshchagin A.L. Activation of brewer's yeast with a mixture of organic acids. *Scientific Review. Technical science*. 2014. no. 2. pp. 96. (in Russian).
- 2 Pankovsky G.A. Activation of brewer's yeast. *Food and processing industry. Abstract journal*. 2003. no. 4. pp. 1455. (in Russian).
- 3 Maslova O.V., Kharlamova T.A., Malofeeva L.S. The use of electrochemical methods in the food industry. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2007. no. 10. pp. 28–32. (in Russian).
- 4 Yankevich S.V., Afanasyev V.A., Iritkov S.A. Cold pasteurization of liquids by high-intensity ultrasound. *Dynamics of nonlinear discrete electrical and electronic systems: materials of the XIII All-Russian Scientific and Technical Conference*. 2019. pp. 418–422. (in Russian).
- 5 Kretov I.T., Shakhov S.V., Potapov A.I., Popov S.E. et al. Ultrasonic membrane element for separating the liquid fraction from brewer's yeast. *Machinery and equipment for the village*. 2009. no. 3. pp. 30–31. (in Russian).
- 6 Kosminsky G.I., Morgunova E.M. Features of fermentation of beer wort by multi-stemmed yeast combinations. *Izvestiya vysshevykh uchebnykh zavedeniy. Food technology*. 2015. no. 1 (284). pp. 53–55. (in Russian).
- 7 Pavlov A.A., Pomozova V.A., Permyakova L.V., Vereshchagin A.L. Activation of brewer's yeast with a mixture of organic acids. *Modern problems of science and education*. 2013. no. 5. pp. 127. (in Russian).
- 8 Garkina P.K., Blinokhvatov A.A., Shaburova G.V. Vital activity of yeast during fermentation of beer wort using extruded grain. *XXI century: results of the past and problems of the present plus*. 2019. vol. 8. no. 3 (47). pp. 171–176. (in Russian).
- 9 Glushchenko N.A. About some effects of the influence of electron-ion processing on yeast microorganisms. *Bulletin of Yaroslav the Wise Novgorod State University*. 2013. no. 71–2. pp. 36–40. (in Russian).
- 10 Gernet M.V., Borisenko O.A., Gribkova I.N. Complex activator of fermentation in beer technology. *XXI century: results of the past and problems of the present plus*. 2019. vol. 8. no. 3 (47). pp. 134–138. (in Russian).
- 11 Al Daccache M., Koubaa M., Salameh D., Maroun R.G. et al. Ultrasound-assisted fermentation for cider production from Lebanese apples. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020. vol. 63. pp. 104952.
- 12 Huang G., Chen S., Tang Y., Dai C. et al. Stimulation of low intensity ultrasound on fermentation of skim milk medium for yield of yoghurt peptides by *Lactobacillus paracasei*. *Ultrasonics sonochemistry*. 2019. vol. 51. pp. 315–324.

Сведения об авторах

Олеся Ю. Калужина к.т.н., доцент, кафедра технологии общественного питания и переработки растительного сырья, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, 216322705@mail.ru

Кристина С. Яковлева магистр, кафедра технологии общественного питания и переработки растительного сырья, Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450005, Россия, kriss.yakovleva.28@mail.ru

Резеда А. Кашапова магистр, кафедра технологии общественного питания и переработки растительного сырья, Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450005, Россия, r.kashapova96@mail.ru

Евгений Н. Черненко к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии общественного питания и переработки растительного сырья, Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450005, Россия, chernenkov.1990@mail.ru

Information about authors

Olesya Yu. Kaluzhina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, catering and plant raw materials technologies department, Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia, 216322705@mail.ru

Kristina S. Yakovleva master student, catering and plant raw materials technologies department, Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia, kriss.yakovleva.28@mail.ru

Reseda A. Kashapova master student, catering and plant raw materials technologies department, Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia, r.kashapova96@mail.ru

Evgeny N. Chernenkov Cand. Sci. (Agric.), associate professor, catering and plant raw materials technologies department, Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia, chernenkov.1990@mail.ru

Альфия А. Черненко ст. преподаватель, кафедра технологии общественного питания и переработки растительного сырья, Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450005, Россия, timasheva-1991@mail.ru

Александр Ю. Бодров ст. преподаватель, кафедра технологии общественного питания и переработки растительного сырья, Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450005, Россия, bodrovAu@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.

Alfiya A. Chernenkova senior lecturer, catering and plant raw materials technologies department, Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia, timasheva-1991@mail.ru

Alexander Yu. Bodrov senior lecturer, catering and plant raw materials technologies department, Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia, bodrovAu@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 29/01/2020	После редакции 12/02/2020	Принята в печать 21/02/2020
Received 29/01/2020	Accepted in revised 12/02/2020	Accepted 21/02/2020

Молокосодержащий продукт с заменителем молочного жира, произведенный по технологии сметаны с увеличенным сроком годности

Ольга И. Долматова¹ olgadolmatova@rambler.ru  0000-0002-4450-8856
Валерия С. Лемешева¹ lemesheva.valera@ya.ru
Лилия А. Заднепровская¹ zadneprovskaya.98@mail.ru

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

Аннотация. Авторами предложен молокосодержащий продукт с заменителем молочного жира, произведенный по технологии сметаны с использованием защитной культуры с целью пролонгирования срока годности. Применение защитных заквасочных культур не требует дополнительного оборудования или изменения технологических параметров. Защитная культура вносится вместе с основной закваской и работает по традиционному принципу ферментации, а также путем конкурентного исключения, т.е. занимая пространство и снижая возможность для роста дрожжей, плесеней и БГКП. Проведено две выработки молокосодержащего продукта – первая с применением защитной культуры (экспериментальный образец), вторая – без использования защитной культуры (контрольный образец). Продукты заложены на хранение в течение 40 суток при температуре 4 ± 2 °С. В контрольном образце на 30 сутки наблюдали рост дрожжей, ухудшение органолептических показателей, повышение титруемой кислотности, на 40 сутки – продукт считали испорченным. В экспериментальном образце органолептические, физикохимические и микробиологические показатели при хранении находились в пределах нормы. Определен срок годности молокосодержащего продукта с заменителем молочного жира, произведенного по технологии сметаны, с применением защитной культуры с учетом коэффициента запаса 30 суток. Установлено увеличение срока годности последнего на 30 % по сравнению с контрольным образцом.

Ключевые слова: молокосодержащий продукт, заменитель молочного жира, сметана, защитная культура

Milk-containing product with milk fat replacer, manufactured using sour cream technology with an extended shelf life

Olga I. Dolmatova¹ olgadolmatova@rambler.ru  0000-0002-4450-8856
Valeria S. Lemesheva¹ lemesheva.valera@ya.ru
Lilia A. Zadneprovskaya¹ zadneprovskaya.98@mail.ru

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

Abstract. The authors proposed a milk-containing product with a substitute for milk fat, produced according to the technology of sour cream using a protective culture in order to prolong the shelf life. The use of protective starter cultures does not require additional equipment or changes in technological parameters. The protective culture is introduced along with the main sourdough and works according to the traditional principle of fermentation, as well as through competitive exclusion, i.e. taking up space and reducing the possibility for the growth of yeast, molds and BGKP. Two developments of a milk-containing product were carried out - the first using a protective culture (experimental sample), the second without using a protective culture (control sample). The products are stored for 40 days at a temperature of 4 ± 2 °C. In the control sample, on day 30, yeast growth, deterioration in organoleptic indices, increase in titratable acidity were observed, on day 40, the product was considered spoiled. In the experimental sample, organoleptic, physicochemical and microbiological parameters during storage were within normal limits. The shelf life of a milk-containing product with a milk fat substitute produced using the technology of sour cream is determined using a protective culture taking into account a safety factor of 30 days. An increase in the shelf life of the latter by 30% was established in comparison with the control sample.

Keywords: milk-containing product, milk fat replacer, sour cream, protective culture

Введение

На развитие рынка молочной продукции оказывают влияние глобальные потребительские тренды, такие как растущее внимание к заботе о здоровье, увлечение спортом, активным образом жизни и здоровым питанием. В связи с тем что потребители все больше заботятся о здоровье, особое внимание уделяется здоровью кишечника. Продукты, содержащие пробиотики и пребиотики, не теряют своей популярности [1–4].

Также, по мнению участников отрасли, главным трендом молочного рынка являются продукты с Clean Label или «чистой этикеткой». Это широко распространенное в мире понятие и тенденция, наилучшим образом соответствующая пожеланиям тех потребителей, которые хотят покупать самые простые, наиболее чистые и натуральные продукты.

Однако рынок производства сметанных продуктов нестабилен, что влечет за собой необходимость решения ряда проблем для

Для цитирования

Долматова О.И., Лемешева В.С., Заднепровская Л.А. Молокосодержащий продукт с заменителем молочного жира, произведенный по технологии сметаны с увеличенным сроком годности // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 110–116. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-110-116

For citation

Dolmatova O.I., Lemesheva V.S., Zadneprovskaya L.A. Milk-containing product with milk fat replacer, manufactured using sour cream technology with an extended shelf life. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 110–116. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-110-116

нормализации положения. Основными направлениями являются: использование ресурсосберегающих технологий, увеличение сроков хранения и стоимости продукции.

Российский рынок сметанных продуктов ежегодно развивается, но с некоторыми нюансами: большое влияние оказывают цены на сырье и готовый продукт, скачки темпов производства и потребления продукта, качество самой продукции.

Сметанные продукты представлены широким ассортиментом, который различается производителями, жирностью, добавками. Наиболее распространенная массовая доля жира продукта – 20%, что составляет 60% всего производства. Решающую роль в приобретении товара играют несколько факторов: качество продукции, вкусовые характеристики, эстетика и удобство упаковки, цена продукта и срок годности. Причем вопрос срока годности продукта актуален в условиях современного мира. Множество опросов и отчетов подтверждают, что для потребителя значимым условием покупки является именно срок годности.

Сметанные продукты обычно имеют меньшую стоимость, по сравнению со сметаной, но обладают рядом полезных свойств. Многие из них относятся к группе функциональных продуктов.

Анализируя объем потребления сметанных продуктов, опираясь на информацию от Росстата и IndexBox, можно сделать выводы о положительной динамике в области потребления этих продуктов (рисунок 1).



Рисунок 1. Объем предложения на рынке сметанных продуктов и прогноз до 2025 г.

Figure 1. Supply volume on the market of sour cream products and forecast up to 2025

Рассматривая структуру рынка сметанных продуктов, а именно производство, экспорт, импорт и потребление в прогнозе до 2025 г. будет наблюдаться их рост (рисунок 2).

Таким образом, учитывая положительные тенденции в развитии молочного, в том числе сметанного, рынка и желания потребителей, можно сделать вывод о рентабельности работ в направлении производства сметанных продуктов.

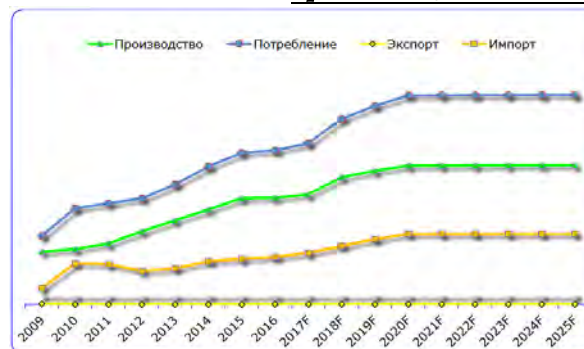


Рисунок 2. Динамика и структура рынка сметанных продуктов прогноз до 2025 г.

Figure 2. Dynamics and market structure of mixed products forecast up to 2025

Увеличение динамики образа жизни значительно меняет потребительские предпочтения и покупательское поведение на молочном рынке. Потребитель все больше интересуется натуральными продуктами.

Основные кисломолочные продукты – сметана и произведенные по ее технологии сметанные продукты. Потребитель зачастую отказывается от покупки дорогостоящих молочных десертов и йогуртов в пользу этой продукции. Поэтому актуальной тенденцией является разработка сметанного продукта, который будет защищен от преждевременной микробиологической порчи и будет отвечать потребностям населения в части натуральности его состава.

Повышение уровня защиты продукта от порчи может увеличить потенциал более широкого географического распространения молочных продуктов [5–8].

Для принятия решения об использовании защитных культур в научных исследованиях необходимо:

- провести анализ обсеменённости продукции микроорганизмами порчи и выявить причины снижения качества и хранимоспособности;
- найти источник обсеменения продукта;
- рассмотреть различные способы решения проблемы, одним из них может быть биозащита;
- подобрать защитные культуры в соответствии с составом микрофлоры продукта; оценить эффективность с учетом финансовых затрат.

Предложена технология молокосодержащего продукта с целью улучшения его полезных свойств и защиты от преждевременной микробиологической порчи.

Для осуществления поставленной цели необходимо решить основные задачи:

- обосновать использование защитных культур в качестве компонента, обеспечивающего защиту готового продукта от посторонней микрофлоры;
- проанализировать рынок производителей защитных культур;

- изучить технологический процесс продукта с применением защитных культур;
- исследовать органолептические, физико-химические и микробиологические показатели готового продукта.

Материалы и методы

Сырьевые источники молочного и немолочного происхождения, молокосодержащие продукты являлись объектами исследования. Оценку качества готового продукта проводили в соответствии с требованиями МУК 4.2.1847–04. 4.2.

При выработке продукта использовали следующее сырье: сливки молочные; заменитель молочного жира; масло сливочное с массовой долей жира 72,5%; сухое обезжиренное молоко; воду питьевую; стабилизатор; соль-корректор; закваску для сметаны; защитную культуру.

В сметанных продуктах основным компонентом является жир, по его процентному содержанию в основном и формируется ассортимент данной группы продукции. Сметанный продукт относится к ассортиментному ряду сметаны. Это молочный и содержащий в своем составе немолочные компоненты кисломолочный продукт. Технология производства незначительно отличается от технологии традиционной сметаны.

Преимущества молокосодержащих продуктов с заменителем молочного жира по сравнению с традиционной сметаной очевидны. Применение заменителя молочного жира (ЗМЖ) позволяет решить ряд технологических проблем, делая продукт не только полезным, но и конкурентоспособным. Основные преимущества продуктов с ЗМЖ:

- возможность включения в рацион людей, страдающих непереносимостью лактозы;
- высокое содержание витаминов и питательных веществ, необходимых для организма человека;
- разрешено употреблять при гипертонических болезнях и в случаях возникновения проблем с лишним весом из-за низкой калорийности;
- обладают высокой биологической ценностью;
- гипоаллергенны;
- доступны для всех слоев населения.

Научно-производственное объединение «Зеленые линии» подразделение ГК «СОЮЗСНАБ» – крупнейшее российское предприятие по производству и разработке заквасочных культур. Данная компания всегда с особым вниманием относится к изучению новых рыночных тенденций и удовлетворению меняющихся потребностей производителей. На основании большого количества положительных отзывов и наличия представительной клиентской базы решено было использовать защитную культуру данного производителя.

Сметанный продукт можно вырабатывать двумя способами: термостатным и резервуарным. Сейчас на предприятиях его изготавливают преимущественно резервуарным способом, так как он более экономичен. Технологический процесс производства молокосодержащего продукта проводили следующим образом [9].

Для восстановления сухих компонентов рецептурное количество воды набирали в емкость, далее ее нагревали до температуры 35–40 °С, и при

постоянном перемешивании через воронку вносили сухие компоненты через центробежный насос. Полученную смесь перемешивали и оставляли для набухания с целью растворения компонентов и удаления воздуха. На этом этапе осуществляли контроль физико-химических и органолептических показателей восстановленного сухого молока: массовая доля жира, кислотность, алкогольная проба, проба на кипячение и массовая доля белка.

Жировые компоненты, сливочное масло и заменитель молочного жира предварительно подготавливали, нарезали на куски. Плавление производили в ванне с рубашкой при температуре не более 65 °С при постоянном перемешивании во избежание местного перегрева.

После подогрева жировых и молочных компонентов составляли смесь. Жир через диспергатор подавали тонкой струйкой в резервуар с молочными компонентами с одновременной циркуляцией получаемой смеси. После перекачивания всего количества жировых компонентов смесь диспергировали 10–15 мин. В это время через воронку вносили стабилизатор консистенции и соль-корректор. В диспергированной смеси определяли органолептические показатели, массовую долю жира, кислотность и пробу на термоустойчивость.

Подготовленную и нагретую до 65 °С молочно-растительную смесь направляли на гомогенизатор при давлении: I ступень – 80 атм, II ступень – 40 атм. Давление гомогенизации регулировали в зависимости от консистенции и органолептических показателей смеси: при излишне густой консистенции – давление понижали; при излишне жидкой консистенции – давление повышали.

После гомогенизации смесь подавали на пастеризационно-охладительную установку. Пастеризация смеси происходила при температуре $94 \pm 2^\circ\text{C}$ с выдержкой 20 с. После пастеризации осуществляли контроль массовой доли жира и кислотности смеси. Далее смесь охлаждали до температуры заквашивания и перекачивали в резервуар.

Заквашивание производили путем внесения сухой заквасочной культуры либо заквасочной и защитной культур, равномерно распределяя их по поверхности. С целью соблюдения санитарных норм и правил, руки мастера, пакет (флакон) с закваской и ножницы для разрезания пакета предварительно обрабатывали дезинфицирующим средством или спиртом. После внесения заквасочной культуры смесь перемешивали 15–20 мин. Через 1 ч заквашенную смесь повторно перемешивали в течение 15 мин и оставляли для сквашивания.

Процесс сквашивания считали окончанным после образования плотного сгустка с показателем активной кислотности не менее pH 4,6, титруемой кислотности – не менее 54 °Т. По достижении необходимого значения кислотности в сгустке, а также после визуальной оценки консистенции продукт перемешивали с одновременным охлаждением ледяной водой, которая подается в рубашку резервуара 5–10 минут.

Затем продукт подавали роторным насосом на фасовочный автомат. Фасовку осуществляли в потребительскую и транспортную тару. В процессе фасовки продукт периодически перемешивали.

Длительность фасовки одной емкости не более 4 ч. Маркировку осуществляли в соответствии с требованиями нормативной документации.

После фасовки и маркировки продукцию направляли в холодильные камеры с температурным режимом $4 \pm 2^\circ\text{C}$ для охлаждения и созревания. Процесс созревания длился от 12 до 48 ч. За это время продукт приобрел оптимальные органолептические характеристики за счет накопления ароматических веществ, завершился процесс структурообразования, консистенция стала более плотной. После охлаждения и созревания технологический процесс закончен, а продукт при полном соответствии нормативной документации может быть реализован (рисунок 3).

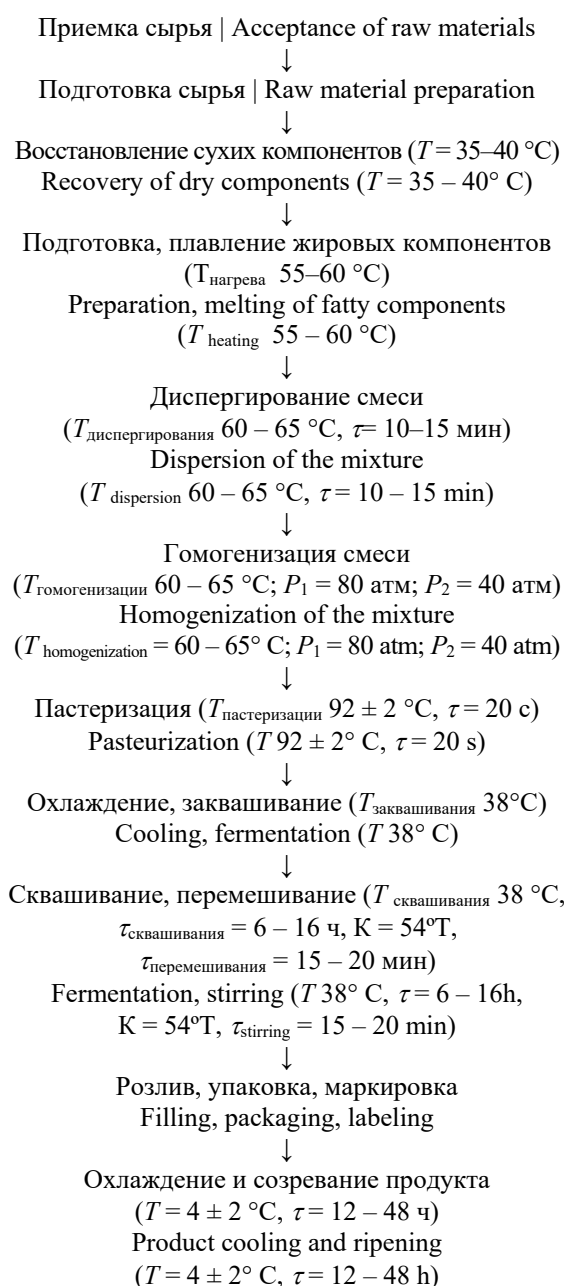


Рисунок 3. Технологическая схема производства молочкосодержащего продукта

Figure 3. Technological scheme for the production of a milk-containing product

Результаты и обсуждение

Рассмотрим контрольные критические точки при производстве молочкосодержащих продуктов и меры их предотвращения.

1. Приемка сырья – опасность биологическая. Метод контроля – проведение микробиологических посевов поступающего на производство сырья производственной лабораторией и фиксация результатов в журналах по сырью.

2. Приемка сырья – опасность химическая – антибиотики. Метод контроля – проведение анализа на наличие антибиотиков в сырье при их приемке и фиксация их в журнал входного контроля сырья.

3. Тепловая обработка (пастеризация-охлаждение) – опасность биологическая (БГКП, дрожжи, плесень). Метод контроля – визуальный контроль температурного датчика, фиксация значения в чек-листе.

4. Скваживание – опасность биологическая. Метод контроля – измерение показателя активной кислотности pH и фиксация результатов в журнал контроля сквашивания.

5. Розлив продукта – опасность физическая – материалы поврежденной упаковки. Метод контроля – визуальный осмотр и занесение результатов в чек-лист.

6. Хранение продукта – опасность биологическая. Метод контроля – контроль температурных режимов и санитарного состояния складских помещений с фиксацией данных в журнале.

Одновременно проводили две выработки молочкосодержащего продукта – первая с применением защитной культуры (экспериментальный образец), вторая – без защитной культуры (эталонный образец).

Продукты были заложены на хранение. Исследование органолептических показателей молочкосодержащих продуктов проводили согласно требованиям технологических стандартов. Органолептическую оценку начинали с определения наличия или отсутствия пороков продукта с целью их своевременного предупреждения. Оцениваемые характеристики – вкус, запах, внешний вид, структура, консистенция и цвет. Органолептическую оценку продукта проводила дегустационная комиссия, которой зачитывали органолептические показатели из нормативных документов, затем подавали эталонный образец, в сравнении с которым дегустировали аналогичные образцы продукции.

Были выполнены требования, предъявляемые к месту проведения дегустации и используемой посуде. Зал просторный, за одним столом размещаются все члены дегустационной комиссии.

В дегустационном зале не должно быть шума, вибрации, посторонних запахов, освещение естественное, равномерное, не создающее резких теней, при искусственном освещении должны использоваться лампы дневного света. В качестве столовой посуды использовали белые чашки, блюда, столовые приборы из нержавеющей стали. Вся посуда содержалась в чистоте и хранилась в закрытых шкафах.

Дегустационной комиссией установлено, что на 30-е сут хранения молокосодержащего продукта без защитной культуры наблюдается начало его порчи – ухудшилась консистенция, появилась шероховатость, а вкус и запах стал кислым, на 40-е сут – продукт считали испорченным. Органолептические и физико-химические показатели молокосодержащего продукта с защитной

культурой в процессе хранения в течение 30 сут оставались постоянными.

Исследование вязкости проводили в трех пробах каждого из образцов в течение всего срока годности (таблица 1).

Установлено, что эталонный и экспериментальный образцы обладают достаточно густой консистенцией.

Титруемая кислотность – это показатель, обусловленный содержанием в сметанном продукте компонентов кислотного характера, которые можно обнаружить при титровании. Критическим считают показатель титруемой кислотности равный 100 °Т. Нарастание кислотности в эталонном образце происходило быстрее, чем в экспериментальном, и превысило норму на 30-е сут хранения.

Таблица 1.

Физико-химические показатели молокосодержащих продуктов в процессе хранения

Table 1.

Physico-chemical characteristics of milk-containing products during storage

Срок хранения, сут Shelf life, day	Эталонный образец Reference sample		Экспериментальный образец Experimental sample	
	Вязкость, МПа·с Viscosity, MPa·s	Титруемая кислотность, °Т Titratable acidity, ° T	Вязкость, МПа·с Viscosity, MPa·s	Титруемая кислотность, °Т Titratable acidity, ° T
1	2900	64	3000	62
10	3200	70	3420	68
20	3460	72	3600	72
30	3880	101	3730	86
40	4180	140	3860	100

Наиболее частой причиной микробиологической порчи молочных продуктов являются БГКП, дрожжи и плесени. Причем уровень контаминации меняется от завода к заводу и зависит от многих факторов: объемов сезонностей производства, отклонений от стандартного процесса, использования ингредиентов с высоким риском обсеменения. Не только уровень загрязнений, но и их видовой состав непостоянны даже на отдельно взятом заводе.

Определение наличия БГКП необходимо для исключения случаев отравления и оценки санитарно-гигиенического состояния готового продукта. Развитие БГКП может привести к забраковке, например, вздутию сметанного продукта. Поэтому указанный показатель подлежит контролю как индикаторная группа для прогнозирования качества и хранимостепособности готовой продукции [10–12].

Развитие дрожжей незаквасочного происхождения также приводит к порокам сметанного продукта. Плесени в кисломолочных продуктах появляются на поверхности сначала в виде белых пушистых колоний, в последствии – образуя сплошной пушистый налет. Развитие

молочной плесени отрицательно влияет на вкусовые качества продукта, вызывая такие пороки, как прогоркание вкуса, посторонний запах в продукте и испорченный внешний вид.

Исследуя микробиологические показатели продуктов, получили результаты: в молокосодержащем продукте с защитной культурой рост патогенной микрофлоры отсутствовал на протяжении 30 сут, на 40-е сут – не превысил нормативных показателей (Д-50, П-50), в в молокосодержащем продукте без защитной культуры количество дрожжей и плесеней превышало норму на 30-е сут хранения. В эталонном и экспериментальном образцах на конец срока годности присутствовали молочнокислые микроорганизмы в пределах нормы.

Заключение

Разработана технология получения сметанного продукта с защитной культурой. Применение защитных заквасочных культур в производстве сметанного продукта не требует дополнительного оборудования или изменения технологических параметров.

Установлено, что дрожжи и плесени - основные возбудители микробиологической порчи сметанного продукта.

Научно доказано, что защитная культура обладает антимикробными и антибактериальными свойствами.

Срок годности молокосодержащего продукта с заменителем молочного жира, выработанного по технологии сметаны с применением защитной культуры, увеличивается на 30%.

Использование натуральной защиты в производстве продукта дает возможность не только снизить количество пищевых отходов (что увеличит прибыль и географию сбыта), но и активно реагировать на тенденции и потребительские нужды, выделяясь на рынке с ожесточенной конкуренцией.

Возможна реализация полученных результатов в промышленных условиях на предприятиях молочной отрасли.

Литература

- 1 Shi J. Functional Food Ingredients and Nutraceuticals: Processing Technologies. CRC Press, 2015.
- 2 Долматова О.И., Зыгалова Е.И. Биотехнология творожного продукта с компонентами растительного происхождения // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 1. С. 129–132. doi: 10.20914/2310-1202-2018-1-129-132
- 3 Polyanskikh S.V., Ilyina N.M., Grebenshchikov A.V., Danyliv M.M. et al. Products of animal origin with vegetable components // Indian Journal of Science and Technology. 2016. V. 9. № 39. P. 103431.
- 4 Egorova E.Yu., Khmelev V.N., Morozhenko Yu.V., Reznichenko I.Yu. Production of vegetable “milk” from oil cakes using ultrasonic cavitation // Foods and Raw Materials. 2017. V. 5. № 2. P. 24–35.
- 5 Ханумян А.А. Санитария и гигиена молочных производств // Переработка молока. 2019. № 3. С. 1819.
- 6 Тютикова Н.С. Биозащита – натуральный способ сохранить продукты питания // Переработка молока. 2018. № 5. С. 29.
- 7 Сорокина Н.П., Свириденко Г.М. Защитные культуры при производстве ферментируемых молочных продуктов // Переработка молока. 2019. № 11. С. 1213.
- 8 Свириденко Г.М., Сорокина Н.П. Использование защитных культур: теоретические аспекты // Молочная промышленность. 2018. №7. С. 2528.
- 9 Степанова Л.И. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. ГИОРД, 2010. 384 с.
- 10 Diamantino V. R. et al. Starch as a potential fat replacer for application in cheese: Behaviour of different starches in casein/starch mixtures and in the casein matrix // International dairy journal. 2019. V. 89. P. 129–138.
- 11 Goswami M. et al. Potential Use of Fat Replacers for Development of Functional Food of Animal Origin // Journal of Animal Feed Science and Technology. 2019. V. 7. № 2.
- 12 Elkader A. et al. Production of low-fat white soft cheese using sodium caseinate and/or butter milk powder as a fat replacer // Arab Universities Journal of Agricultural Sciences. 2019. V. 27. № 2. P. 1503–1511.

References

- 1 Shi J. Functional Food Ingredients and Nutraceuticals: Processing Technologies. CRC Press, 2015.
- 2 Dolmatova O.I., Zygalova E.I. Biotechnology of curd product with vegetable origin components. Proceedings of the VSUET. 2018. vol. 80. no. 1. pp. 129–132. doi: 10.20914/2310-1202-2018-1-129-132 (in Russian).
- 3 Polyanskikh S.V., Ilyina N.M., Grebenshchikov A.V., Danyliv M.M. et al. Products of animal origin with vegetable components. Indian Journal of Science and Technology. 2016. vol. 9. no. 39. pp. 103431.
- 4 Egorova E.Yu., Khmelev V.N., Morozhenko Yu.V., Reznichenko I.Yu. Production of vegetable “milk” from oil cakes using ultrasonic cavitation. Foods and Raw Materials. 2017. vol. 5. no. 2. pp. 24–35.
- 5 Khanumyan A.A. Sanitation and hygiene of dairy production. Milk processing. 2019. no. 3. pp. 1819. (in Russian).
- 6 Tyutikova N.S. Bioprotection is a natural way to preserve food. Milk processing. 2018. no. 5. pp. 29. (in Russian).
- 7 Sorokina N.P., Sviridenko G.M. Protective crops in the production of fermented dairy products. Milk processing. 2019. no. 11. pp. 1213. (in Russian).
- 8 Sviridenko G.M., Sorokina N.P. The use of protective crops: theoretical aspects. Dairy industry. 2018. no. 7. pp. 2528. (in Russian).
- 9 Stepanova L.I. Handbook of a dairy production technologist. Technology and recipes. GIORД, 2010. 384 p. (in Russian).
- 10 Diamantino V.R., Costa M.S., Taboga S.R., Vilamaior P.S. et al. Starch as a potential fat replacer for application in cheese: Behaviour of different starches in casein/starch mixtures and in the casein matrix. International dairy journal. 2019. vol. 89. pp. 129–138.
- 11 Goswami M., Tanuja V.P., Sharma H., Ojha S. Potential Use of Fat Replacers for Development of Functional Food of Animal Origin. Journal of Animal Feed Science and Technology. 2019. vol. 7. no. 2.
- 12 Elkader A., Shazly R., Awaad R.A., Hassan R. et al. Production of low-fat white soft cheese using sodium caseinate and/or butter milk powder as a fat replacer. Arab Universities Journal of Agricultural Sciences. 2019. vol. 27. no. 2. pp. 1503–1511.

Сведения об авторах

Ольга И. Долматова к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, olgadolmatova@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4450-8856>

Валерия С. Лемешева студент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, lemesheva.valera@ya.ru

Лилия А. Заднепровская студент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zadneprovskaya.98@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

Olga I. Dolmatova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, animal origin products technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, olgadolmatova@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4450-8856>

Valeria S. Lemesheva student, animal origin products technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, lemesheva.valera@ya.ru

Lilia A. Zadneprovskaya student, animal origin products technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zadneprovskaya.98@mail.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 10/02/2020	После редакции 19/02/2020	Принята в печать 28/02/2020
Received 10/02/2020	Accepted in revised 19/02/2020	Accepted 28/02/2020

Характеристика фарша балтийской трески (*Gadus Morhua Callarias*), промытого электрохимически активированной водой с различной концентрацией ионов активного хлора

Михаил П. Андреев¹ andreev@atlantniro.ru  0000-0002-6728-6942
Владислав А. Галдукевич¹ v.galdukevich@ya.ru  0000-0002-0622-5935

¹ Калининградский государственный технический университет, Советский проспект, 1, г. Калининград 236000, Россия

Аннотация. Применение технологического процесса промывки электрохимически активированной водой (ЭХА-водой) позволяет снизить интенсивность рыбного запаха и вкуса, улучшить цвет, сформировать более плотную структуру и увеличить сроки хранения фарша. Впервые предложено промывать рыбный фарш ЭХА-водой, содержащей различные концентрации активного хлора, а также свободные радикалы (ионы хлора). Проведены исследования по влиянию различной концентрации ионов активного хлора на физико-химические характеристики промытого пищевого рыбного фарша, по результатам которых определили оптимальную концентрацию ионов активного хлора. Моющие свойства анолита оказывают влияние на содержание водорастворимых белков и небелковых азотистых веществ в фарше. Количество удаленных водорастворимых белков зависит от вида воды и концентрации в ней активного хлора. Охарактеризовали питьевую и ЭХА-воду до и после промывки фарша из трески. Определены физико-химические, органолептические и реологические характеристики фарша. Реологические характеристики фарша, промытого ЭХА-водой с различной концентрацией ионов активного хлора, существенно не изменяются при концентрации в пределах от 25 до 150 мг/л. При значении свыше 200 мг/л предельное напряжение сдвига (ПНС) значительно возрастает, консистенция фарша становится слишком плотной, что негативно влияет на органолептические характеристики. Определили зависимость соотношений белкового коэффициента и уровня пригодности фарша для приготовления высококачественного продукта. Установили, что промывка фарша из трески балтийской обесценивает удаление водорастворимых белков, что приводит к изменению их соотношения с солерастворимыми белками, в результате чего белковый коэффициент увеличивается в 1,5-2,4 раза. Выявили преимущество промытого ЭХА-водой фарша, отличающегося лучшими реологическими характеристиками по сравнению с фаршем, промытым питьевой водой.

Ключевые слова: активированная вода, концентрация ионов, активный хлор, фарш трески, белковый коэффициент, водорастворимые белки, солерастворимые белки, реологические характеристики

Characteristic of baltic cod mince *Gadus Morhua Callarias* washed with electrochemical activated water with different concentration of active chlorine ions

Mikhail P. Andreev¹ andreev@atlantniro.ru  0000-0002-6728-6942
Vladislav A. Galdukevich¹ v.galdukevich@ya.ru  0000-0002-0622-5935

¹ Kaliningrad State Technical University, Sovetskiy Av., 1 Kaliningrad, 236000, Russia

Abstract. The relevance of the above technological process makes it possible to reduce intensity of fish smell and taste, to improve color, to form a more dense structure and to increase shelf life of minced cod. For the first time minced cod was washed by Electrolyzed – water (EW-water) containing various concentrations of active chlorine, as well as free radicals. The influence of different concentration of active chlorine ions on physical and chemical characteristics of washed minced cod was determined. The optimum concentration of active chlorine ions was determined. The amount of removed water-soluble proteins depends on the type of water and the concentration of active chlorine in it. Pure and electrolyzed - water was characterized before and after washing minced cod. The rheological characteristics of minced cod washed by EW - water with different concentrations of active chlorine ions do not change significantly at a concentration in the range from 25 to 150 mg/l. With a concentration of active chlorine ions more than 200 mg / l, the ultimate shear stress increases significantly, the texture of minced cod becomes too dense, which negatively affects the sensory characteristics. Dependence of ratio of protein coefficient and suitability level of minced cod for preparation of high-quality food product was determined. It was found that washing of the minced cod removes water-soluble proteins, which leads to a change in their ratio with salt-soluble proteins, as a result of which the protein coefficient increases by 1.5-2.4 times. The advantage of washing minced cod by electrolyzed – water, which differs in better rheological characteristics compared to minced cod washed with pure water, was justified.

Keywords: activated water, ion concentration, active chlorine, minced cod, protein coefficient, water-soluble proteins, salt-soluble proteins, rheological characteristics

Введение

Комплексная переработка рыбы требует принципиально новых подходов к созданию высококачественных продуктов, в том числе изделий из фарша. Процесс промывания фарша питьевой водой оказывает положительное влияние на его качество за счет удаления саркоплазматических белков, что приводит к увеличению

доли миофибриллярных белков и повышению эластичности фаршевых изделий [1]. При этом удаляются остатки крови, наличие которых снижает качество фарша. Кроме того, указанный технологический процесс позволяет снизить интенсивность рыбного запаха и вкуса, улучшить цвет, сформировать более плотную структуру и увеличить сроки хранения фарша [2–5].

Для цитирования

Андреев М.П., Галдукевич В.А. Характеристика фарша балтийской трески (*Gadus Morhua Callarias*), промытого электрохимически активированной водой с различной концентрацией ионов активного хлора // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 117–122. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-117-122

For citation

Andreev M.P., Galdukevich V.A. Characteristic of baltic cod mince *Gadus Morhua Callarias* washed with electrochemical activated water with different concentration of active chlorine ions. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 117–122. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-117-122

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

Предложено промывать рыбный фарш электрохимически активированной водой (ЭХА-водой), содержащей различные концентрации активного хлора, а также свободные радикалы (ионы хлора). ЭХА-воду приготавливают путем преобразования солевого раствора хлористого натрия в метастабильный раствор – активированный нейтральный анолит (АНК) на специальных установках типа СТЭЛ в поле высокой электромагнитной напряженности. Проведены исследования по влиянию ЭХА-воды на физико-химические характеристики промытого пищевого рыбного фарша.

Материалы и методы

Для проведения экспериментальных работ использовали треску балтийскую охлажденную (*Gadus morhua callarias*), а обрезы с филе и хребтовые кости с остатками мяса обрабатывали пресс-сепарированием на фарш-машине с получением рыбного фарша.

Полученный фарш исследовали по следующим показателям: содержание влаги по ГОСТ 7636 [6], белка в % (N x 6,25) – по методу Кьельдаля на аппарате Kjeltex Auto 10 SO Analyzer [7], водо- и солерастворимых белков в % (ВБ, СБ) определяли сжиганием и последующей отгонкой в аппарате Kjeltex Auto 10 SO Analyzer [6]. Белковый коэффициент, который определяется соотношением солерастворимых к водорастворимым белкам $K_6 = \text{СБ}/\text{ВБ}$, содержание небелковых азотистых веществ (НБА, мг %) определяли из трихлоруксусного экстракта методом Кьельдаля (для НБА) [6], реакцию среды pH определяли потенциометрическим методом (pH-метром), органолептические характеристики (запах, вкус, цвет, консистенция, внешний вид) – по ГОСТ 7631 и методу Т.М. Сафроновой [8]. Концентрацию активного хлора определяли согласно рекомендациям по применению

дезинфицирующего раствора «Нейтральный анолит АНК», вырабатываемого на установках типа СТЭЛ [9].

Исследована структура сырого фарша из обрезы трески балтийской после промывки с целью определения оптимальной концентрации ионов активного хлора в ЭХА-воде, способствующей формированию более плотной структуры фарша.

Реологические характеристики, а именно, предельное напряжение сдвига (ПНС) определяли с помощью пенетromетра ПМДП с константой конуса с углом при вершине 60°. Методика определения ПНС основана на измерении погружения конуса при действии постоянной нагрузки в специально подготовленный образец [10].

Фарш трески подвергали промывке питьевой водой (контроль) и ЭХА-водой, приготовленной на установке СТЭЛ 40 из подсолонной (5–9 г NaCl на 1 л) питьевой водопроводной воды в течение 10 мин при соотношении фарш:вода 1:3 по следующим режимам:

а) нейтральным анолитом:

– концентрация активного хлора C_{ax} (мг/л): 325, 200, 150, 100, 50, 25. Для получения ЭХА-воды с нужной концентрацией активного хлора исходный раствор разводили питьевой водой пропорционально в соответствии с заданными концентрациями;

• сила тока, 10–12 А;

• pH 7,3–7,9;

б) питьевой водой.

Результаты и обсуждение

Полученные образцы фарша из обрезы балтийской трески исследовали по вышеуказанным показателям (таблица 1, 2). Показано, что содержание влаги в фарше зависит от вида воды для промывки и концентрации в ней активного хлора. Наибольшее содержание влаги отмечено в фарше, промытом питьевой водой, что объясняется её незначительным воздействием на функциональные свойства фарша.

Таблица 1.

Физико-химические показатели фарша из трески балтийской

Table 1.

Physical and chemical characteristics of Baltic cod mince

Вид фарша Type of minced meat	Влага, % Moisture, %	Сырой протеин Protein content Nx6, 25, %	СБ, % SP, %	ВБ, % WP, %	K_6 K_b	НБА, мг % NNS, mg %	pH
Непромытый (контроль) Unwashed (control)	81,1 ± 0,3	13,9 ± 0,1	7,0 ± 0,1	4,8 ± 0,1	1,5	343,4 ± 2,2	6,9 ± 0,1
Промытый (Washed):							
Питьевой водой Pure water	82,6 ± 0,4	12,2 ± 0,2	6,5 ± 0,2	4,0 ± 0,2	1,6	333,2 ± 1,9	6,9 ± 0,1
ЭХА-водой с C_{ax} 325 мг/л EW-water C_{ach} 325 mg/l	78,6 ± 0,2	10,3 ± 0,2	5,0 ± 0,2	2,1 ± 0,2	2,4	97,7 ± 0,8	6,8 ± 0,1
ЭХА-водой с C_{ax} 200 мг/л EW-water C_{ach} 200 mg/l	79,7 ± 0,2	11,4 ± 0,3	5,3 ± 0,2	2,5 ± 0,2	2,1	106,2 ± 0,8	6,9 ± 0,1
ЭХА-водой с C_{ax} 150 мг/л EW-water C_{ach} 150 mg/l	80,4 ± 0,2	11,6 ± 0,2	5,5 ± 0,2	2,7 ± 0,1	2,0	108,5 ± 1,0	6,9 ± 0,1
ЭХА-водой с C_{ax} 100 мг/л EW-water C_{ach} 100 mg/l	82,1 ± 0,4	11,8 ± 0,1	5,6 ± 0,1	2,9 ± 0,1	1,9	110,1 ± 1,2	6,7 ± 0,1
ЭХА-водой с C_{ax} 50 мг/л EW-water C_{ach} 50 mg/l	82,3 ± 0,3	12,0 ± 0,1	5,7 ± 0,2	3,0 ± 0,2	1,9	113,7 ± 1,1	6,8 ± 0,1
ЭХА-водой с C_{ax} 25 мг/л EW-water C_{ach} 25 mg/l	82,5 ± 0,4	12,0 ± 0,2	5,8 ± 0,2	3,1 ± 0,2	1,9	115,3 ± 1,5	7,0 ± 0,1

Примечание: ВБ, СБ – водо- и солерастворимые белки, %; $K_6 = \text{СБ} / \text{ВБ}$ – белковый коэффициент, НБА – небелковые азотистые вещества, реакция среды – pH

Note: WP, SP – water – and salt soluble proteins, %; $K_b = \text{SP} / \text{WP}$ – protein coefficient, NNS – non-protein nitrogenous substances, the reaction of the medium – pH.

Таблица 2.

Химические показатели фарша из трески балтийской в пересчете на сухое вещество

Table 2.

Chemical values of Baltic cod mince in terms of dry matter

Вид фарша Type of minced meat	Общее содержание белка Protein content Nx6, 25	СБ, % SP, %	ВБ, % WP, %	К _б K _b
Непромытый (контроль) Unwashed (control)	72,8	37,0	25,4	1,5
Промытый (Washed):				
Питьевой водой Pure water	69,4	37,4	23,0	1,6
ЭХА-водой с С _{ак} 325 мг/л EW-water C _{ach} 325 mg/l	47,6	23,4	9,8	2,4
ЭХА-водой с С _{ак} 200 мг/л EW-water C _{ach} 200 mg/l	55,6	26,1	12,3	2,1
ЭХА-водой с С _{ак} 150 мг/л EW-water C _{ach} 150 mg/l	58,6	28,1	13,8	2,0
ЭХА-водой с С _{ак} 100 мг/л EW-water C _{ach} 100 mg/l	65,2	31,3	16,2	1,9
ЭХА-водой с С _{ак} 50 мг/л EW-water C _{ach} 50 mg/l	67,1	32,2	16,9	1,9
ЭХА-водой с С _{ак} 25 мг/л EW-water C _{ach} 25 mg/l	67,9	33,1	17,7	1,9

Примечание: ВБ, СБ – водо- и солерастворимые белки, %; К_б = СБ / ВБ – белковый коэффициент
 Note: WP, SP – water and salt soluble proteins, %; K_b = SP / WP – protein ratio

Наименьшее содержание воды отмечено в фарше, промытом ЭХА-водой с наибольшей концентрацией активного хлора -325 мг/л, что, вероятно, обусловлено наличием моющих свойств у анолита. При снижении концентрации активного хлора моющие свойства ЭХА-воды ослабевают, и содержание влаги в промытом фарше возрастает. Моющие свойства анолита также оказывают влияние на содержание водорастворимых белков в фарше и небелковых азотистых веществ. Количество удаленных водорастворимых белков зависит от вида воды и концентрации в ней активного хлора. Из таблиц 1 и 2 видно, что промывка фарша из трески балтийской обеспечивает удаление водорастворимых белков, что приводит к изменению их соотношения с солерастворимыми белками, которое увеличивается в 1,5–2,4 раза [11]. Значение pH незначительно превышало прежний уровень, поддерживаемый буферной ёмкостью белка.

При промывке фарша пресной водой белковый коэффициент и содержание небелкового азота изменяются незначительно, в то время как промывка ЭХА-водой с максимальной концентрацией активного хлора приводит к существенному снижению содержания НБА и увеличению К_б (в 1,6 раза). Дальнейшее уменьшение С_{ак} в воде при промывке фарша приводит к некоторому уменьшению белкового коэффициента (в 1,3 раза). Так как количество небелковых азотистых веществ меняется при промывке в зависимости

концентрации активного хлора, то прослеживается зависимость: чем выше концентрация С_{ак}, тем лучше отделяется и естественная и промывная вода. Поэтому, исходя из полученных данных, можно утверждать, что содержание воды в промытом фарше зависит от С_{ак} в ЭХА-воде, что обусловлено, вероятно, снижением способности фарша удерживать влагу и потерей небелкового азота. Таким образом, лучшее промывание при увеличении С_{ак} достигается за счет снижения способности фарша удерживать влагу.

В используемой для промывки питьевой воде и ЭХА-воде до и после промывки фарша трески балтийской (таблица 3) определяли показатели pH и концентрацию ионов активного хлора (рисунок 1).

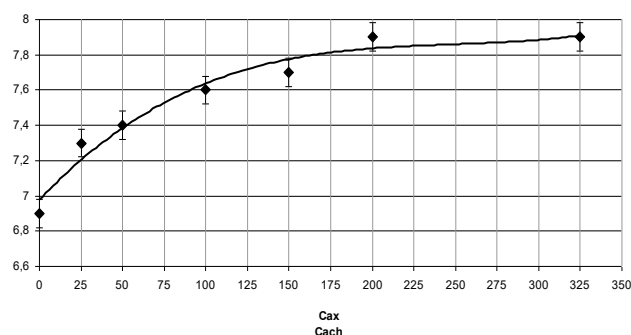


Рисунок 1. Изменение pH ЭХА-воды в зависимости от концентрации активного хлора

Figure 1. pH dependence EW – water from concentrations of active chlorine ions

Таблица 3.
Характеристика питьевой воды и ЭХА-воды до и после промывки фарша трески балтийской
Table 3.
Characteristics of unleavened and electrolyzed water before and after washing Baltic cod mince

Образцы воды Water samples	Вода до промывки Water before washing		Вода после промывки Water after washing	
	pH	C _{ax} , мг/л, C _{ach} mg/l	pH	C _{ax} , мг/л, C _{ach} mg/l
Питьевая вода Pure water	6,9 ± 0,1	0	6,9 ± 0,1	0
ЭХА-вода с C _{ax} 325 мг/л EW-water C _{ach} 325 mg/l	7,9 ± 0,1	325	7,9 ± 0,1	325
ЭХА-вода с C _{ax} 200 мг/л EW-water C _{ach} 200 mg/l	7,9 ± 0,1	200	7,9 ± 0,1	200
ЭХА-вода с C _{ax} 150 мг/л EW-water C _{ach} 150 mg/l	7,7 ± 0,1	150	7,7 ± 0,1	150
ЭХА-вода с C _{ax} 100 мг/л EW-water C _{ach} 100 mg/l	7,6 ± 0,1	100	7,6 ± 0,1	100
ЭХА-вода с C _{ax} 50 мг/л EW-water C _{ach} 50 mg/l	7,4 ± 0,1	50	7,4 ± 0,1	50
ЭХА-вода с C _{ax} 25 мг/л EW-water C _{ach} 25 mg/l	7,3 ± 0,1	25	7,3 ± 0,1	25

При обработке подсоленной питьевой воды в электромагнитном поле высокой напряженности происходит увеличение pH на 0,4–1,0 значений. pH воды после промывки фарша снижается, но его значения в зависимости от концентрации использованной ЭХА-воды изменяются незначительно. Данные таблицы 3 по использованию питьевой и ЭХА-воды

свидетельствуют о том, что после промывки фарша свойства ЭХА-воды стали сходными с питьевой водой, так как концентрация ионов активного хлора после промывки равна нулю. Данный факт говорит о том, что после промывки фарша ЭХА-вода теряет свои свойства и превращается в воду, которая не отличается по своим свойствам от питьевой (таблица 4).

Таблица 4.
Оценка структуры сырого фарша из трески балтийской
Table 4.
Evaluation of the structure of raw minced Baltic cod

Вид фарша Type of minced meat	Органолептическая оценка, балл Sensory evaluation, point	ПНС, Па Ultimate Shear Stress, Pa
Непромытый (контроль) Unwashed (control)	3,5	953,9
Промытый (Washed):		
Питьевой водой Pure water	4,0	1695,8
ЭХА-водой с C _{ax} 325 мг/л EW-water C _{ach} 325 mg/l	2,6	5961,9
ЭХА-водой с C _{ax} 200 мг/л EW-water C _{ach} 200 mg/l	3,4	3815,6
ЭХА-водой с C _{ax} 150 мг/л EW-water C _{ach} 150 mg/l	3,5	3460,9
ЭХА-водой с C _{ax} 100 мг/л EW-water C _{ach} 100 mg/l	4,7	3211,5
ЭХА-водой с C _{ax} 50 мг/л EW-water C _{ach} 50 mg/l	4,7	3041,8
ЭХА-водой с C _{ax} 25 мг/л EW-water C _{ach} 25 mg/l	4,5	2740,3

Показано, что средний балл органолептической оценки консистенции непромытого фарша равен 3,5, так как консистенция мягкая, мажущаяся, отмечена плохая формуемость. Неудовлетворительную оценку структуры фарша подтверждает низкое значение ПНС, равное 953,9 Па. Неудовлетворительную оценку

консистенции (2,6 балла) также получил фарш, промытый ЭХА-водой с C_{ax} 325 мг/л. Данный фарш был чрезмерно плотным резинообразным, о чем свидетельствует высокий показатель ПНС, равный 5961,9 Па.

Реологические характеристики фарша из трески представлены в виде реограмм (рисунок 2).

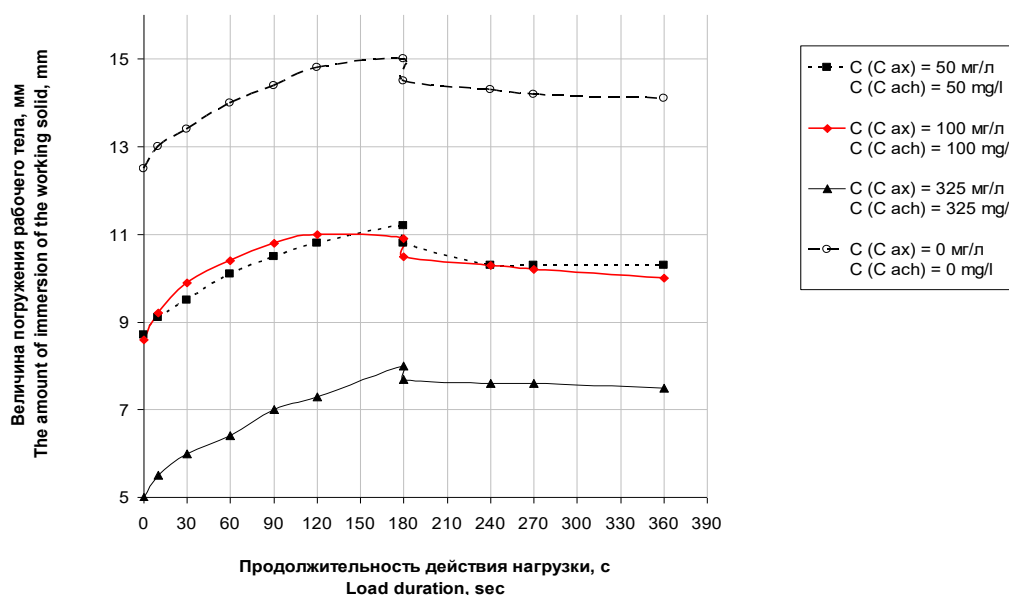


Рисунок 2. Реограммы фарша трески балтийской, промытого водой с различной концентрацией ионов активного хлора
Figure 2. Rheograms of minced Baltic cod, washed with water with different concentrations of active chlorine ions

Как упоминалось ранее, фарш, промытый ЭХА-водой с C_{ax} 325 мг/л, имел чрезмерно плотную консистенцию и высокий показатель ПНС, о чем свидетельствует небольшое погружение конуса пенетрометра (рисунок 2). Глубина погружения конуса в фарш, промытый ЭХА-водой с C_{ax} 100 и C_{ax} 50 мг/л, примерно одинаковая, а питьевой водой – существенно выше. Фарш, промытый питьевой водой, имел ПНС 1695,8 Па, а фарш, промытый ЭХА-водой с C_{ax} 100 и C_{ax} 50 мг/л – 3211,5 Па и 3041,8 Па соответственно.

Влияние промывки фарша из трески балтийской водой с различной концентрацией ионов активного хлора на ПНС представлено на рисунке 3.

На рисунке 3 видно, что ПНС фарша, промытого ЭХА-водой с различной концентрацией ионов активного хлора, существенно не изменяется в пределах от C_{ax} от 25 до 150 мг/л. При значении C_{ax} свыше 200 мг/л ПНС значительно возрастает, консистенция фарша становится слишком плотной, что негативно влияет на органолептические характеристики. Средний балл оценки консистенции фарша, промытого ЭХА-водой с C_{ax} 200 и C_{ax} 325 мг/л составляет 3,4 и 2,6 соответственно.

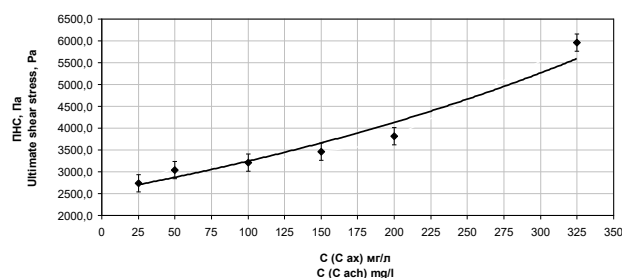


Рисунок 3. Влияние промывки фарша из трески балтийской водой с различной концентрацией ионов активного хлора на ПНС
Figure 3. The effect of washing minced cod with water with different concentrations of active chlorine ions on the ultimate shear stress

Исходя из данных, представленных на рисунках 2 и 3, можно сделать вывод о том, что фарш после промывки водой с концентрацией ионов активного хлора 50–100 мг/л имеет наилучшие характеристики консистенции.

При исследовании определены органолептические характеристики фарша из трески балтийской после пробной варки (таблица 5, рисунок 4).

Таблица 5.
Органолептическая оценка фарша из трески балтийской после пробной варки, баллы

Table 5.

Organoleptic evaluation of minced cod after trial cooking, points

Вид фарша Type of minced meat	Запах Smell	Вкус Taste	Цвет Color	Консистенция Texture	Внешний вид Appearance	Сумма баллов Total points
1	2	3	4	5	6	7
Непромытый (контроль) Unwashed (control)	4,2	3,5	3,2	3,5	4,1	18,5

Продолжение таблицы 5 | Continuation of table 5

1	2	3	4	5	6	7
Промытый (Washed):						
Питьевой водой Pure water	4,8	5,0	4,7	4,8	4,9	24,2
ЭХА-водой с C_{ax} 325 мг/л EW-water C_{ach} 325 mg/l	2,8	2,0	2,5	2,6	3,5	13,4
ЭХА-водой с C_{ax} 200 мг/л EW-water C_{ach} 200 mg/l	3,5	3,5	4,0	3,0	4,0	18,0
ЭХА-водой с C_{ax} 150 мг/л EW-water C_{ach} 150 mg/l	4,1	3,8	4,5	3,5	4,2	20,1
ЭХА-водой с C_{ax} 100 мг/л EW-water C_{ach} 100 mg/l	4,7	4,6	4,5	4,7	4,8	23,3
ЭХА-водой с C_{ax} 50 мг/л EW-water C_{ach} 50 mg/l	4,7	4,7	4,5	4,7	5,0	23,6
ЭХА-водой с C_{ax} 25 мг/л EW-water C_{ach} 25 mg/l	4,8	4,9	4,7	4,5	5,0	23,9

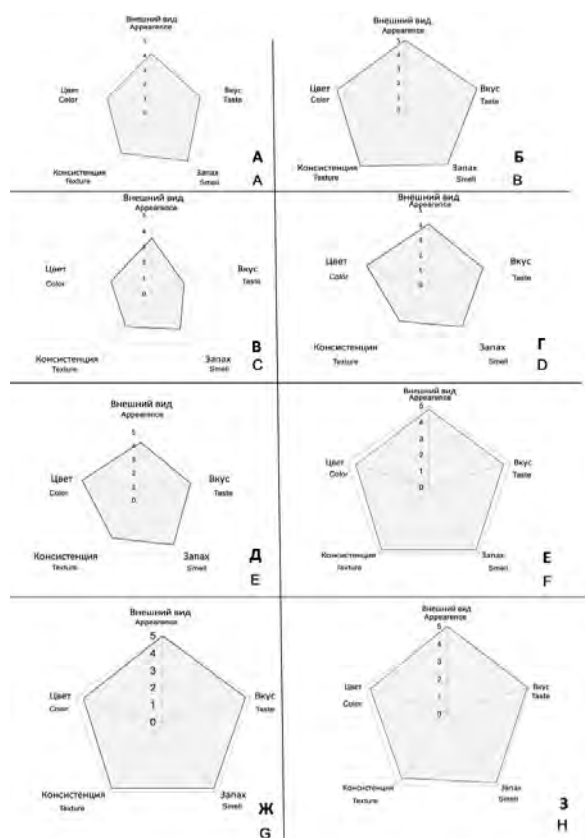


Рисунок 4. Профилограммы органолептической оценки фарша трески балтийской после пробной варки (А – не промытый; Промытый: Б – питьевой водой, В – ЭХА-водой с C_{ax} 325 мг/л, Г – ЭХА-водой с C_{ax} 200 мг/л, Д – ЭХА-водой с C_{ax} 150 мг/л, Е – ЭХА-водой с C_{ax} 100 мг/л, Ж – ЭХА-водой с C_{ax} 50 мг/л, З – ЭХА-водой с C_{ax} 25 мг/л)

Figure 4. Profilograms of the organoleptic evaluation of the Baltic cod mince after trial cooking (A – non-washed; Washed: B – pure water, C – EW water with C_{ach} 325 mg / l, D – EW water with C_{ach} 200 mg / l, E – EW-water with S_{ach} 150 mg / l, F – EW-water with S_{ach} 100 mg / l, G – EW-water with C_{ach} 50 mg / l, H – EW-water with C_{ach} 25 mg / l)

Установлено, что образцы фарша, промытые ЭХА-водой с концентрацией активного хлора 25, 50, 100 мг/л, получили высокую оценку.

Данные образцы не имеют посторонних привкусов и запахов, внешний вид и цвет свойственен фаршу из обрезки трески, промытому питьевой водой. Фарш, промытый ЭХА-водой с концентрацией активного хлора 325 мг/л, оценён наименьшим количеством баллов, так как приобрел жёлтый цвет, несвойственный данному виду продукта, посторонний запах хлора, имел очень плотную консистенцию. Фарш, промытый ЭХА-водой с C_{ax} 150 и 200 мг/л, имел небольшой запах хлора, резинообразную консистенцию, что также несвойственно рыбному фаршу.

Наиболее оптимальную органолептическую оценку получил фарш, промытый ЭХА-водой с концентрацией активного хлора C_{ax} от 25 и 100 мг/л.

Закключение

Использование ЭХА-воды при промывке фарша из трески балтийской оказывает существенное влияние на его свойства. Установлено, что содержание влаги, азотистых веществ в фарше зависит от вида воды, используемой для промывки, и концентрации активного хлора в ЭХА-воде. Наибольшее содержание влаги отмечено в фарше, промытом питьевой водой, в то время как после промывки фарша ЭХА-водой с наибольшей концентрацией активного хлора 325 мг/л достигается наилучшее отделение промывных вод вследствие наличия моющих свойств у этого анолита. Данные свойства также способствуют лучшему отделению от фарша водорастворимых белков и небелковых азотистых веществ. Увеличение соотношения солерастворимых и водорастворимых белков приводит к улучшению органолептических и реологических характеристик промытого фарша, причем наиболее рационально промывать фарш ЭХА-водой с концентрацией активного хлора от 25 до 100 мг/л.

ЭХА-вода после промывки фарша теряет свои свойства и превращается в обычную воду.

Литература

- 1 Андреев М.П. Научное обоснование комплекса технологий пищевых продуктов из маломерных гидробионтов и вторичного сырья. Калининград, 2002. 311 с.
- 2 Александрова Э.А., Шрамко Г.А., Красавцев Б.Е., Симкин В.Б. Исследование антиоксидантной активности электрохимически активированной воды // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2013. № 4. С. 40–43.
- 3 Shiroodi S.G., Ovissipour M. Electrolyzed Water Application in Fresh Produce Sanitation // Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables. 2018. P. 67–89.
- 4 Gil M.I., Gomez-Lopez V.M., Hung Y.-C., Allende A. Potential of Electrolyzed Water as an Alternative Disinfectant Agent in the Fresh-Cut Industry // Food Bioprocess Technol. 2015. P. 1336–1348.
- 5 Rahman S.M.E., Khan I., Oh D.H. Electrolyzed Water as a Novel Sanitizer in the Food Industry: Current Trends and Future Perspectives // Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety. 2016. V. 15. P. 471–490.
- 6 ГОСТ 7636–85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М.: Стандартинформ, 2010.
- 7 FOSS: сайт официального дистрибьютора FOSS в России. URL: <https://foss.su/>
- 8 ГОСТ 7631–2008. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей. М.: Стандартинформ, 2011.
- 9 Бахир В.М. Электрохимическая активация Изобретения, Техника, Технология. М.: Делфин аква, 2014. 512 с.
- 10 ГОСТ Р 50814–95. Мясопродукты. Методы определения пенетрации конусом и игольчатым индентором. М.: Стандартинформ, 2010.
- 11 Derkach S.R., Grokhovsky V.A., Kuranova L.K., Volchenko V.I. Nutrient analysis of underutilized fish species for the production of protein // Foods and Raw Materials. 2017. V. 5. № 2.

References

- 1 Andreev M.P. Scientific substantiation of a complex of food technology from small hydrobionts and secondary raw materials. Kaliningrad, 2002. 311 p. (in Russian).
- 2 Alexandrova E.A., Shramko G.A., Krasavtsev B.E., Simkin V.B. The study of antioxidant activity of electrochemically activated water. News of higher educational institutions. Food technology. 2013. no. 4. pp. 40–43. (in Russian).
- 3 Shiroodi S.G., Ovissipour M. Electrolyzed Water Application in Fresh Produce Sanitation. Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables. 2018. pp. 67–89.
- 4 Gil M.I., Gomez-Lopez V.M., Hung Y.-C., Allende A. Potential of Electrolyzed Water as an Alternative Disinfectant Agent in the Fresh-Cut Industry. Food Bioprocess Technol. 2015. pp. 1336–1348.
- 5 Rahman S.M.E., Khan I., Oh D.H. Electrolyzed Water as a Novel Sanitizer in the Food Industry: Current Trends and Future Perspectives. Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety. 2016. vol. 15. pp. 471–490.
- 6 State Standard 7636–85. Fish, marine mammals, marine invertebrates and their processed products. Methods of analysis. Moscow, Standartinform, 2010. (in Russian).
- 7 FOSS: website of the official FOSS distributor in Russia. Available at: <https://foss.su/> (in Russian).
- 8 State Standard 7631–2008. Fish, non-fish objects and products from them. Methods for determining organoleptic and physical indicators. Moscow, Standartinform, 2011. (in Russian).
- 9 Bahir V.M. Electrochemical activation of the Invention, Technique, Technology. Moscow, Delfin akva, 2014. 512 p. (in Russian).
- 10 State Standard 50814–95. Meat products. Methods for determining penetration by a cone and a needle indenter. Moscow, Standartinform, 2010. (in Russian).
- 11 Derkach S.R., Grokhovsky V.A., Kuranova L.K., Volchenko V.I. Nutrient analysis of underutilized fish species for the production of protein. Foods and Raw Materials. 2017. vol. 5. no. 2.

Сведения об авторах

Михаил П. Андреев д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов питания, Калининградский государственный технический университет, Советский пр-т, 1, г. Калининград, 236000, Россия, andreev@atlantniro.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6728-6942>

Владислав А. Галдукевич аспирант, кафедра технологии продуктов питания, Калининградский государственный технический университет, Советский пр-т, 1, г. Калининград, 236000, Россия, v.galdukevich@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0622-5935>

Вклад авторов

Михаил П. Андреев предложил методику проведения эксперимента, консультация в ходе исследования

Владислав А. Галдукевич написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Mikhail P. Andreev Dr. Sci. (Engin.) professor, food technology department, Kaliningrad State Technical University, Sovetskiy Av., 1 Kaliningrad, 236000, Russia, andreev@atlantniro.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6728-6942>

Vladislav A. Galdukevich graduate student, food technology department, Kaliningrad State Technical University, Sovetskiy Av., 1 Kaliningrad, 236000, Russia, v.galdukevich@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0622-5935>

Contribution

Mikhail P. Andreev proposed the scheme of experiment, consultation during the study

Vladislav A. Galdukevich 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 10/02/2020	После редакции 18/02/2020	Принята в печать 27/02/2020
Received 10/02/2020	Accepted in revised 18/02/2020	Accepted 27/02/2020

Разработка технологии и рецептур мясных фаршевых изделий с БАД

Анна Т. Васюкова	¹	vasyukova-at@yandex.ru	 0000-0002-7374-4145
Максим Г. Макаров	¹	cosillas@mail.ru	 0000-0002-6880-0333
Ростислав А. Эдварс	¹		 0000-0002-9290-8619
Эрач Ш. Махмадалиев	¹	erach.maxmadaliev@mail.ru	 0000-0002-4238-4175
Михаил Е. Бражников	¹	bmikle96@mail.ru	 0000-0001-5322-3484

¹ Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия

Аннотация. Изложены основные сведения о функциональных свойствах мясных комбинированных фаршей, разработанных на основе сочетания продуктов животного и растительного происхождения, в одном кулинарном изделии. Такое взаимное дополнение рецептуры различными компонентами позволяет создать продукт, наиболее отвечающий потребностям организма по пищевой ценности. Цель исследований – разработка технологии и рецептур мясных фаршевых изделий с БАД. Объектами исследования при разработке рецептуры и технологии мясного фаршевого изделия были: говяжий, говяжий и бараний фарш; банановое пюре, рисовая мука, морковный и тыквенный порошок в качестве БАД. В качестве пластифицирующей добавки использовано сливочное масло. Применение добавок растительного происхождения позволяет стабилизировать функционально-технологические свойства сырья, повысить биологическую ценность, подчеркнуть органолептические показатели готовой продукции. Пюре, мука и порошок богаты минеральными веществами и витаминами, пищевыми волокнами, белками, полиненасыщенными жирными кислотами. Редкий химический состав представленных добавок способствует улучшению вкусовых качеств и повышению пищевой и биологической ценности комбинированных мясных кулинарных изделий. Использовали стандартные и общепринятые сенсорные, реологические, физико-химические и микробиологические методы исследования сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Математическую обработку результатов исследований проводили, используя программный пакет программ Curve Expert Ver. 1.34. Методом подбора компонентов были выявлены перспективные сочетания для обогащения традиционных рецептур растительными компонентами. Разработаны мясные паровые биточки как с добавлением овощей (капуста белокочанная, морковь и тыква), так и без добавления. Массовая доля влаги биточка парового с говядиной, бараниной и капустой больше на 12%, чем у биточка парового с говядиной и тыквой, и на 10%, чем у биточка парового с говядиной и морковью. Массовая доля жира биточка парового с говядиной и тыквой больше на 15%, чем у биточка парового с говядиной, бараниной и капустой и на 4%, чем у биточка парового с говядиной и морковью. Наиболее скорректированный аминокислотный состав у биточков паровых с говядиной и бараниной.

Ключевые слова: пищевая ценность, мясорастительная продукция, показатели качества, функциональные изделия, кулинарные изделия

Development technology and sandement meat farsetos with dietary supplements

Anna T. Vasyukova	¹	vasyukova-at@yandex.ru	 0000-0002-7374-4145
Maxim G. Makarov	¹	cosillas@mail.ru	 0000-0002-6880-0333
Rostislav A. Edvars	¹		 0000-0002-9290-8619
Erach S. Mahmadaliev	¹	erach.maxmadaliev@mail.ru	 0000-0002-4238-4175
Mikhail E. Brazhnikov	¹	bmikle96@mail.ru	 0000-0001-5322-3484

¹ Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

Abstract. The basic information on the functional properties of combined minced meat, developed on the basis of a combination of products of animal and vegetable origin, in one culinary product is presented. This mutual addition of the formulation with various components allows you to create a product that best meets the needs of the body according to nutritional value. The purpose of research is the development of technology and formulations of minced meat products with dietary supplements. The objects of study in the development of recipes and technology for minced meat products were: beef, beef and lamb; banana puree, rice flour, carrot and pumpkin powder as a dietary supplement. As a plasticizing additive used butter. The use of additives of plant origin allows you to stabilize the functional and technological properties of raw materials, increase biological value, emphasize the organoleptic characteristics of the finished product. Mashed potatoes, flour and powder are rich in minerals and vitamins, dietary fiber, proteins, polyunsaturated fatty acids. The rare chemical composition of the presented additives helps to improve the taste and increase the nutritional and biological value of the combined meat culinary products. We used standard and generally accepted sensory, rheological, physicochemical and microbiological methods for studying raw materials, semi-finished products, and finished products. Mathematical processing of the research results was carried out using the software package Curve Expert Ver. 1.34. The method of selecting components revealed promising combinations for enriching traditional formulations with plant components. Meat steamed meatballs have been developed both with the addition of vegetables (white cabbage, carrots and pumpkin), and without adding. The mass fraction of moisture of a steam crate with beef, lamb and cabbage is 12% higher than that of a steam cue with beef and pumpkin, and 10% more than a steam cue with beef and carrots. The mass fraction of fat in a chicken meat parrot with beef and pumpkin is 15% higher than that of a steam chicken with beef, lamb and cabbage and 4% than in a steam chicken with beef and carrots. The most corrected amino acid composition in meatballs of steam with beef and mutton.

Keywords: nutritional value, meat-growing products, quality indicators, functional products, culinary products

Для цитирования

Васюкова А.Т., Макаров М.Г., Эдварс Р.А., Махмадалиев Э.Ш., Бражников М.Е. Разработка технологии и рецептур мясных фаршевых изделий с БАД // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 124–128. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-124-128

For citation

Vasyukova A.T., Makarov M.G., Edvars R.A., Mahmadaliev E.S., Brazhnikov M.E. Development technology and sandement meat farsetos with dietary supplements. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 124–128. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-124-128

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

Введение

Одним из путей решения проблем, связанных с получением оптимального для организма человека продукта, а наряду с этим оптимизацией и унификацией производства, расширением ассортимента, снижением себестоимости и стабилизацией качества, является создание уникальных модельных (базовых) рецептур, на основании которых без дополнительных сложных технологических процессов можно

выпускать линейки изделий и регулировать качество продукции в больших объемах [2, 3].

Цель работы – разработка технологии и рецептур мясных фаршевых изделий с БАД.

Материалы и методы

Разработаны рецептуры и нормативные документы для их производства: ТУ 10.71.11–004–02068812–2019, на которые получены положительные решения на выдачу патентов РФ № 2012103091 от 25.07.2019 г. и № 2012103091 от 4.12.2019 г. [1] (таблица 1).

Таблица 1.

Рецептура фарша для экспериментальных образцов

Table 1.

The recipe of mince for experimental samples

Наименование сырья и продуктов The name of raw materials and products	Расход сырья и продуктов на 1 порцию, г The consumption of raw materials and products per 1 serving, g					
	Брутто Gross	Фарш 1, нетто Mince 1, net	Фарш 2, нетто Mince 2, net	Фарш 3, нетто Mince 3, net	Фарш 4, нетто Mince 4, net	Фарш 5, нетто Mince 5, net
Говядина (котлетное мясо) Beef (cutmeat)	58,6 (37,2)	58,0	58,0	27,2	27,2	54,4
Баранина (котлетное мясо) Lamb (meat)	37,9	0,0	0,0	27,2	27,2	0,0
Хлеб пшеничный Wheat bread	4,8 (11,3)	4,8	11,8	11,3	0,00	11,3
Кинза (зелень) Cilantro (green)	11,2	0,0	0,0	9,0	4,0	0,0
Лук репчатый Onion	2,2	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Укроп (зелень) Dill (green)	12,2	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0
Зира (зелень) Zira (green)	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0
Мука рисовая Rice flour	10,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0
Банановое пюре Banana puree	40,6	29,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Морковный порошок Carrot powder	9,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0
Тыквенный порошок Pumpkin powder	9,0	0,0	0,0	0,0	9,0	6,0
Яблочный порошок Apple powder	11,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0
Масло сливочное Butter	3,0 (6,0)	0,0	0,0	3,0	3,0	6,0
Соль поваренная пищевая Salt food	0,7–0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8
Перец чёрный молотый Black ground pepper	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Вода питьевая Drinking water	-	5,0	10,0	14,0	20,0	14,0
Выход: Output:		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Органолептическую оценку проводили профильным методом по разработанной системе дескрипторов, которые включают: поверхность, вид в изломе, вкус, цвет, пористость. Пищевую и энергетическую ценность корпусов характеризовали расчетным методом по справочным таблицам содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. Все анализы проводили не менее чем в трех повторностях.

Влагоудерживающую способность фаршей, «нежность» определяли по методу Г. Грау и Р. Хамма. в модификации В.П. Воловинской и Б.Я. Кельман. Содержание связанной влаги В, %, в образце рассчитывали по формулам:

$$B = (A - 8,4 \cdot B) \times 100 / M,$$

$$A = x \cdot 300 / 100,$$

где А – содержание воды в навеске, мг (определяется высушиванием); 8,4 – количество воды в 1 см² влажного пятна, мг; В – площадь поверхности влажного пятна, см².

Определение pH мясных фаршей осуществляли потенциометрическим способом. Активную кислотность среды измеряли аппаратом «Морион».

Математическую обработку результатов исследований проводили, используя пакет программ CurveExpert Ver. 1.34.

Результаты и обсуждение

На основе проведенных физико-химических и органолептических исследований более целесообразной является технологическая схема получения комбинированной функциональной массы (фарша), состоящей из следующих операций: измельчение сырья, дозирование рецептурных компонентов в заданных соотношениях, перемешивание, охлаждение фарша [6, 8, 9].

В процессе разработки мясных фаршевых изделий определено соотношение мясных компонентов и биологически активной добавки на основе растительного сырья в рецептуре,

которое составило 26–34% к массе мясopодуктов. Процесс приготовления модельной котлетной массы включал следующие технологические операции: лук репчатый и укроп мелко нарезали, смешивали со свиным котлетным мясом, пропускали через мясорубку. Бананы очищали от кожуры, нарезали, измельчали до пюреобразного состояния, добавляли воды до концентрации, пока масса не станет однородной, жидковатой. Банановую массу добавляли в фарш, перемешивали до однородного состояния и пропускали через мясорубку. Солили, перчили по вкусу. Из полученного мясного фарша № 1 и 2 готовили изделия следующего ассортимента: котлеты, запеканку и зразы рубленые с луком и яйцом [4, 5].

Из котлетного мяса говядины и баранины готовили фарш. Из сухих смесей готовили пюреобразную массу. Свежую зелень измельчали. Все компоненты перемешивали и измельчали повторно в мясорубке. Добавляли специи и перемешивали. Из полученного мясного фарша № 3–5 готовили биточки, котлеты, использовали в качестве начинки для самсы и пиццы [1].

Подготовленные полуфабрикаты доводили до готовности в пароконвектомате на режиме «жар» и «пар» в течение времени, соответствующем конкретному технологическому процессу (жарке, варке на пару, выпечке и запеканию), при температуре 180–200 °C до готовности

в течение 12–15 мин или 15–20 мин в зависимости от вида изделия и способа обработки.

Потери массы при тепловой обработке котлет составили 8,7%, запеканки «Любительская» – 9,1%, а зраз рубленых с луком и яйцом – 5,7%.

Проведенная органолептическая оценка качества показала, что все изделия по разработанной системе дескрипторов имели гладкую поверхность, однородный вид в изломе; вкус и цвет соответствовали жареным изделиям; были пористыми сочными, имели неплотную консистенцию.

На основании проведенных исследований установлено, что потери массы у всех разработанных образцов значительно меньше, чем у контрольных, приготовленных по традиционной рецептуре: № 664 «Зразы рубленые» (12%), № 658 «Котлеты, биточки, шницели» (19%) [2]. Применимый способ тепловой обработки позволяет лучше сохранять питательные свойства сырья. С точки зрения потребительских свойств изделий необходимо отметить оригинальный вкус и запах всех разработанных образцов [4, 7, 11].

Для изучения свойств модельных систем проводили физико-химические исследования: определение pH сырья и полуфабрикатов, влагоудерживающую способность фарша (таблица 2).

Таблица 2.

pH-среды и ВУС мясных полуфабрикатов и готовых изделий

Table 2.

pH-environment and vus of meat semi-finished products and finished products

Наименование образцов Sample names	Показатели pH-среды pH-environment		Показатели ВУС, % Indicators USU, %	
	Полуфабрикат Products	Готовое изделие Finished product	Полуфабрикат Products	Готовое изделие Finished product
Котлеты «Особые» "Special" cutlets	5,6 ± 0,04	6,8 ± 0,03	40,2 ± 0,06	20,3 ± 0,03
Запеканка «Любительская» "Amateur" casserole	5,7 ± 0,03	7,0 ± 0,06	19,8 ± 0,02	14,6 ± 0,04
Зразы рубленые с луком и яйцом The zrazies chopped with onion and egg	5,8 ± 0,06	7,2 ± 0,02	21,3 ± 0,02	16,7 ± 0,06
Фарш говяжий с БАД Minced beef with dietary supplements	5,6 ± 0,03	6,8 ± 0,04	39,8 ± 0,04	-
Фарш говяжье-бараний № 3 Minced beef-lamb No.3	6,2 ± 0,03	7,4 ± 0,06	66,5 ± 0,02	35,8 ± 0,04
Фарш говяжье-бараний № 5 Minced beef-lamb No.5	6,3 ± 0,02	7,6 ± 0,04	64,3 ± 0,03	33,8 ± 0,06
Фарш говяжий № 4 Minced beef-lamb No.4	6,0 ± 0,03	7,1 ± 0,01	60,5 ± 0,06	37,1 ± 0,02

Анализ данных таблицы 2 показал, что все полуфабрикаты и готовые кулинарные изделия соответствуют доброкачественной продукции из мясных фаршей (ГОСТ Р 51478–99 (ИСО 2917–74)).

Полученная влагоудерживающая способность мясного комбинированного фарша и

изделий из него находится в диапазоне: для запеканки – 19,8–14,6%; зраз – 21,3–16,7%; котлет – 40,2–20,3%; сырого фарша – 39,8%.

Установлено, что менее сочной является запеканка, масса которой снизилась на 28,1% от котлет и на 14,4% от зраз. Относительно мясорастительного фарша сочность запеканки

«Любительской» составила 36,68%. Наилучшие показатели получены при изготовлении котлет «Особых». Их сочность снизилась на 19,5%.

Изделия из фаршей № 3–5 получились более сочные, т. к. биточки готовили в пароконвектомате способом припускания на режиме «пар».

Органолептическая оценка качества показала, что все представленные образцы котлет, биточков, зраз и запеканок имели высокие органолептические показатели, причем наилучшими свойствами обладали образцы с добавлением 2–3 видов овощей, круп и зелени. Анализ полученных результатов исследований позволяет выделить запеканку «Любительская» и биточек

из говяжьего-бараньего фарша № 4. Они получили высокие показатели вкуса и запаха как наиболее характерные для данной группы пищевых продуктов [10, 12]. По количеству баллов они на 3,3–6,6% превышали остальные образцы.

Заключение

Таким образом, анализ полученных экспериментальных данных подтверждает целесообразность сочетания говядины и баранины в одном изделии, а также использования в составе комбинированных фаршей растительных компонентов: моркови, тыквы, пряно-ароматических растений, пюре и порошкообразных растительных продуктов.

Литература

- 1 Пат. № 2012103091, RU, A23L 1/317. Композиция мясорастительных полуфабрикатов / Литвинова В.А., Журавко Е.В. № 2012103091/13; Заявл. 31.01.2012; Оpubл. 27.04.2012. Бюл. № 12.
- 2 Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Санкт-Петербург: Проффикс, 2003. 584 с.
- 3 Пат. № 2464817, RU, A23L1/31. Полуфабрикат мясорастительный рубленый / Самченко О.Н., Вершинина А.Г., Каленик Т.К. № 2011113604/13; Заявл. 07.04.2011; Оpubл. 27.10.2012. Бюл. № 30.
- 4 Васюкова А.Т., Першакова Т.В., Фалин Д.Н., Яковлева Т.В. и др. Влияние обогащающих добавок на пищевую ценность мясных и рыбных продуктов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 2–3 (320–321). С. 11–13.
- 5 Драчева Л.В., Зайцев Н.К., Жарикова О.А., Васюкова А.Т. Суммарная антиоксидантная активность растительных экстрактов // Пищевая промышленность. 2011. № 9. С. 44–45.
- 6 Иванова В.Н., Серегин С.Н., Славянский А.А. и др. Механизмы повышения эффективности отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности Центрального федерального округа: монография. М.: Финансы и статистика, 2016. 206 с.
- 7 Першакова Т.В., Васюкова А.Т., Жилина Т.С., Яковлева Т.В. и др. Применение нетрадиционного сырья в рецептурах кулинарных изделий // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 1 (319). С. 36–37.
- 8 Eskin N.A.M., Robinson N.D.S. et al. Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological Changes. Boca Raton: CRC Press, 2001.
- 9 Froning G.W., McKee S.R. Mechanical separation of poultry meat and its use in products-Poultry meat processing. CRC Press LLC, 2001.
- 10 Roberfroid M.B. Global new on functional foods: European perspectives // British J. Nutrition. 2002. V. 88. № 2. P. 133–138.
- 11 Veeman M. Policy Development for Novel Foods: Issues and Challenges for Functional Food // Canadian Journal of Agricultural Economics. 2002. V. 50.
- 12 Jia Z., Shen D., Xu W. Synthesis and antibacterial activities of quaternary ammonium salt of chitosan // Carbohydrate research. 2001. P. 1–6.

References

- 1 Litvinova V.A., Zhuravko E.V. The composition of meat and vegetable semi-finished products. Patent RF, no. 2012103091, 2012.
- 2 A collection of recipes for dishes and culinary products for catering. St. Petersburg, Profiks, 2003. 584 p. (in Russian).
- 3 Samchenko O.N., Verшинina A.G., Kalenik T.K. Semi-finished meat and vegetable chopped. Patent RF, no. 2464817, 2012.
- 4 Vasyukova A.T., Pershakova T.V., Falin D.N., Yakovleva T.V. et al. Influence of enriching additives on the nutritional value of meat and fish products. News of Higher Educational Institutions. Food technology. 2011. no. 2–3 (320–321). pp. 11–13. (in Russian).
- 5 Dracheva L.V., Zaitsev N.K., Zharikova O.A., Vasyukova A.T. The total antioxidant activity of plant extracts. Food industry. 2011. no. 9. pp. 44–45. (in Russian).
- 6 Ivanova V.N., Seregin S.N., Slavyanskiy A.A. et al. Mechanisms for improving the efficiency of food and processing industries in the Central Federal District: a monograph. Moscow, Finance and statistics, 2016. 206 p. (in Russian).
- 7 Pershakova T.V., Vasyukova A.T., Zhilina T.S., Yakovleva T.V. et al. The use of non-traditional raw materials in the recipes of culinary products. News of higher educational institutions. Food technology. 2011. no. 1 (319). pp. 36–37. (in Russian).
- 8 Eskin N.A.M., Robinson N.D.S. et al. Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological Changes. Boca Raton, CRC Press, 2001.
- 9 Froning G.W., McKee S.R. Mechanical separation of poultry meat and its use in products-Poultry meat processing. CRC Press LLC, 2001.
- 10 Roberfroid M.B. Global new on functional foods: European perspectives. British J. Nutrition. 2002. vol. 88. no. 2. pp. 133–138.
- 11 Veeman M. Policy Development for Novel Foods: Issues and Challenges for Functional Food. Canadian Journal of Agricultural Economics. 2002. vol. 50.
- 12 Jia Z., Shen D., Xu W. Synthesis and antibacterial activities of quaternary ammonium salt of chitosan. Carbohydrate research. 2001. pp. 1–6.

Сведения об авторах

Анна Т. Васюкова д.т.н., профессор, кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, vasyukova-at@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>

Максим Г. Макаров студент, кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, cosillas@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6880-0333>

Ростислав А. Эдварс аспирант, кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия

 <https://orcid.org/0000-0002-9290-8619>

Эрач Ш. Махмадалиев аспирант, кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, erach.maxmadaliev@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4238-4175>

Михаил Е. Бражников студент, кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, bmikle96@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5322-3484>

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 T. Vasyukova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology products and catering services department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, vasyukova-at@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>

Maxim G. Makarov student, technology products and catering services department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, cosillas@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6880-0333>

Rostislav A. Edvars graduate student, technology products and catering services department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

 <https://orcid.org/0000-0002-9290-8619>

Erach S. Mahmadaliev graduate student, technology products and catering services department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, erach.maxmadaliev@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4238-4175>

Mikhail E. Brazhnikov student, technology products and catering services department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, bmikle96@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5322-3484>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 05/02/2020	После редакции 14/02/2020	Принята в печать 24/02/2020
Received 05/02/2020	Accepted in revised 14/02/2020	Accepted 24/02/2020

Влияние БАД на структуру рыбных фаршевых изделий

Анна Т. Васюкова	¹	vasyukova-at@yandex.ru	 0000-0002-7374-4145
Дмитрий А. Тихонов	¹	4072000@mail.ru	 0000-0001-7847-8491
Тароник А. Тонапетян	¹	taronik.tonapetyan@mail.ru	 0000-0002-5524-1165
Глеб Ю. Бойко	¹		 0000-0002-2065-092X

¹ Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия

Аннотация. Изложены основные сведения о функциональных свойствах рыбных комбинированных фаршей, разработанных на основе сочетания продуктов животного и растительного происхождения в специализированном продукте. Продукты питания, обладающие функциональными свойствами, своевременны, а разработка их актуальна. Цель исследований – разработка технологии и рецептур рыбных фаршевых изделий с БАД. Объектами исследования при разработке рецептуры и технологии модельного рыбного фарша были: минтай, треска; хлеб пшеничный из муки высшего сорта, масляный экстракт сушеных грибов, масляный экстракт можжевельника, масляный экстракт кориандра и «Моби люкс Универсал» в качестве биологически активной добавки. В качестве пластифицирующей добавки и вкусо-ароматических веществ использованы масляные экстракты растительного сырья. Применение добавок растительного происхождения позволяет стабилизировать функционально-технологические свойства сырья, повысить биологическую ценность, подчеркнуть органолептические показатели готовой продукции. Масляные экстракты растительного сырья и «Моби-люкс Универсал» богаты минеральными веществами и витаминами, пищевыми волокнами, белками, полиненасыщенными жирными кислотами. Редкий химический состав представленных добавок способствует улучшению вкусовых качеств и повышению пищевой и биологической ценности комбинированных рыбных кулинарных изделий. Использовали стандартные и общепринятые сенсорные, реологические, физико-химические и микробиологические методы исследования сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Математическую обработку результатов исследований проводили, используя программный пакет Curve Expert Ver. 1.34. Разработаны новые вкусовые качества рыбных паровых котлет, как с добавлением БАД, таких как экстракт сушеных грибов, экстракт кориандра и «Моби люкс Универсал», так и без добавления (контроль). Установлено, что даже при недлительном хранении во всех образцах и контроле снижается pH среды в пределах 1,31 – 1,36%. Полученная влагоудерживающая способность (ВУС) рыбного комбинированного фарша находится в диапазоне: для котлет 74,3–77,2%; бифштексов 75,4 – 79,3%; сырого фарша – 72,2%. Наиболее скорректированный аминокислотный состав у котлет паровых с «Моби-люкс Универсал». Нетрадиционная вкусовая гамма получена в котлетах и бифштексах с экстрактом сушеных грибов, экстрактом кориандра.

Ключевые слова: пищевая ценность, рыбопродукция, показатели качества, продукты питания

Influence additions on the structure of the free fares

Anna T. Vasyukova	¹	vasyukova-at@yandex.ru	 0000-0002-7374-4145
Dmitry A. Tikhonov	¹	4072000@mail.ru	 0000-0001-7847-8491
Taronik A. Tonapetyan	¹	taronik.tonapetyan@mail.ru	 0000-0002-5524-1165
Gleb J. Boyko	¹		 0000-0002-2065-092X

¹ Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

Abstract. The basic information about the functional properties of combined fish minced meat, developed on the basis of a combination of animal and vegetable products in a specialized product. Food products with functional properties are timely, and their development is relevant. The purpose of research is the development of technology and formulations of minced fish products with dietary supplements. The objects of study in the development of the recipe and technology of model minced fish were: pollock, cod; wheat bread from premium flour, oil extract of dried mushrooms, juniper oil extract, coriander oil extract and Moby Lux Universal as a dietary supplement. As a plasticizing additive and flavoring substances used oil extracts of plant materials. The use of additives of plant origin allows you to stabilize the functional and technological properties of raw materials, increase biological value, emphasize the organoleptic characteristics of the finished product. Oil extracts of plant materials and Moby-Lux Universal are rich in minerals and vitamins, dietary fiber, protein, polyunsaturated fatty acids. The rare chemical composition of the presented additives helps to improve the taste and increase the nutritional and biological value of combined fish culinary products. We used standard and generally accepted sensory, rheological, physicochemical and microbiological methods for studying raw materials, semi-finished products, and finished products. Mathematical processing of the research results was carried out using the Curve Expert Ver software package. 1.34. New taste qualities of fish steam cutlets have been developed, both with the addition of dietary supplements, such as dried mushroom extract, coriander extract and Moby Lux Universal, and without addition (control). It was found that even with short-term storage in all samples and control, the pH of the medium decreases in the range 1.31 – 1.36%. The obtained water-holding ability (WCS) of fish minced meat is in the range: for cutlets 74.3–77.2%; steaks 75.4 – 79.3%; raw minced meat – 72.2%. The most adjusted amino acid composition of steam cutlets with Moby-Lux Universal. Unconventional gamma obtained in cutlets and steaks with extract of dried mushrooms, coriander extract.

Keywords: nutritional value, fish products, quality indicators, food

Для цитирования

Васюкова А.Т., Тихонов Д.А., Тонапетян Т.А., Бойко Г.Ю. Влияние БАД на структуру рыбных фаршевых изделий // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 129–133. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-129-133

For citation

Vasyukova A.T., Tikhonov D.A., Tonapetyan T.A., Boyko G.J. Influence additions on the structure of the free fares. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020.B vol. 82. no. 1.N pp. 129–133. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-129-133

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

Введение

Обеспечение населения современными белковыми специализированными продуктами – одна из главных задач, стоящих перед пищевой промышленностью и общественным питанием. Большое значение имеет оптимизация потерь сырья на всех стадиях производства и реализации, а также широкое внедрение индустриального и бережливого производства. Реализация концепции стратегической политики государства в области рационального питания способствует решению всеобъемлющего числа тактических вопросов, один из которых – разработка нового поколения перспективных специализированных пищевых продуктов, обогащенных биологически активными веществами. Разработка технологий качественно новых, экологически чистых пищевых продуктов из органического сырья, в том числе специального назначения, является основной задачей исследований в области пищевых технологий как в рыбной отрасли, так и в системе общественного питания [1–3].

Одним из путей решения проблем, связанных с получением специализированных продуктов, а наряду с этим, оптимизацией и унификацией производства, расширением ассортимента, снижением себестоимости и стабилизацией качества,

является создание уникальных модельных рецептур, высокобелковых продуктов. Разработка основана на сочетании органического сырья, масляных экстрактов и комбинированных пищевых корректирующих добавок, на основании которых без дополнительных сложных технологических процессов появляется возможность выпуска ассортимента изделий и формирования качества продукции, создания нового направления фаршевых продуктов с регулируемыми свойствами.

Цель работы – разработка технологии и рецептур рыбных фаршевых изделий с БАД.

Материалы и методы

В качестве основного сырья использовалась свежемороженая рыба (минтай и треска). В лабораторных условиях получены масляные экстракты на основе листьев кориандра, можжевельника и сушеных грибов, содержащие повышенные концентрации витаминов, макро- и микроэлементов. Пищевая добавка «Моби люкс Универсал» содержит белок молочный сывороточный, инулин, белок плазмы крови, обогатитель кальциевый, гемоглобин, белок молочный йодированный.

Разработаны рецептуры и новые технологии функциональных специализированных рыбных фарше и изделий на их основе (таблица 1) [2, 3].

Таблица 1.
Рецептура рыбных функциональных специализированных фаршей с растительными и белковыми добавками

Table 1.

Recipe of fish functional specialized mince with vegetable and protein additives

Наименование сырья и продуктов The name of raw materials and products	Расход сырья и продуктов на 1 порцию, г					
	Брутто Gross	Фарш, нетто Mince, net				
		1	2	3	4	5
Минтай свежемороженный Mintai freshly frozen	161,9; 130,9; 119,4	74,6	0,0	60,3	0,0	55,0
Треска свежемороженая Fresh-frozen cod	94,1; 78,3	0,0	68,7	0,0	57,2	0,0
Хлеб пшеничный Wheat bread	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Масляный экстракт можжевельника Oily juniper extract	3,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0
Масляный экстракт кориандра Butter extract coriander	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Масляный экстракт сушеных грибов oil extract of dried mushrooms	4,0 (6,0)	0,0	0,0	0,0	4,0	6,0
«Моби-люкс Универсал» Mobi Luxury Universal	1,5–6,0	0,0	1,5	3,0	4,0	6,0
Соль поваренная пищевая Salt food	0,7–1,0	0,9	0,8	0,7	0,8	1,0
Майонез Mayonnaise	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Перец чёрный молотый Black ground pepper	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Вода питьевая Drinking water		5,0	10,0	14,0	15,0	14,0
Выход: Output:		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Органолептическую оценку проводили профильным методом по разработанной системе дескрипторов, которые включают: поверхность, вид в изломе, вкус, цвет, пористость. Пищевую и энергетическую ценность образцов характеризовали расчетным методом по справочным таблицам содержания основных пищевых веществ и энергетической

ценности пищевых продуктов. Все анализы проводили не менее чем в трех параллельных опытах.

Влагоудерживающую способность фаршей, «нежность» определялась методом Г. Грау и Р. Хамма в модификации В.П. Воловиной и Б.Я. Кельман.

Влагосодержание определяли методом высушивания образца до постоянной массы. Плотность

фарша измеряли на консисометре, представляющем собой цилиндр с поршнем и регистрирующее устройство для измерения хода поршня [12, 14]. Определения pH рыбных фаршей осуществляли потенциометрическим способом [10]. Математическую обработку результатов исследований проводили, используя программный пакет программ CurveExpert Ver. 1.34.

Результаты и обсуждение

Создавая функциональный специализированный продукт с содержанием натуральных экстрактов, рассматривали большое количество сырья в различных пропорциях [1]. Наилучшее качество фарша соответствует оптимальным структурно-механическим свойствам, полученным при экспериментальных значениях, которые приходится на конец первого и начало второго периодов перемешивания. Установлено, что для перемешивания рыбных вязких фаршей целесообразно использовать лопастной рабочий орган с углом наклона лопатки к оси вращения 20–30° или шнековый с меняющимся направление перемещения винтами [1, 2]. Перемешивание модельных фаршей во взбивальной машине на минимальном количестве оборотов приводило к получению липкого вязкого фарша. Температура фарша при этом повышалась.

Таким образом, на основе проведенных физико-химических и органолептических исследований более целесообразной является технологическая схема получения модельного функционального фарша, состоящая из следующих операций: измельчение сырья, дозирование рецептурных компонентов в заданных соотношениях, перемешивание, введение масляных экстрактов, повторное перемешивание, охлаждение фарша [1].

В процессе разработки рыбных фаршевых изделий (котлет и бифштеков) определено соотношение рыбных компонентов и биологически активной добавки на основе растительного сырья в рецептуре [8], которое составило: 1,5–6,0% к массе рыбопродуктов, причем в ряде рецептов (3–5) вводились одновременно масляные растительные экстракты и «Мобиллюкс Универсал». Из полученного модельного фарша № 2 – 5 готовили изделия следующего ассортимента: котлеты (фарш № 2 и 3) и бифштексы (фарш № 4 и 5).

Подготовленные полуфабрикаты доводили до готовности в пароконвектомате на режиме «жар» и «пар» в течение времени, соответствующем конкретному технологическому процессу (жарке, варке на пару) при температуре 180–200 °С до готовности в течение 12–15 мин [8] в зависимости от вида изделия и способа обработки.

Органолептические показатели качества разработанных образцов с минтаем и треской приведены на рисунке 1 [1 – 3].

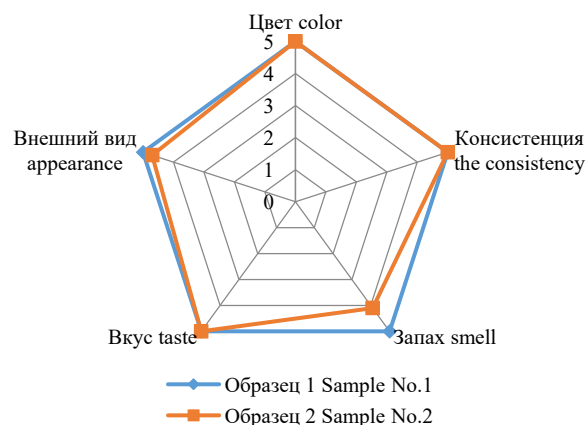


Рисунок 1. Органолептические показатели качества образцов с минтаем № 1 (фарш № 5) и с треской № 2 (фарш № 4)

Figure 1. Organoleptic quality indicators of samples with mint no.1 (mince no. 5) and cod no. 2 (mince no.4)

Проведенная органолептическая оценка [9, 11, 13] качества показала, что все изделия по разработанной системе дескрипторов имели гладкую поверхность, однородный вид в изломе; вкус и цвет соответствовали жареным изделиям и блюдам, приготовленным на пару; сочные, пористые; консистенция мягкая.

На основании проведенных исследований установлено, что потери массы всех разработанных образцов значительно меньше, чем контрольных, приготовленных по традиционной рецептуре. Применимый способ тепловой обработки [1, 6] позволяет лучше сохранять питательные свойства сырья. С точки зрения потребительских свойств необходимо отметить оригинальный вкус и запах всех разработанных образцов. Ни в одном из образцов не был отмечен резко выраженный рыбный запах [1, 2].

Для изучения свойств модельных систем [6, 7, 9] проводили физико-химические исследования: определение pH сырья и полуфабрикатов, влагоудерживающей способности (ВУС) фарша [1, 2] (таблица 2).

Все полуфабрикаты хранили при температуре 4–6 °С в течение 3 сут. Образец полуфабрикатов № 1 свежеприготовленный, а № 2 – подвергнутый хранению. Анализ данных таблицы 2 показывает, что все полуфабрикаты соответствуют доброкачественной продукции из рыбных фаршей (ГОСТ Р 50380–2005 и ГОСТ Р 55505–2013).

Таблица 2.

pH-среды и ВУС рыбных полуфабрикатов и готовых изделий

Table 2.

pH-environment and vus of fish semi-finished products and finished products

Образец Sample	Показатели pH-среды pH-environment		Показатели ВУС, % Indicators USU, %	
	Полуфабрикат № 1 Products № 1	Полуфабрикат № 2 Products № 2	Полуфабрикат № 1 Products № 1	Полуфабрикат № 2 Products № 2
Котлеты «Пикантные» (минтай) Spicy cutlets (mintai)	7,6 ± 0,04	7,5 ± 0,03	74,3 ± 0,06	75,9 ± 0,03
Бифштекс «Оригинальный» (минтай) “Original” Steak (mintai)	7,4 ± 0,03	7,3 ± 0,06	75,4 ± 0,02	77,1 ± 0,04
Котлеты «Океан» (треска) “Ocean” (cod) cutlets	7,3 ± 0,06	7,2 ± 0,02	77,2 ± 0,02	78,3 ± 0,06
Бифштекс «Подольский» (треска) Podolski steak (cod)	7,2 ± 0,03	7,1 ± 0,04	79,3 ± 0,04	79,9 ± 0,02
Фарш (контроль) № 1 (минтай) Mince (control) no.1 (mintai)	7,0 ± 0,03	6,9 ± 0,06	72,2 ± 0,02	72,4 ± 0,04

Установлено, что даже при недлительном хранении во всех образцах и контроле снижается pH среды в пределах 1,31–1,36%.

Полученная ВУС рыбного комбинированного фарша находится в диапазоне: для котлет 74,3–77,2%; бифштексов 75,4–79,3%; сырого фарша – 72,2%.

Установлено, что менее сочными являются котлеты из минтая, а большей сочностью обладают бифштексы из трески по сравнению с двумя другими образцами. Такая же тенденция наблюдается и в образцах, которые хранились в течение 3 сут при температуре 4–6 °С. Причем во всех образцах наблюдается увеличение ВУС. Наилучшие показатели получены при изготовлении бифштекса «Подольский».

Изделия из фаршей № 3–5 получились более сочные, т. к. способом обработки было

приготовление биточков в пароконвектомате способом припускания на режиме «пар».

Органолептическая оценка качества показала, что все представленные образцы котлет, бифштексов, подвергнутых хранению, имели высокие органолептические показатели, причем наилучшими органолептическими свойствами обладали образцы с добавлением двух видов БАД: масляного экстракта и «Моби-люкс Универсал».

Заключение

Анализ полученных экспериментальных данных подтверждает целесообразность использования масляных экстрактов и «Моби-люкс Универсал», а также использования в составе комбинированных фаршей майонеза и специй, которые придают котлетам и бифштексам вместе с экстрактами сочность, пластичность и аромат.

Литература

- 1 Васюкова А.Т., Першакова Т.В., Фалин Д.Н., Яковлева Т.В. и др. Влияние обогащающих добавок на пищевую ценность мясных и рыбных продуктов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 2–3 (320–321). С. 11–13.
- 2 Васюкова А.Т., Богоносова И.А., Баженов Н.С. Рациональное питание организованных коллективов // Прикладные исследования и технологии: сборник трудов. М.: МТИ, 2019. С. 28–31.
- 3 Драчева Л.В., Зайцев Н.К., Жарикова О.А., Васюкова А.Т. Суммарная антиоксидантная активность растительных экстрактов // Пищевая промышленность. 2011. № 9. С. 44–45.
- 4 Каганов И.Н., Славянский А.А. Гранулометрия сахара-песка // Сахарная промышленность. 1970. № 12. С. 6–10.
- 5 Иванова В.Н., Серегин С.Н., Славянский А.А. и др. Механизмы повышения эффективности отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности Центрального федерального округа: монография. М.: Финансы и статистика, 2016. 206 с.
- 6 Пат. № 2464817, RU, A23L1/31. Полуфабрикат мясорастительный рубленый / О.Н. Самченко, А.Г. Вершинина, Т.К. Каленик. № 2011113604/13; Заявл. 07.04.2011; Оpubл. 27.10.2012.
- 7 Першакова Т.В., Васюкова А.Т., Жилина Т.С., Яковлева Т.В. и др. Применение нетрадиционного сырья в рецептурах кулинарных изделий // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 1 (319). С. 36–37.
- 8 Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Санкт-Петербург, «Профикс», 2003. 584 с.
- 9 Шаманова Т.С., Палагина И.А., Касьянов Г.И. Технология рыбнорастительных фаршевых полуфабрикатов. Краснодар: Крас НИРХ. 2003.
- 10 Eskin N.A.M., Robinson N.D.S. et al. Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological Changes. Boca Raton, FL: CRC Press, 2001.
- 11 Froning G.W., McKee S.R. Mechanical separation of poultry meat and its use in products-Poultry meat processing. CRC Press LLC, 2001.
- 12 Roberfroid M.B. Global new on functional foods: European perspectives // British J. Nutrition. 2002. V. 88. № 2. P. 133–138.

13 Veeman M. Policy Development for Novel Foods: Issues and Challenges for Functional Food // Canadian Journal of Agricultural Economics. 2002. V. 50.

14 Jia Z., Shen D., Xu W. Synthesis and antibacterial activities of quaternary ammonium salt of chitosan // Carbohydrate research. 2001. V. 333. №. 1. P. 1–6.

References

1. Vasyukova A.T., Pershakova T.V., Falin D.N., Yakovleva T.V. et al. The effect of enriching additives on the nutritional value of meat and fish products. News of institutes of higher education. Food technology. 2011. no. 2–3 (320–321). pp. 11–13. (in Russian).
2. Vasyukova A.T., Bogonosova I.A., Bazhenov N.S. Rational nutrition of organize groups. Applied research and technology: proceedings. Moscow, MTI, 2019. pp. 28–31. (in Russian).
3. Dracheva L.V., Haitsev N.K., Jarikova, O.A., Vasyukova A.T. Total antioxidant activity of plant extracts. Food Industry. 2011. no. 9. pp. 44–45. (in Russian).
4. Kaganov I.N., Slavyansky A.A. Granulometry of granulated sugar. Sugar industry. 1970. no. 12. pp. 6–10. (in Russian).
5. Ivanova V.N., Seregin S.N., Slavic A.A. Mechanisms to improve the efficiency of the food and processing industries of the Central Federal District: monograph. Moscow, Finance and statistics, 2016. 206 p. (in Russian).
6. Samchenko O.N., Vershinina A.G., Kalenik T.K. Semi-finished meat-vegetable chopped. Patent RF, no. 2464817, 2012.
7. Pershakova T.V., Vasyukova A.T., Jilina T.S., Yakovlev T.V. et al. Application of non-traditional raw materials in recipes of culinary products. News of institutes of higher education. Food technology. 2011. no. 1 (319). pp. 36–37. (in Russian).
8. A collection of recipes of dishes and culinary products for catering companies. St. Petersburg, Profix, 2003. 584 p. (in Russian).
9. Shamanova T.S., Palagina I.A., Kasyanov G.I. Technology of fish-growing minced semi-finished products. Krasnodar: Kras NIRKh. 2003. (in Russian).
10. Eskin N.A.M., Robinson N.D.S. et al. Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological Changes. Boca Raton, FL, CRC Press, 2001.
11. Froning G.W., McKee S.R. Mechanical separation of poultry meat and its use in products-Poultry meat processing. CRC Press LLC, 2001.
12. Roberfroid M.B. Global new on functional foods: European perspectives. British J. Nutrition. 2002. vol. 88. no 2. pp. 133–138.
13. Veeman M. Policy Development for Novel Foods: Issues and Challenges for Functional Food. Canadian Journal of Agricultural Economics. 2002. vol. 50.
14. Jia Z., Shen D., Xu W. Synthesis and antibacterial activities of quaternary ammonium salt of chitosan. Carbohydrate research. 2001. vol. 333. no. 1. pp. 1–6.

Сведения об авторах

Анна Т. Васюкова д.т.н., профессор, кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, vasyukova-at@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>

Дмитрий А. Тихонов аспирант, кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, 4072000@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7847-8491>

Тароник А. Тонапетян аспирант, кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, taronik.tonapetyan@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5524-1165>

Глеб Ю. Бойко соискатель, кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия

 <https://orcid.org/0000-0002-2065-092X>

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 T. Vasyukova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology products and catering services department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, vasyukova-at@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>

Dmitry A. Tikhonov graduate student, technology products and catering services department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, 4072000@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7847-8491>

Taronik A. Tonapetyan graduate student, technology products and catering services department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, taronik.tonapetyan@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5524-1165>

Gleb J. Boyko applicant, technology products and catering services department, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

 <https://orcid.org/0000-0002-2065-092X>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 06/02/2020	После редакции 17/02/2020	Принята в печать 25/02/2020
Received 06/02/2020	Accepted in revised 17/02/2020	Accepted 25/02/2020

Функциональные свойства растительного наполнителя *Melissa officinalis* L. в составе творожных продуктов

Александра И. Новак¹ marieta69@mail.ru  0000-0003-0345-7316Юлия О. Ляшук² ularzn@mail.ru  0000-0002-3612-1707¹ Рязанский государственный медицинский университет имени акад. И.П. Павлова, ул. Высоковольная, 9, г. Рязань, Россия² Московский университет имени С.Ю. Витте (филиал в г. Рязань), Первомайский проспект, 62, г. Рязань, Россия

Аннотация. Представлены результаты разработки творожного функционального продукта с растительным наполнителем *Melissa officinalis* L. Анализ состояния здоровья населения, проводимый в последние годы Всемирной организацией здравоохранения, показывает, что перед мировым сообществом остро встают вопросы, связанные с необходимостью профилактики так называемых «болезней цивилизации», к которым относятся заболевания сердечно-сосудистой системы и онкологические, заболевания, связанные с нарушениями липидного обмена и работы желудочно-кишечного тракта, аллергия, снижение иммунитета, нарушения в работе нервной системы. По данным экспертов многие из этих болезней, ведущие к смерти, потере трудоспособности или инвалидности, имеют неуклонную тенденцию к росту. Сердечно-сосудистыми заболеваниями (по состоянию на декабрь 2019 г.) страдают до 44% населения нашей страны, при этом более 82% имеют функциональные расстройства, ведущие к ним. Злокачественные новообразования и предраковые состояния отмечаются у 39 % взрослого населения, заболевания желудочно-кишечного тракта обнаруживаются у более 48% трудоспособного населения страны. Решением данных проблемы может являться разработка функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: продукты питания, растительный наполнитель, мелисса лекарственная, творожные продукты, розмариновая кислота, биологически активные вещества

The functional properties of the vegetable filler *Melissa officinalis* L. in the composition of curd products

Aleksandra I. Novak¹ marieta69@mail.ru  0000-0003-0345-7316Yuliya O. Lyashchuk² ularzn@mail.ru  0000-0002-3612-1707¹ Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlova² Moscow University named after S.Yu. Witte (Ryazan branch)

Abstract. The results of the development of a curd functional product with vegetable filler *Melissa officinalis* L. are presented. An analysis of the health status of the population carried out in recent years by the World Health Organization shows that the world community is facing acute questions related to the need to prevent the so-called “diseases of civilization”, which include diseases of the cardiovascular system, oncology, diseases associated with impaired lipid metabolism and the gastrointestinal tract, allergy, decreased immunity, disorders of the nervous system. According to experts, many of these diseases leading to death, disability or disability have a steady upward trend. Up to 44% of the population of our country suffer from cardiovascular diseases (as of December 2019), while more than 82% have functional disorders leading to them. Malignant neoplasms and precancerous conditions are observed in 39% of the adult population, diseases of the gastrointestinal tract are found in more than 48% of the working population of the country. The solution to these problems may be the development of functional food products.

Keywords: foods, vegetable filler, lemon balm, curd products, rosmarinic acid, biologically active substances

Введение

Функциональные особенности пищевых продуктов в значительной мере определяют биологические и фармакологические свойства ингредиентов, которые входят в их состав [3]. С одной стороны, высокую биологическую ценность с точки зрения обеспечения лечебно-профилактического эффекта имеют молочные белки, поскольку в них содержится кальций, легко усваиваемый организмом, и молочнокислые микроорганизмы, которые нормализуют работу кишечника [5]. С другой стороны, продукты на основе растительных компонентов способны восполнять дефицит витальных веществ и являются эффективным инструментом профилактики алиментарнозависимых заболеваний [1].

Для цитирования

Новак А.И., Ляшук Ю.О. Функциональные свойства растительного наполнителя *Melissa officinalis* L. в составе творожных продуктов // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 134–138. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-134-138

На наш взгляд, перспективным направлением является разработка рецептуры молочных продуктов с растительными наполнителями [2].

В качестве белковой основы нами был использован творог (м.д.ж. 9%), а в качестве растительного наполнителя – трава мелиссы лекарственной (*Melissa officinalis* L.).

Материалы и методы

С целью разработки рецептуры творожного продукта с растительным наполнителем в условиях лаборатории выращена трава *Melissa officinalis* L. для получения экологически безопасного растительного сырья.

Результаты проведённых анализов методом тонкослойной хроматографии свидетельствуют о том, что образцы травы *Melissa officinalis* L. характеризуются высоким содержанием розмариновой кислоты – 3,17%

For citation

Novak A.I., Lyashchuk Yu.O. The functional properties of the vegetable filler *Melissa officinalis* L. in the composition of curd products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 134–138. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-134-138

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

и соответствуют ГОСТ 24027.2–80, а также ФС 42–3645–98 по содержанию экстрактивных веществ (23,76%, извлекаемых спиртом и 23,02%, извлекаемых водой). Остальные показатели качества также соответствуют требованиям.

Исходя из этого можно сделать вывод, что выращенная в лабораторных условиях *Melissa officinalis* L. соответствует требованиям стандартов и может быть использована в качестве растительного наполнителя для изготовления функционального творожного продукта.

Внесение в рецептуру растительного наполнителя *Melissa officinalis* L. позволит повысить биологическую активность продукта за счёт розмариновой кислоты [10]. Биологическая активность розмариновой кислоты проявляется в противовирусном, антибактериальном, фунгистатическом, противовоспалительном и антиоксидантном свойствах [4,6–9].



Рисунок 1. Изготовление растительного наполнителя *Melissa officinalis* L. в лабораторных условиях

Figure 1. The manufacture of vegetable filler *Melissa officinalis* L. in the laboratory

Разработка экспериментальных рецептов функционального творожного продукта базировалась на процессе обогащения творога м.д.ж. 9% розмариновой кислотой, обладающей лекарственными свойствами, путём внесения растительного наполнителя *Melissa officinalis* L. в различных состояниях и соотношениях (рисунок 1).

Результаты и обсуждение

Экспериментальные рецептуры функционального творожного продукта с растительным наполнителем *Melissa officinalis* L. из свежесрезанной травы представлены в таблице 1.

После изготовления нами была проведена органолептическая оценка четырех образцов продукта на соответствие требованиям ГОСТ 31453–2013 «Творог. Технические условия». Результаты органолептической оценки даны в таблице 2.

Для более точной оценки органолептических качеств была проведена дегустация всех исследуемых образцов по пятибалльной системе пятью экспертами. Шкала оценки категорий качества: от 22 до 25 баллов – творожный продукт отличного качества; от 19 до 21 балла – творожный продукт хорошего качества; от 15 до 18 баллов – творожный продукт удовлетворительного качества; менее 15 баллов – творожный продукт неудовлетворительного качества. Средний результат пяти экспертных оценок творожного продукта представлен в таблице 3.

Таблица 1.

Экспериментальные рецептуры функционального творожного продукта с растительным наполнителем (творог, м.д.ж. 9%, свежая трава *Melissa officinalis* L.)

Table 1.

Experimental formulations of a functional curd product with vegetable filler (cottage cheese, mass fraction of fat 9%, fresh grass *Melissa officinalis* L.)

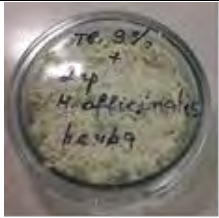
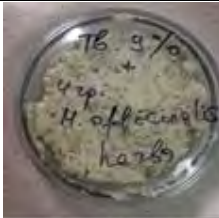
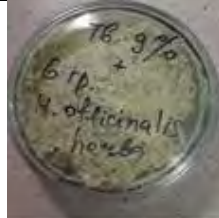
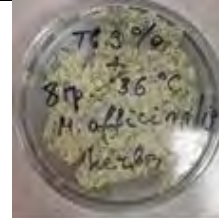
Рецептура Recipe	Образец 1 Sample 1	Образец 2 Sample 2	Образец 3 Sample 3	Образец 4 Sample 4
				
Творог (м.д.ж. 9%), г. Cottage cheese, mass fraction of fat 9%), g	100	100	100	100
Свежая трава <i>Melissa officinalis</i> L., г Fresh grass <i>Melissa officinalis</i> L., g	2	4	6	8

Таблица 2.

Органолептические показатели творожного продукта с растительным наполнителем
(творог, м.д.ж. 9%, свежая трава *Melissa officinalis* L.)

Table 2.

Organoleptic characteristics of a curd product with vegetable filler
(cottage cheese, mass fraction of fat 9%, fresh grass *Melissa officinalis* L.)

Показатели качества Quality indicators	Результаты оценки Evaluation results			
	Образец 1 Sample 1	Образец 2 Sample 2	Образец 3 Sample 3	Образец 4 Sample 4
Внешний вид и консистенция Appearance and consistency	Мягкая, рассыпчатая с наличием растительных частиц Soft, friable with the presence of plant particles	Мягкая, рассыпчатая с наличием растительных частиц Soft, friable with the presence of plant particles	Мягкая, мажущаяся с наличием осязаемых растительных частиц Soft, smeared with tangible plant particles	Мягкая, мажущаяся с наличием осязаемых растительных частиц Soft, smeared with tangible plant particles
Вкус и запах Taste and smell	Чистый, кисломолочный с еле осязаемым растительным привкусом Pure, sour-milk with a barely perceptible plant flavor	Чистый, кисломолочный, с лёгким растительным запахом и привкусом Pure, sour-milk, with a slight vegetable smell and taste	Чистый, кисломолочный, с выраженным ароматом и вкусом лимонной травы Pure, sour-milk, with a pronounced aroma and taste of lemon grass	Чистый, кисломолочный, с выраженным ароматом и вкусом лимонной травы Pure, sour-milk, with a pronounced aroma and taste of lemon grass
Цвет Color	Белый, с вкраплениями растительного наполнителя White, interspersed with vegetable filler	Бледно-зелёный, с вкраплениями растительного наполнителя, равномерный по всей массе Pale green, interspersed with plant filler, uniform throughout the mass	Лаймовый, с вкраплениями растительного наполнителя, равномерный по всей массе Lime, interspersed with vegetable filler, uniform throughout the mass	Травянистый, с вкраплениями растительного наполнителя, равномерный по всей массе Grassy, interspersed with vegetative filler, uniform throughout the mass

Таблица 3.

Результаты дегустации творожного продукта с растительным наполнителем
(творог, м.д.ж. 9%, свежая трава *Melissa officinalis* L.)

Table 3.

Vegetable-filled curd product tasting results
(cottage cheese, mass fraction of fat 9%, fresh grass *Melissa officinalis* L.)

Показатели качества Indicators	Результаты дегустации Tasting results			
	Образец 1 Sample 1	Образец 2 Sample 2	Образец 3 Sample 3	Образец 4 Sample 4
Внешний вид Appearance	5	5	5	5
Консистенция Consistency	4	4	5	5
Запах Smell	4	4	5	5
Вкус Taste	4	5	5	4
Цвет Color	5	5	5	5
Баллы Points	22	23	25	24

По результатам органолептической оценки и дегустации были сделаны следующие выводы:

- все представленные образцы имеют отличную категорию качества и внешний вид;
- консистенция образцов 3 (6 г *Melissa officinalis* L.) и 4 (8 г *Melissa officinalis* L.) более мягкая и пластичная за счёт увеличения содержания растительного наполнителя;

— запах образцов 3 (6 г *Melissa officinalis* L.) и 4 (8 г *Melissa officinalis* L.) отличается довольно ярким лимонным ароматом за счёт увеличения содержания растительного наполнителя, а соответственно и эфирного масла;

— наиболее высокую оценку получили вкусовые качества образцов 2 (4 г *Melissa officinalis* L.) и 3 (6 г *Melissa officinalis* L.),

у которых был отмечен приятный травянисто-лимонный оттенок, вкус образца 1 (2 г *Melissa officinalis* L.) был охарактеризован как слабонасыщенный, а во вкусе образца 4 (8 г *Melissa officinalis* L.) отмечалось дисгармоничное соотношение растительного наполнителя относительно творожной компоненты;

— цветовые качества всех образцов получили высшую оценку, при этом отмечается повышение насыщенности зелёного спектра по мере увеличения содержания растительного наполнителя.

Мы рекомендуем более тонкое измельчение растительного компонента для промышленного производства.

Экспериментальные образцы творога были исследованы на соответствие требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» (БГКП, *S. aureus*, патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, количественное содержание молочнокислых микроорганизмов, дрожжевых и плесневых грибов) и содержание розмариновой кислоты (как контрольного показателя функциональных свойств полученного продукта) в соответствии с ФС 42–3645–98 и ГОСТ 24027.2–80. Анализ показал, что во всех образцах БГКП, *S. aureus* и патогенных микроорганизмов, в т. ч. Сальмонелл, обнаружено не было.

У контрольного образца, а также образцов 1 и 2 содержание дрожжевых и плесневых грибов до 7 сут находилось в пределах нормы,

у образцов 3 и 4 – до 8 сут (что обусловлено более высоким по сравнению с другими образцами содержанием розмариновой кислоты, обладающей фунгистатическим действием).

Результаты анализа показали, что наибольшее содержание розмариновой кислоты характерно для образцов 3 (0,179%) и 4 (0,235%).

Заключение

По результатам исследований, оптимальную рецептуру имеет образец 3 (творог с м.д.ж. 9%, 6 г свежей травы *Melissa officinalis* L.).

Вышеуказанный экспериментальный образец творожного продукта с растительным наполнителем *Melissa officinalis* L. можно отнести к функциональным продуктам питания благодаря содержанию в его составе 0,179% розмариновой кислоты, являющейся биологически активным компонентом (противовирусные, антибактериальные, фунгистатические, противовоспалительные и антиоксидантные свойства).

Довольно высокое содержание розмариновой кислоты обусловило тот факт, что у данного образца количество дрожжевых и плесневых грибов находилось в пределах нормы до 8 сут, а резкое ускорение роста количества молочнокислых микроорганизмов наблюдалось на только на 9 сут.

По результатам органолептической оценки данный образец получил наивысшую оценку (25 баллов) и занял лидирующее положение.

Литература

- 1 Кострова Ю.Б. К вопросу об управлении продовольственной безопасностью Рязанской области // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: материалы III Международной научной конференции. Донецк: ДонГУ, 2018. С. 303–305.
- 2 Новак А.И., Ляшук Ю.О. Анализ и оценка факторов риска бактериальной этиологии, значимых при производстве и переработке пищевой продукции // Современные аспекты биобезопасности продукции животноводства: материалы Всероссийской научно-практической конференции 16 октября 2018 года. Орёл: Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2018. С. 82–90.
- 3 Кострова Ю.Б., Ляшук Ю.О., Шибаршина О.Ю. Социально-экономические аспекты повышения региональной продовольственной безопасности (на материалах Рязанской области): монография. М.: МУ им. С.Ю. Витте, 2018. 146 с.
- 4 Petersen M., Simmonds M.S.J. Rosmarinic acid // Phytochemistry. 2017. V. 62. P. 121–125.
- 5 Sallmann H.P. Functional foods based on cottage cheese // Berl. Munch. Tierarztl. Wschr. 2016. V. 105. № 11. P. 108–113.
- 6 Carneau S., Martin N.I., Vederas J.C. Two-peptide bacteriocins produced by lactic acid bacteria // Biochemie. 2002. V. 84. P. 577–592.
- 7 Stolz T.S., Klaer N.O. Functional dairy production // Berl. Munch. Tierarztl. Wschr. 2016. V. 105. № 11. P. 361–366.
- 8 Toth J., Mrlanova M., Tekelova D., Korenova M. Rosmarinic acid – an important phenolic active compound of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) // Acta Facult. Pharm. Univ. Comenianae. 2016. V. 50. P. 139–146.
- 9 Murray P.R. Basic Medical Microbiology. 2017. 240 p.
- 10 Wichtl M., Bisset N.G. Herbal Drugs and Phytopharmaceuticals. Stuttgart: Medpharm Scientific Publishers, 2015. 556 p.

References

- 1 Kostrova Yu.B. On the issue of food safety management in the Ryazan region. Donetsk Readings 2018: Education, Science, Innovation, Culture and the Challenges of the Present: materials of the III International Scientific Conference. Donetsk, DSU, 2018. pp. 303–305. (in Russian).
- 2 Novak A.I., Lyashchuk Yu.O. Analysis and assessment of risk factors of bacterial etiology, significant in the production and processing of food products. Modern aspects of biosafety of livestock products: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference on October 16, 2018. Orel, Publishing house of Orel GAU, 2018. pp. 82–90. (in Russian).

- 3 Kostrova Yu.B., Lyaschuk Yu.O., Shibarshina O.Yu. Socio-economic aspects of increasing regional food security (on the materials of the Ryazan region): monograph. Moscow, University of Moscow them. S.Y. Witte, 2018. 146 p. (in Russian).
- 4 Petersen M., Simmonds M.S.J. Rosmarinic acid. *Phytochemistry*. 2017. vol. 62. pp.121–125.
- 5 Sallmann H.P. Functional foods based on cottage cheese. *Berl. Munch. Tierarztl. Wschr.* 2016. vol. 105. no. 11. pp. 108–113.
- 6 Carneau S., Martin N.I., Vederas J.C. Two-peptide bacteriocins produced by lactic acid bacteria. *Biochemie*. 2002. vol. 84. pp. 577–592.
- 7 Stolz T.S., Klaer N.O. Functional dairy production. *Berl. Munch. Tierarztl. Wschr.* 2016. vol. 105. no. 11. pp. 361–366.
- 8 Toth J., Mrlianova M., Tekelova D., Korenova M. Rosmarinic acid – an important phenolic active compound of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Acta Facult. Pharm. Univ. Comenianae*. 2016. vol. 50. pp. 139–146.
- 9 Murray P.R. *Basic Medical Microbiology*. 2017. 240 p.
- 10 Wichtl M., Bisset N.G. *Herbal Drugs and Phytopharmaceuticals*. Stuttgart, Medpharm Scientific Publishers, 2015. 556 p.

Сведения об авторах**Information about authors**

Александра И. Новак д.б.н., кафедра микробиологии, Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, ул. Высоковольная, 9, г. Рязань, Россия, marieta69@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0345-7316>

Юлия О. Ляшук доцент, кафедра бизнеса и управления, Московский университет имени С.Ю. Витте (филиал в г. Рязань), Первомайский проспект, 62, г. Рязань, Россия, ularzn@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3612-1707>

Aleksandra I. Novak Dr. Sci. (Biol.), professor, microbiology department, Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlova, Shevchenko str., 34, Ryazan, Russia, marieta69@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0345-7316>

Yuliya O. Lyashchuk associate professor, business and management department, Moscow University named after S.Yu. Witte (Ryazan branch), Pervomaisky avenue, 62, Ryazan, Russia, ularzn@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3612-1707>

Вклад авторов**Contribution**

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

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 28/01/2020	После редакции 07/02/2020	Принята в печать 17/02/2020
Received 28/01/2020	Accepted in revised 07/02/2020	Accepted 17/02/2020

Разработка технологии вареной колбасы с применением растительных компонентов

Артур А. Айрапетян¹ hayrapetyan.arthurl@mail.ru  0000-0001-8053-4317
Владимир И. Манжесов² mavik62_62@mail.ru  0000-0002-0468-8821

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

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

Аннотация. Наиболее рациональным и перспективным путем решения проблемы здорового питания, по мнению большинства ученых и специалистов, является комбинирование сырья мясного и растительного происхождения. Для получения функциональных продуктов важным фактором является не только обогащение продуктов питания растительным сырьем, но и стабилизирование качества мясных систем. Использование растительных компонентов в дополнение к мясному сырью позволяет получать комбинированные продукты разнообразные по составу, что значительно расширяет ассортимент продукции высокого качества и создает возможности проектирования продуктов заданного состава. Установлено, что содержание в еде только мясного или растительного белка обладает меньшей биологической ценностью, чем их смесь. Комбинирование растительного и мясного белка хорошо достигается в паштетных продуктах. В статье освещены вопросы разработки технологии получения функциональных продуктов питания с использованием мясо-растительного сырья. Цель исследования – разработка комбинированных продуктов питания лечебно-профилактического и функционального назначения. Предложена усовершенствованная рецептура вареной колбасы с добавлением растительных ингредиентов. По разработанной технологии была произведена экспериментальная выработка нескольких образцов вареной колбасы «Аппетитная» на основе сбалансированного соотношения основных пищевых компонентов, обеспечивающего повышенную переваримость и усвояемость. Были проведены производственные испытания выработки продукта. Оценка качества по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям готового продукта проводилась по общепринятым методикам.

Ключевые слова: прогрессивные технологии, новые рецептуры, продукты питания, растительные ингредиенты, мясные продукты, снижение себестоимости

Development of boiled sausage technology using vegetable raw ingredients

Arthur A. Hayrapetyan¹ hayrapetyan.arthurl@mail.ru  0000-0001-8053-4317
Vladimir I. Manzhesov² mavik62_62@mail.ru  0000-0002-0468-8821

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 Michurin str., Voronezh, 394087, Russia

Abstract. The most rational and promising way to solve the problem of healthy nutrition, according to most scientists and specialists, is to combine raw materials of meat and vegetable origin. To obtain functional products, an important factor is not only the enrichment of food products with vegetable raw materials, but also the stabilization of the quality of meat systems. The use of vegetable components in addition to raw meat makes it possible to obtain combined products that are diverse in composition, which significantly expands the range of high-quality products and creates the possibility of designing products of a given composition. Also, it was found that the content of only meat or vegetable protein in food has less biological value than their mixture. The combination of vegetable and meat protein is well achieved in paste products. The article highlights the development of technology for the production of functional foods using meat and vegetable raw materials. The study objective was the development of combined food products for medical, prophylactic and functional purposes. An improved recipe for meat paste with the addition of vegetable ingredients is proposed. According to the developed technology, experimental development of several samples of cooked sausage "Appetitnaya" was carried out on the basis of a balanced ratio of the main food components, providing increased digestibility and digestibility. Production tests of product development were conducted. Quality assessment by organoleptic, physico-chemical and microbiological indicators of the finished product was carried out according to generally accepted methods.

Keywords: advanced technologies, new recipes, food, herbal ingredients, meat products, cost reduction

Введение

В настоящее время одной из главных проблем человечества является обеспечение населения продовольствием. При таких обстоятельствах важной задачей пищевой промышленности является производство новых типов продукции с высокой пищевой ценностью, снижение себестоимости их создания и сокращение

дефицита сырья за счет применения нетрадиционных видов растительных и мясных продуктов.

В настоящее время на рынке появляются продукты питания функционального и лечебно-профилактического назначения в большей своей части импортного производства, что приводит к высокой стоимости данной группы изделий, которые не доступны широким слоям населения.

Для цитирования

Айрапетян А.А., Манжесов В.И. Разработка технологии вареной колбасы с применением растительных компонентов // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 139–144. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-139-144

For citation

Hayrapetyan A.A., Manzhesov V.I. Development of boiled sausage technology using vegetable raw ingredients. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 139–144. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-139-144

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

С целью снижения стоимости этой группы продуктов и большей доступности их населению необходимо разработать отечественные виды функциональных сбалансированных продуктов питания. Продукты питания должны не только обеспечивать физические потребности организма человека в пищевых веществах и энергии, но и выполнять профилактические и лечебные цели. В связи со сложившейся ситуацией на перспективу является актуальным производство функциональных продуктов, обогащенных как ненасыщенными жирными кислотами, так пищевыми волокнами, выделенными из растительного сырья. Производство данной группы изделий позволит расширить ассортимент выпускаемой продукции, что отразится на экономической стороне деятельности перерабатывающих предприятий – повысится чистый доход и рентабельность производства.

Научная новизна состоит в разработке новой рецептуры для производства функциональных продуктов из растительного и животного сырья; получении продуктов, обладающих высокой биологической ценностью; расширении ассортимента продуктов питания функционального назначения.

Многие ученые и специалисты считают, что оптимальным решением проблемы здорового питания является комбинирование мясного и растительного сырья. Комбинирование способно обеспечить высокую пищевую и биологическую ценность продуктам переработки, способствует повышению гибкости рецептур, то есть устойчивому и равномерному распределению ингредиентов, минимизации потерь в процессе термической обработки, что в конечном итоге приводит к созданию продуктов стабильного качества. Использование растительных ингредиентов в мясном фарше позволяет создавать высококачественные мясные продукты с регулируемым составом и свойствами.

Результат от внедрения позволит сократить производственный цикл, улучшить функционально-технологические свойства вареной колбасы, повысить выход готовой продукции на 10–20% при одновременном снижении себестоимости и повышении рентабельности данного производства.

Анализ сырья

Существует множество работ, посвященных химическому составу и пищевой ценности мяса. Они широко и полно рассмотрены во многих работах. Ученые подробно описали белки, источники белков, их роль в питании и аминокислотный состав. Установлено, что в питании

человека мясо является основным источником полноценного белка легкоусвояемым организмом.

Существует много вариантов проведения тепловой обработки мясного сырья. В связи с этим представляют несомненный интерес изменения пищевых веществ, которые происходят при основных видах тепловой кулинарной обработки. Согласно исследованиям потери белка при варке составляют – 10%, при жарке мелким куском – около 5%, крупным куском – 10%, при тушении и запекании – меньше 5%.

Для того чтобы максимально сохранить пищевую ценность при создании кулинарных изделий из мяса, требуется использовать наиболее щадящие режимы тепловой обработки, что минимизирует разрушение питательных веществ и обеспечит наилучшую ценность готового продукта.

Выбор основных ингредиентов обусловлен анализом их витаминного, минерального, аминокислотного состава, а также наличием гормональных веществ в печени.

Семена льна имеют уникальный состав и содержат много полезных веществ, которые необходимы для нормального развития организма. Особенный состав, а именно повышенное содержание в них омега-3 жирных кислот и лигнанов – натуральных гормонов, блокирующих действие плохих эстрогенов, вызывающих рак груди, давно определил эту пищевую добавку в категорию нужных для организма. Они содержат такие микроэлементы, как селен, кальций, фосфор, калий, натрий, магний, марганец, цинк, медь, железо, богаты витаминами B1, B2, B3, B6, B9, улучшают метаболизм и способствуют образованию эритроцитов, а также витаминов A, C, E, благотворно влияющих на состояние кожи, волос, ногтей и др.

Желатин обладает хорошими гелеобразовательными свойствами и может использоваться для регуляции аминокислотного состава пищевых продуктов.

Молочная сыворотка – это биологически полноценное вторичное сырье функциональной и профилактической направленности.

Яичные продукты являются хорошими эмульгаторами, источниками ненасыщенных жирных кислот и лецитина, который как биологически активная добавка используется для профилактики ожирения.

Семена льна и хитозан необходимо применять для регуляции функционально-технологических свойств и обогащения вареной колбасы пищевыми волокнами. Это имеет большое значение в профилактике ожирения.

Все вышеперечисленные ингредиенты отвечают принципам здорового питания, повышают пищевую ценность и улучшают функционально-технологические свойства вареной колбасы, обогащают необходимыми компонентами в соответствии с нормами потребления (пищевыми волокнами, аминокислотами, витаминами, минеральными веществами).

Технологический процесс

Процесс изготовления вареной колбасы начинается с подготовки сырья. Куриные тушки доставляются в замороженном виде из перерабатывающего цеха. После охлаждения на технологических стеллажах с температуры -18°C до температуры обвалки их направляют на выработку фарша (температура сырья от -2 до 4°C). Мойка тушек проводится в санитарно-гигиенических целях проточной водой с температурой $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$. Потом для охлаждения обмывают холодной водой с температурой $12\text{--}15^{\circ}\text{C}$. Промытые куриные тушки поступают на разделку, обвалку и жиловку. Подготовленный мясной фарш поступает для смешивания с другими ингредиентами в фаршемешалку, а костный остаток в отделение измельчения для дальнейшей переработки и последующего производства жиров, бульонов, гидратов, белковых препаратов или кормовой продукции. Шкурка измельчается в волчке с диаметром фракции решетки 3 мм в течение 10–12 мин при температуре не выше $+8^{\circ}\text{C}$. Далее измельченная шкурка поступает в фаршемешалку.

Говяжье мясо поступает в колбасные цехи на костях в виде туш, полутуш, отрубов или без костей в виде замороженных блоков. После дефростации оно освобождается от жил и нарезается кусками весом в 400 г. Для быстрого и равномерного распределения посолочных веществ мясо перед посолом измельчается мясорубке с решеткой в 2–6 мм. Действие поваренной соли на белок проявляется после ее проникновения в мышечные волокна, а скорость процесса зависит от измельчения мяса. Изменения белков происходят интенсивнее, если соль вводят в виде рассола или при повышении температуры, но так как при температуре выше 10°C начинается интенсивное развитие микроорганизмов, вызывающее порчу мяса, этот вариант невозможен. Посол происходит при температуре $0\text{--}4^{\circ}\text{C}$ в течение 6–12 ч.

Дополнительно подготавливают смесь, состоящую из измельченных семян льна, желатина пищевого, хитозана и молочной сыворотки. Компоненты берут в определенном количественном соотношении, их смесь способствует улучшению химического, аминокислотного,

минерального и витаминного состава готовой вареной колбасы, улучшает структурно-механические свойства, наделяет функциональными и лечебно-профилактическими свойствами. Ее предварительно изготавливают следующим образом. Хитозан растворяют в молочной сыворотке при температуре $60\text{--}65^{\circ}\text{C}$. В полученный раствор добавляют пищевой желатин и гомогенизируют в течение 5 мин. Далее вносят измельченные семена льна, повторно смесь гомогенизируют в течение 5 мин, потом высушивают при температуре не ниже 75°C до влажности не более 8% и измельчают в дробилке до порошкообразного состояния. Расход сырья при выработке на 100 кг составляет: хитозана 2 кг, желатина пищевого 16 кг, семян льна 22 кг, молочной сыворотки 60 кг. При введении в мясной фарш смесь гидратируют водой в соотношении 1:3.

Куриный и говяжий фарш смешивают, добавляют в них печень говяжью, яичный меланж, нитрит натрия, глюкозу, перец черный молотый, семена льна, хитозан, молочную сыворотку и желатин пищевой. В результате перемешивания образуется однородная фаршевая смесь, которая затем поступает в куттер. Окончательное тонкое измельчение и перемешивание происходит в куттере. Смесь измельчают в течение 8–12 мин при температуре не более 12°C . Измельченный фарш поступает на стадию фасовки.

Нитрит натрия в процессе выдержки взаимодействует с белками мяса, в результате чего образуются вещества азоксигемоглобин и азоксимоглобин ярко-красного цвета и мясо в процессе тепловой обработки не теряет естественной окраски. Наиболее оптимальное значение pH для образования этих веществ 5,2–6,6. Кроме того, нитрит в присутствии поваренной соли задерживает развитие микроорганизмов в мясе.

При неправильном посоле, выработке фарша и обжарке в оболочках фарш может закиснуть.

Варка проходит при температуре $75\text{--}85^{\circ}\text{C}$ 40–50 мин до температуры в центре батона 68°C . Опытным путем установлено, что в момент охлаждения в течение первых 2–3 мин температура внутри батона поднимается на 2°C до 70°C . Такая температура позволяет уничтожить до 99% клеток вегетативной микрофлоры. В результате варки продукт достигает кулинарной готовности.

Охлаждение проводится под душем водой 10–20 мин, потом воздухом в камере при температуре 8°C до температуры в центре $0\text{--}15^{\circ}\text{C}$. Охлаждение происходит в 2 этапа для уменьшения потерь массы.

Анализ на наличия на рынке аналогов

Поскольку в последние годы возрос интерес к здоровому питанию, актуальным стало устранение вредных для здоровья компонентов, таких как жир, сахар и соль. Снижение содержания жира в рационе является основной диетической целью для многих потребителей. Существуют различные аспекты, представляющие интерес для дизайна продукта и стратегии снижения содержания жира. Эти конкретные соображения, касающиеся питания, сенсорных, технологических, безопасных, оценочных, юридических и стоимостных процедур, важны для улучшения дизайна продукта.

Существует способ выработки вареной колбасы, обогащенной йодом, железом и витаминами группы В. Технологический процесс включает разделку, обвалку, жиловку мяса, посол, выдержку, смешивание с применением растительной добавки в количестве 5–6%, шприцевание, вязку, осадку, обжарку, варку и охлаждение продукта. В состав растительной добавки входит измельченная морская капуста (патент № 2099953). Недостатком данного способа является высокое содержание жирной свинины (49–54% к массе сырья).

Существует способ выработки вареных колбасных изделий с использованием пищевой добавки (углеводно-белковый препарат, состоящий из модифицированной кукурузной муки). В процессе куттерования вносят воду, чеснок, корень черемши, семена укропа, чабрец, пектин и яичный меланж. Далее проводят осадку, обжарку, варку и охлаждение (патент № 2171605). Недостатком данного способа выработки является использование жирной говядины (25–29% к массе сырья), что не позволяет отнести данный продукт к низкокалорийному.

Наиболее близким является способ выработки вареной колбасы с растительной добавкой, в составе которой яблочный порошок, молоко коровье сухое, нитрит натрия, сахар-песок, черный перец (патент № 2245662). Недостатком этого способа выработки является невысокая биологическая ценность вареной колбасы, небольшое содержание пищевых волокон, витаминов, биологически значимых веществ и незаменимых аминокислот. Яблочный порошок богат углеводами, но имеет кислое значение pH, что ограничивает применение вареной колбасы с растительной добавкой для людей, страдающих ожирением.

Таблица 1.

Физико-химические показатели готового продукта

Table 1.

Physico-chemical characteristics of the finished product

Показатели The indicators	Образцы The samples	
	Продукт The product	Контроль The control
	«Аппетитная» “Appetitnaya”	«Докторская» “Doctorskaya”
Массовая доля белка, % Mass fraction of protein, %	22,3 ± 0,2	16,3 ± 0,2
Массовая доля жира, % Mass fraction of fat, %	18,4 ± 0,2	25,4 ± 0,2
Массовая доля углеводов, % Mass fraction of carbohydrates, %	4,1 ± 0,2	3,1 ± 0,2
Массовая доля пищевых волокон, % Mass fraction of dietary fiber, %	2,9 ± 0,2	0,0
Массовая доля влаги, % Moisture content%	50,3 ± 0,4	52,3 ± 0,5
Массовая доля золы, % Mass fraction of ash%	2,0 ± 0,2	2,9 ± 0,2

Таблица 2.

Микробиологические показатели
экспериментального образца

Table 2.

Microbiological parameters
of the experimental sample

Показатели The indicators	«Аппетитная» “Appetitnaya”
КМАФАнМ, QMAFAnM, КОЕ/г	1·10 ²
БГКП (колиформы) Coliforms (E. coli)	-
Сульфатредуцирующие клостридии Sulphite-reducing clostridium	-
S. aureus	-
Патогенные Pathogenic	-

Обсуждение

По разработанной технологии была произведена экспериментальная выработка нескольких образцов, выбрана оптимальная рецептура для новой комбинированной вареной колбасы «Аппетитная» на основе сбалансированного соотношения основных пищевых ингредиентов, обеспечивающего улучшенную переваримость и усвояемость.

Оценка качества мясного продукта проводилась по общепринятым методикам. Поверхность готового продукта чистая, сухая, без повреждений оболочки, слипов, наплывов

фарша, бульонно-жировых отеков. Консистенция – плотная, фарш равномерно перемешан, цвет от красного до темно-красного, запах и вкус – свойственные данному виду продукта, без посторонних запаха и привкуса. В таблице 1 представлены физико-химические показатели готового продукта и сравнение его с контрольным образцом.

Были проведены производственные испытания выработки продукта. Результат от внедрения выражается в сокращении производственного цикла, улучшении функционально-технологических свойств вареной колбасы, повышении выхода готовой продукции на 10–20% при одновременном снижении себестоимости и повышении рентабельности данного производства.

Были изучены микробиологические показатели готового продукта. По микробиологическим показателям экспериментальные образцы не превышают предельнодопустимые уровни, установленные СанПиН 2.3.2.1078 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов».

По показателю КМАФАнМ все образцы удовлетворяют предъявляемым СанПиН 2.3.2.1078 требованиям даже после хранения в течение 3 сут; санитарно-показательные микроорганизмы не были обнаружены, что является признаком хорошего качества продукта (таблица 2).

Заключение

Усовершенствованная рецептура позволила получить оригинальный мясной продукт, обогащенный различными растительными ингредиентами. Готовый продукт обладает отличными органолептическими показателями и высокими качественными свойствами, что делает его востребованным у потребителей. Кроме вышеперечисленных преимуществ, также является функциональным продуктом питания благодаря высокому содержанию витаминов, белка, пищевых волокон и минеральных веществ.

Предложенный режим выработки вареных колбас позволил сократить время производственного цикла, улучшить функционально-технологические свойства продукта, повысить выход готовой продукции при одновременном снижении себестоимости и повышении рентабельности данного производства.

Благодарности

Авторы выражают благодарность коллективу производства ИП «Кузминцев» и генеральному директору Кузминцеву Сергею Владимировичу за проведение пробной выработки опытных образцов, составления акта производственных работ, а также сотрудникам лаборатории биохимических анализов ФГБОУ ВО «ВГАУ» за помощь в проведении научных исследований.

Литература

- 1 Горлов И.Ф., Мамонтов Н.И., Чеприсова Т.Б. Использование растительных добавок в производстве мясных и молочных продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. 1996. № 2. С. 34–35.
- 2 Запорожский А.А. Научно-практические аспекты совершенствования технологии функциональных пищевых продуктов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2007. № 3. С. 49–52.
- 3 Арсланова А.М., Канарейкина С.Г., Канарейкин В.И. и др. К вопросу о новом поколении продуктов с растительными компонентами // Наука. 2016. № 1. С. 14–16.
- 4 Антипова Л.В., Салихов А.Р. Функционально-технологические свойства модельных фаршевых систем при частичной замене мясного сырья препаратом ламинарии // Хранение и переработка сельхозсырья. 2004. № 4. С. 49–50.
- 5 Австриевских А.Н., Вековцев А.А., Позняковский В.М. Продукты здорового питания. Новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения. Саратов: Вузовское образование, 2014. 428 с.
- 6 Максимов И.В., Курчаева Е.Е., Манжесов В.И. Пути рационального использования растительного сырья при производстве функциональных продуктов // Современные наукоемкие технологии. 2009. № 4. С. 20–22.
- 7 Тертычная Т.Н., Курчаева Е.Е., Максимов И.В. Современные технологии получения комбинированных продуктов питания на основе растительного сырья // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Саратов, 2009. С. 344–345.
- 8 Hayrapetyan A.A., Manzhosov V.I., Churikova S.Yu. The development of technology for functional food products on based on combination of raw materials of vegetable and meat origin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V. 422.
- 9 Lorenzo J. M., Pateiro M., Domínguez R., Barba F.J. et al. Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review // Food Research International. 2018. V. 106. P. 1095–1104.
- 10 Woraprayote W., Malila Y., Sorapukdee S., Swetwathana A. et al. Bacteriocins from lactic acid bacteria and their applications in meat and meat products // Meat Science. 2016. V. 120. P. 118–132.

References

- 1 Gorlov I.F., Mamontov N.I., Cheprisova T.B. The use of herbal additives in the production of meat and dairy products. Storage and processing of agricultural raw materials. 1996. no. 2. pp. 34–35. (in Russian).
- 2 Zaporizhsky A.A. Scientific and practical aspects of improving the technology of functional food products. Proceedings of higher educational institutions. Food technology. 2007. no. 3. pp. 49–52. (in Russian).
- 3 Arslanova A.M., Kanareykina S.G., Kanareykin V.I. et al. On the issue of a new generation of products with plant components. Science. 2016. no. 1. pp. 14–16. (in Russian).

- 4 Antipova L.V., Salikhov A.R. Functional and technological properties of model minced systems with partial replacement of raw meat with a kelp preparation. Storage and processing of agricultural enterprises. raw materials. 2004. no. 4. pp. 49–50. (in Russian).
- 5 Austrian A.N., Vekovtsev A.A., Poznyakovskiy V.M. Healthy food. New technologies, quality assurance, application efficiency. Saratov, Vuzovskoye obrazovaniye, 2014. 428 p. (in Russian).
- 6 Maximov I.V., Kurchaev E.E., Manzhosov V.I. Ways of rational use of plant materials in the production of functional products. Modern high technology. 2009. no. 4. pp. 20–22. (in Russian).
- 7 Tertychnaya T.N., Kurchaeva E.E., Maksimov I.V. Modern technologies for the production of combined foods based on plant materials. Agricultural science in the XXI century: problems and prospects: materials of the III All-Russian scientific-practical conference. Saratov, 2009. pp. 344–345. (in Russian).
- 8 Hayrapetyan A.A., Manzhosov V.I., Churikova S.Yu. The development of technology for functional food products on based on combination of raw materials of vegetable and meat origin. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. vol. 422.
- 9 Lorenzo J. M., Pateiro M., Domínguez R., Barba F.J. et al. Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. Food Research International. 2018. vol. 106. pp. 1095–1104.
- 10 Woraprayote W., Malila Y., Sorapukdee S., Swetwathana A. et al. Bacteriocins from lactic acid bacteria and their applications in meat and meat products. Meat Science. 2016. vol. 120. pp. 118–132.

Сведения об авторах

Артур А. Айрапетян инженер, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, hayrapetyan.arthur1@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8053-4317>

Владимир И. Манжосов д.с.-х.н., профессор, зав. кафедрой, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, mavik62_62@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0468-8821>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Arthur A. Hayrapetyan engineer, biochemistry and Biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hayrapetyan.arthur1@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8053-4317>

Vladimir I. Manzhosov Dr. Sci. (Agric.), professor, technology for storage and processing of agricultural products department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 1 Michurin str., Voronezh, 394087, Russia, mavik62_62@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0468-8821>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 23/01/2020	После редакции 04/02/2019	Принята в печать 15/02/2019
Received 23/01/2020	Accepted in revised 04/02/2019	Accepted 15/02/2019

Повышение продуктивности и качества мяса кроликов на основе комплексного использования пробиотиков и сорбентов в составе комбикормов

Елена Е. Курчаева	¹	alena.kurchaeva@ya.ru	 0000-0001-5958-0909
Александр В. Востроилов	¹	alexandervostroilov@ya.ru	 0000-0003-1626-5735
Лариса И. Лыткина	²	larissaig2410@rambler.ru	 0000-0001-7857-7756
Евгения С. Шенцова	²	evgeniya-shencova@ya.ru	 0000-0002-4744-7112

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

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

Аннотация. Цель исследования – оценка эффективности использования гранулированных комбикормов с вводом пробиотических препаратов «ПроСтор», «Споротермин» и сорбента «Фунгистат-ГПК» при откорме молодняка кроликов. Исследования эффективности полнорационных гранулированных комбикормов проводились на поголовье молодняка кроликов в возрасте 45 сут, подобранных по методу групп-аналогов и разделенных на 3 группы в условиях частного хозяйства «О.В. Кузнецова». В каждой группе было подобрано по 15 голов. Живая масса особой опытных групп превосходила сверстников контрольной группы по достижении возраста: 75 сут на 85,0 и 251,0 г или 3,99 и 11,80%, 90 сут – на 225, 0 и 435, 0 г или 9,04 и 17,49 % и 105 сут – 139,0 и 245,0 г или 4,37 и 7,70 %. Среднесуточный прирост в контрольной группе составил 26,55 г, в опытных 27,70 и 29,56 г соответственно. Гематологические показатели крови в опытных группах свидетельствуют об увеличении количества эритроцитов на конец откорма (5,35-6,49 $10^{12}/л$), а также отмечается повышение содержания общего белка у кроликов опытных групп до 75,82 и 75,99 г/л, что превосходит значения данного показателя контрольной группы на 3,45 и 0,17 г/л или 4,75 и 0,23%. Данная тенденция указывает на интенсификацию протекания обменных процессов и возможное получение наибольших приростов живой массы. Установлено, что кролики опытных групп имели убойный выход 63,01 и 65,03%, что превышало значения данного показателя (56,84%) контрольной группы. Включение в кормовые рационы обогащенных комбикормов будет способствовать повышению сохранности, продуктивности выращиваемых кроликов и создает предпосылки для широкомасштабного использования данных кормовых ресурсов в условиях промышленного кролиководства.

Ключевые слова: мясная продуктивность, живая масса, убойный выход, кролики, пробиотический комплекс, комбикорм

Improving the productivity and quality of rabbit meat based on the integrated use of probiotics and sorbents as part of compound feeds

Elena E. Kurchaeva	¹	alena.kurchaeva@ya.ru	 0000-0001-5958-0909
Alexander V. Vostroilov	¹	alexandervostroilov@ya.ru	 0000-0003-1626-5735
Larisa I. Lytkina	²	larissaig2410@rambler.ru	 0000-0001-7857-7756
Eugenia S. Shentsova	²	evgeniya-shencova@ya.ru	 0000-0002-4744-7112

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

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

Abstract. The purpose of the study is to evaluate the effectiveness of the use of granular compound feeds with the introduction of probiotic preparation «Prostor», «Sporotermine» and sorbent «Fungistat-GPK» for fattening young rabbits. Studies of the effectiveness of full-size granulated feed were conducted on a population of young rabbits at the age of 45 days, selected according to the principle of groups of analogues and divided into 3 groups in the conditions of a private farm "O. V. Kuznetsova" 15 individuals were selected in each group. The live weight of the experimental groups exceeded the control group's peers when they reached age: 75 days by 85.0 and 251.0 g or 3.99 and 11.80%, 90 days - by 225, 0 and 435, 0 g or 9.04 and 17.49 % and 105 days-139.0 and 245.0 g or 4.37 and 7.70 %. The average daily increase in the control group was 26.55 g, in the experimental group 27.70 and 29.56 g, respectively. Hematological indicators of blood in the experimental groups indicate an increase in the number of red blood cells at the end of fattening (5.35-6.49 $10^{12}/l$), and there is an increase in the total protein content in rabbits of the experimental groups to 75.82 and 75.99 g/l, which exceeds the values of this indicator of the control group by 3.45 and 0.17 g/l or 4.75 and 0.23%. This trend indicates an intensification of metabolic processes and the possible receipt of the largest increases in live weight. It was found that rabbits of the experimental groups had a slaughter yield of 63.01 and 65.03%, which exceeded the values of this indicator (56.84%) of the control group. The inclusion of enriched compound feeds in feed rations will help to improve the safety and productivity of reared rabbits and creates prerequisites for the large-scale use of these feed resources in the conditions of industrial rabbit breeding.

Keywords: meat productivity, live weight, slaughter yield, rabbits, probiotic complex, feed

Введение

В агропромышленном комплексе РФ в последние годы идут положительные тенденции в сфере производства мяса. Страна практически полностью обеспечивает себя мясом птицы и свининой. Однако объёмы производства крольчатины, её качество не полностью удовлетворяют потребностям населения.

Для увеличения объёмов производства крольчатины необходимо активизировать генотипические и средовые факторы, влияющие на уровень продуктивности животных [2–6, 10]. Перспективным направлением решения проблемы увеличения объёмов производства и улучшения качества крольчатины является интенсификация специализированного кролиководства на основе

Для цитирования

Курчаева Е.Е., Востроилов А.В., Лыткина Л.И., Шенцова Е.С. Повышение продуктивности и качества мяса кроликов на основе комплексного использования пробиотиков и сорбентов в составе комбикормов // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 145–150. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-145-150

For citation

Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Lytkina L.I., Shentsova E.S. Improving the productivity and quality of rabbit meat based on the integrated use of probiotics and sorbents as part of compound feeds. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 145–150. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-145-150

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

повышения уровня продуктивности животных и обеспечения условий для его реализации, в частности, полноценного кормления. Полноценное кормление повышает интенсивность роста животных, продуктивность, снижает затраты кормов на единицу продукции.

Внедрение в отрасли кролиководства интенсивных технологий выращивания, а также увеличение поголовья привело к значительному усилению техногенной и микробиологической нагрузки на организм кроликов, что, в свою очередь, вызывает нарушение процессов пищеварения, обмена веществ, снижение продуктивности и возникновение кишечных инфекций [7–9]. Известно, что кормовые пробиотики способствуют корректированию процессов пищеварения, воздействуют на иммунитет кроликов в результате оптимизации защитных функций организма и способствуют более полному проявлению животными генетического потенциал [11–13]. В связи с этим проблема изучения эффективности использования различных кормовых добавок и пробиотиков в составе комбикормов, а также их влияния на продуктивность, биодоступность питательных веществ комбикормов, качество получаемой продукции актуальна, имеет научный и практический интерес.

Цель исследований – оценка эффективности использования гранулированных комбикормов с вводом пробиотических препаратов и сорбентов при откорме молодняка кроликов. В задачи исследования входило изучение интенсивности роста кроликов и интерьерные показатели на фоне использования обогащенных биодобавками комбикормов, а также определение мясной продуктивности подопытных кроликов.

Материалы и методы

Исследования эффективности полнорационных гранулированных комбикормов проводились на поголовье молодняка кроликов в возрасте 45 сут,

подобранных по методу групп-аналогов и разделенных на 3 группы в условиях частного хозяйства «О.В. Кузнецова». В качестве объектов исследования использовали помесное поголовье кроликов (Советская шиншилла, Новозеландская красная). В каждой группе было подобрано по 15 голов. Кролики всех групп содержались в одинаковых условиях и имели свободный доступ к воде.

Кролики 1-й группы (контрольной) получали комбикорм ПЗК-92–60–18, кролики 2-й и 3-й (опытных) групп: ПЗК-92–62–18 с вводом комплекса «ПроСтор» и «Фунгистат-ГПК», ПЗК-92–63–18 с вводом комплекса «Споротермин» и «Фунгистат-ГПК». Разработанные комбикорма соответствовали требованиям ГОСТ 32897–2014.

Продолжительность откорма составила 60 сут до убойного возраста 105 сут. Интенсивность роста учитывали индивидуальным взвешиванием.

Кровь исследовали по биохимическим и морфологическим показателям: количество лейкоцитов определяли с помощью электронных счётчиков частиц, эритроцитов – на ФЭК, гемоглобина – по Сали, общего белка в сыворотке крови, альбуминов и глобулинов – стандартными методами. Для определения мясной продуктивности провели убой по 3 головы кроликов из каждой группы по методике ВИЖ, оценку качества мяса проводили стандартными методами [1]. Исследования выполнялись с использованием материально-технической базы ГНУ ВНИВИПФиТ Россельхозакадемии (г. Воронеж). Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием методов вариационной статистики по методу Н.А. Плехинского с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты

Результаты по оценке эффективности влияния комплексов «пробиотик – сорбент» в составе комбикормов для молодняка кроликов на интенсивность роста, интерьер, убойные показатели и качество мяса представлены на рисунках 1–2 и в таблицах 1–4.

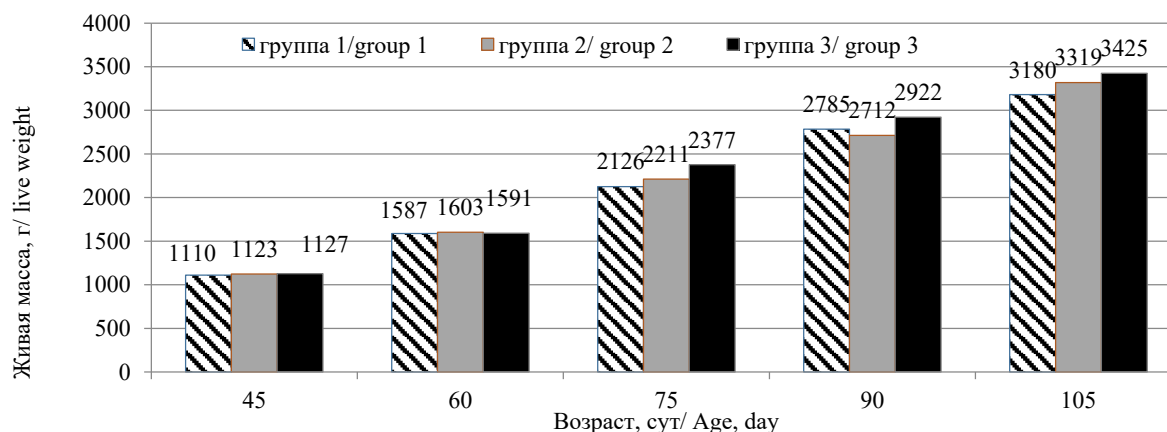


Рисунок 1. Интенсивность роста молодняка кроликов

Figure 1. Growth rate of young rabbits

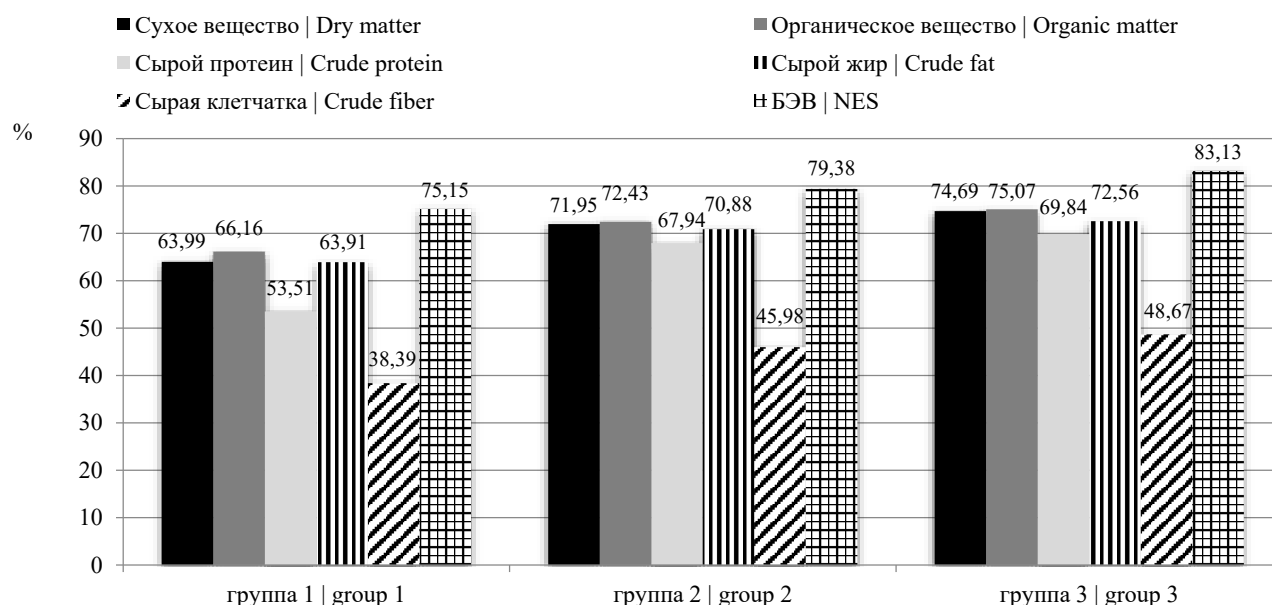


Рисунок 2. Переваримость питательных веществ (M ± m), %

Figure 2. Digestibility of nutrients (M ± m), %

Таблица 1.

Морфологические показатели крови кроликов

Table 1.

Morphological parameters of blood of rabbits

Показатель Indicator	Группа Group		
	1-я группа 1 st group	2-я группа 2 nd group	3-я группа 3 rd group
45 сут 45 days			
Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g / l	98,00 ± 0,70	98,00 ± 0,70	97,67 ± 1,08
Эритроциты, 10 ¹² /л Red blood cells, 10 ¹² /l	4,62 ± 0,04	4,56 ± 0,01	4,57 ± 0,03
Лейкоциты, 10 ⁹ /л White blood cells, 10 ⁹ /l	7,94 ± 0,03	7,90 ± 0,02	7,82 ± 0,04
Общий белок, г/л Total protein, g / l	70,64 ± 0,10	70,79 ± 0,09	70,12 ± 0,33
105 сут 105 days			
Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g / l	110,67 ± 0,81	115,33 ± 1,08	116,00 ± 1,87
Эритроциты, 10 ¹² /л Red blood cells, 10 ¹² /l	5,35 ± 0,16	5,88 ± 0,04	6,49 ± 0,14
Лейкоциты, 10 ⁹ /л White blood cells, 10 ⁹ /l	6,86 ± 0,02	5,15 ± 0,03	5,27 ± 1,06
Общий белок, г/л Total protein, g / l	72,54 ± 0,10	75,82 ± 0,63	75,99 ± 0,29

Таблица 2.

Убойные качества подопытных кроликов

Table 2.

Slaughter qualities of rabbits

Показатель Indicator	Группа Group		
	1-я группа 1 st group	2-я группа 2 st group	3-я группа 3 st group
Предубойная живая масса, г Pre – slaughter live weight, g	3140,0 ± 19,95	3210,0 ± 21,91	3275,0 ± 18,57
Убойная масса, г Slaughter weight, g	1785,0 ± 13,80	2023,0 ± 23,84	2093,33 ± 6,97
Убойный выход, % Slaughter yield, %	56,84 ± 0,49	63,01 ± 0,34	65,03 ± 0,26
Масса жира-сырца, г Mass of raw fat, g	103,00 ± 2,12	110,00 ± 1,41	112,33 ± 2,16
Выход жира-сырца, % Crude fat yield, %	3,27 ± 0,06	3,42 ± 0,03	3,48 ± 0,08
Масса парной тушки, г Weight of the paired carcass, g	1682,00 ± 14,89	1913,00 ± 22,92	1979,33 ± 7,62
Выход тушки, % Yield of the carcass, %	53,56 ± 0,40	59,58 ± 0,34	61,53 ± 0,26

Таблица 3.

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

Table 3.

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

Показатель Indicator	Группа Group		
	1-я группа 1 st group	2-я группа 2 st group	3-я группа 3 st group
Массовая доля (Mass fraction), %:			
влаги moisture	72,27 $\pm$ 0,35	72,87 $\pm$ 0,81	72,45 $\pm$ 0,56
сухого вещества dry matter	27,72 $\pm$ 0,35	27,46 $\pm$ 0,40	28,16 $\pm$ 0,18
белка protein	19,61 $\pm$ 0,36	20,24 $\pm$ 0,48	20,59 $\pm$ 0,63
жира fat	7,18 $\pm$ 0,20	6,29 $\pm$ 0,47	6,36 $\pm$ 0,53
зола ash	0,92 $\pm$ 0,13	0,92 $\pm$ 0,09	0,91 $\pm$ 0,11
Калорийность 1 кг мяса, ккал/кДж Calorie content of 1 kg of meat, kcal/kJ	1430,60/5980,00	1375,70/5750,00	1396,00/5835,20

Таблица 4.

Содержание тяжелых металлов в средней пробе мяса кроликов (мг/кг), $M \pm s$

Table 4.

Heavy metal content in the average rabbit meat sample (mg/kg), $M \pm s$

Показатель Indicator	Группа Group		
	1-я группа 1 st group	2-я группа 2 st group	3-я группа 3 st group
Cd	0,083 $\pm$ 0,001	0,006 $\pm$ 0,001	0,004 $\pm$ 0,001
As	0,022 $\pm$ 0,007	0,016 $\pm$ 0,005	0,010 $\pm$ 0,02
Pb	0,09 $\pm$ 0,01	0,07 $\pm$ 0,02	0,05 $\pm$ 0,02

Обсуждение

Композиции пробиотических препаратов с сорбентами обладают выраженными иммуностимулирующими свойствами, нормализуют микробиоценоз желудочно-кишечного тракта и способствуют повышению устойчивости организма хозяина к патогенным бактериям за счет стимуляции функционального состояния пищеварительной системы. Оценка интенсивности роста проводили индивидуальным взвешиванием по периодам выращивания (рисунок 1).

На момент постановки на откорм живая масса кроликов составляла 1110,0–1127,0 г. Живая масса особей опытных групп превосходила сверстников контрольной группы по достижении возраста: 75 сут на 85,0 и 251,0 г или 3,99 и 11,80%, 90 сут – на 225,0 и 435,0 г или 9,04 и 17,49% и 105 сут – 139,0 и 245,0 г или 4,37 и 7,70%. Среднесуточный прирост в контрольной группе составил 26,55 г, в опытных 27,70 и 29,56 г соответственно.

Повышения сохранности поголовья кроликов можно добиться за счет включения в их рацион полнорационных гранулированных комбикормов с добавлением пробиотических комплексов и сорбентов. Нашими исследованиями установлено, что сохранность кроликов в 1-й группе (контрольной) составляла 90%, во 2-й и 3-й группах (опытных) – 100%. При этом зафиксирован отход молодняка контрольной группы при постановке на откорм в первом периоде (45–60 сут),

что связано со стрессовыми реакциями организма животных и их большей подверженностью развитию патогенной микрофлоры.

При включении в рацион кроликов полнорационных гранулированных комбикормов с введенными кормовыми добавками установлены изменения морфологического состава крови кроликов (таблица 1). Установлено, что длительное применение разработанных комбикормов повышает количество гемоглобина и эритроцитов, хотя изменение этих показателей находится в пределах физиологической нормы.

В опытных группах в конце опыта количество эритроцитов составляло 5,88–6,49 10^{12} /л, что свидетельствовало о положительном влиянии используемых полнорационных гранулированных комбикормов на органы кроветворения и более высоком уровне обмена веществ в организме.

Отмечалось повышение содержания общего белка у кроликов опытных групп до 75,82 и 75,99 г/л, что превосходит значения данного показателя контрольной группы на 3,45 и 0,17 г/л или 4,75 и 0,23%, что, в свою очередь, указывает на интенсификацию протекания обменных процессов и возможное получение наибольших приростов живой массы.

Результатирующим показателем эффективности симбиотного пищеварения является переваримость питательных веществ кормов. Переваримость питательных веществ рационов у всех животных варьировала в пределах от 40,11 до 75,21% (рисунок 2).

Коэффициенты переваримости в опытных группах были достоверно больше: в 1-й опытной группе, потреблявшей ПЗК-92–62–18: сырого протеина – на 7,56%, сырой клетчатки – на 5,91%, сухого вещества – на 7,96%, органического вещества – на 6,27%; ПЗК-92–63–18 (2-я опытная группа): сырого протеина – на 9,93%, сырой клетчатки – на 8,60%, сухого вещества – на 10,70% и органического вещества – на 8,91%, что подтверждает положительное влияние введенных кормовых добавок на процессы пищеварения.

В конце опыта был произведен контрольный убой согласно общепринятой методике. Установлено, что кролики 2-й и 3-й группы имели убойный выход 63,01 и 65,03%, что превышало значения данного показателя (56,84%) контрольной группы (таблица 2). Убойная масса кроликов опытных групп была выше по сравнению с массой животных контрольной группы на 238,0 и 308,0 г или 13,33 и 17,25% соответственно.

Данное увеличение убойной массы и массы парной тушки связано с увеличением трансформации питательных веществ кормового рациона на фоне применения комплексов «пробиотик – сорбент», а также с активизацией выработки ферментных систем в организме, что способствовало более быстрому и значительному отложению питательных веществ в теле подопытных кроликов и повышению белковой составляющей мышечной ткани, что подтверждается анализом химического состава средней пробы мышечной ткани (таблица 3).

Следует отметить, что мясо, полученное от кроликов опытных групп, отличается повышенной энергетической ценностью и степенью

накопления сухого вещества и белка, что указывает на улучшение процессов метаболизма в организме на фоне применения биодобавок с пробиотической и сорбционной активностью.

Использование в составе комбикорма комплексов «пробиотик – сорбент» оказало положительное влияние на снижение содержания тяжелых металлов, попадающих в кормовые рационы, за счет их накапливания в кормах растительного происхождения (таблица 4). В мясе кроликов опытных групп отмечалось снижение уровня мышьяка с 0,022 мг/кг до 0,010 мг/кг и свинца с 0,09 мг/кг до 0,05 мг/кг соответственно, что может указывать на получение экологически безопасных мясных продуктов.

Заключение

Обогащение комбикормов для молодняка кроликов кормовыми добавками, такими как пробиотические препараты «Споротермин» и «ПроСтор», а также сорбентом «Фунгистат-ГПК» положительно влияет на интенсивность роста, сохранность кроликов до 100%, а также способствует улучшению использования питательных веществ рациона. Установлено, что кролики опытных групп имели убойный выход 63,01 и 65,03%, что превышало значения данного показателя контрольной группы (56,84%). Результаты проведенных исследований доказывают целесообразность применения полнорационных гранулированных комбикормов, обогащенных пробиотическими добавками «Споротермин» и «ПроСтор» и сорбентом «Фунгистат-ГПК», в отрасли кролиководства.

Литература

- 1 Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М.: КолосС, 2004. 571 с.
- 2 Балакирев Н.А., Калугин Ю.А. Кролиководство – перспективная отрасль животноводства // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2015. № 7. С. 20–23.
- 3 Горковенко Л.Г., Юрина Н.А., Омельченко Н.А., Омельченко Н.Н. Эффективность использования пробиотической добавки к корму «Бацелл-М» в рационе кроликов // Ветеринария Кубани. 2016. № 1. С. 19–21.
- 4 Егорова С.В., Кирилук П.К., Аристархова О.О. Использование комплексного пробиотика для пушных зверей // Стратегии и тренды развития науки в современных условиях. 2017. № 1 (3). С. 124–126.
- 5 Кутин Д.Д. Влияние рациона кормления на организм кроликов // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2018. № 4. С. 181–186.
- 6 Омельченко Н.Н., Лысенко А.А., Омельченко Н.А., Осепчук Д.В. Использование отечественного пробиотика при выращивании кроликов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 53. С. 194–198.
- 7 Саляхов А.Ш., Якимов О.А. Минеральная добавка в кормлении кроликов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2017. Т. 230. № 2. С. 127–131.
- 8 Черненко Е.Н., Миронова И.В. Качество мяса кроликов при скормлинии пробиотика «Биогумитель» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 10 (132). С. 104–108.
- 9 Якимов О.А., Саляхов А.Ш. «Цеостимул» в кормлении кроликов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2016. Т. 227. № 3. С. 93–96.
- 10 Bogdanova O.V., Alekseeva L.V., Lukyanov A.A. Biologically active substance application efficiency for meat rabbit breeding // EurAsian Journal of BioSciences. 2018. V. 12. № 2. P. 431–435.
- 11 Egorov I.A., Vertiprakhov V.G., Manukyan V.A., Lenkova T.N. et al. The influence of a Bacillus subtilis probiotic on the cecal microbial communities, exocrine pancreatic function, and productivity parameters in broiler chicks // RJPBCS. 2019. № 10 (1). P. 944–950.

- 12 Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Derkanosova N.M., Kashirina N.A. et al. Meat productivity and quality of rabbit meat using probiotic additives and sorbents // RJPBCS. 2018. № 9 (6). P. 1386–1394.
- 13 Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Kashirina N.A., Artemov E.S. et al. Probiotic preparation to increase meat productivity and physiological status of the rabbits // RJPBCS. 2018. № 9 (5). P. 2239–2247.

References

- 1 Antipova L.V., Glotova I.A., Rogov I.A. Methods of research of meat and meat products. Moscow, KolosS, 2004. 571 p. (in Russian).
- 2 Balakirev N.A., Kalugin Yu.A. Rabbit Breeding-a promising branch of animal husbandry. Veterinary medicine, zootechnics and biotechnology. 2015. no. 7. pp. 20–23. (in Russian).
- 3 Gorkovenko L.G., Yurina N.A., Omelchenko N.A., Omelchenko N.N. The Effectiveness of using probiotic additives to feed "Bacell-M" in the diet of rabbits. Veterinary medicine of Kuban. 2016. no. 1. pp. 19–21. (in Russian).
- 4 Egorova S.V., Kirilyuk P.K., Aristarkhova O.O. Using a complex probiotic for fur-bearing animals. Strategies and trends in the development of science in modern conditions. 2017. no. 1 (3). pp. 124–126. (in Russian).
- 5 Kutin D.D. Influence of the feeding diet on the body of rabbits. International journal of applied Sciences and technologies "Integral". 2018. no. 4. pp. 181–186. (in Russian).
- 6 Omelchenko N.N., Lysenko A.A., Omelchenko N.A., Osepchuk D.V. Use of domestic probiotic in growing rabbits. Proceedings of the Kuban state agrarian University. 2015. no. 53. pp. 194–198. (in Russian).
- 7 Salehov A.S., Akimov O.A. Mineral Supplement in the feeding of rabbits. Scientific notes of the Kazan state Academy of veterinary medicine. N.E. Bauman. 2017. vol. 230. no. 2. pp. 127–131.
- 8 Chernenkov E.N., Mironova I.V. Quality of rabbit meat when feeding probiotic "Biohumitel". Bulletin of the Altai state agrarian University. 2015. no. 10 (132). pp. 104–108. (in Russian).
- 9 Yakimov O.A., Salakhov A.S. "Teetimus" feeding the rabbits. Scientific notes of the Kazan state Academy of veterinary medicine. N.E. Bauman. 2016. vol. 227. no. 3. pp. 93–96. (in Russian).
- 10 Bogdanova O.V., Alekseeva L.V., Lukyanov A.A. Biologically active substance application efficiency for meat rabbit breeding. EurAsian Journal of BioSciences. 2018. vol. 12. no. 2. pp. 431–435.
- 11 Egorov I.A., Vertiprakhov V.G., Manukyan V.A., Lenkova T.N. et al. The influence of a Bacillus subtilis probiotic on the cecal microbial communities, exocrine pancreatic function, and productivity parameters in broiler chicks. RJPBCS. 2019. no. 10 (1). pp. 944–950.
- 12 Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Derkanosova N.M., Kashirina N.A. et al. Meat productivity and quality of rabbit meat using probiotic additives and sorbents. RJPBCS. 2018. no. 9 (6). pp. 1386–1394.
- 13 Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Kashirina N.A., Artemov E.S. et al. Probiotic preparation to increase meat productivity and physiological status of the rabbits. RJPBCS. 2018. no. 9 (5). pp. 2239–2247.

Сведения об авторах

Елена Е. Курчаева к.т.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. Востроиллов д.с.-х.н., профессор, зав. кафедрой частной зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, alexandervostroilov@ya.ru

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

Лариса И. Лыткина д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, larissaig2410@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7857-7756>

Евгения С. Шенцова д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, evgeniya-shencova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4744-7112>

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

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

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

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

Larisa I. Lytkina Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, larissaig2410@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7857-7756>

Eugenia S. Shentsova Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, evgeniya-shencova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4744-7112>

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 04/02/2020	После редакции 13/02/2020	Принята в печать 21/02/2020
Received 04/02/2020	Accepted in revised 13/02/2020	Accepted 21/02/2020

Регулирование функционально-технологических свойств фаршевых систем путём применения структурорегулирующих добавок

Анна Т. Васюкова	¹	vasyukova-at@yandex.ru	 0000-0002-7374-4145
Дмитрий А. Тихонов	¹	4072000@mail.ru	 0000-0001-7847-8491
Тароник А. Тонапетян	¹	taronik.tonapetyan@mail.ru	 0000-0002-5524-1165
Дмитрий А. Куликов	¹		 0000-0003-2333-4399

¹ Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия

Аннотация. Изложены основные сведения о возможности регулирования функционально-технологических свойств фаршевых систем из тощих океанических рыб с использованием жиросодержащих продуктов, вкусо-ароматических добавок, структурообразователей и пищевых БАД функционального назначения. Такое взаимное дополнение рецептуры различными компонентами позволяет создать комбинированный фарш специального назначения и изделия на его основе, наиболее отвечающие потребностям организма по пищевой и биологической ценности. Цель исследований – регулирование функционально-технологических свойств фаршевых систем из тощих океанических рыб с использованием БАД функционального назначения. Объектами исследования при регулировании функционально-технологических свойств фаршевых систем были: минтай, треска, хлеб пшеничный из муки высшего сорта, масляный экстракт сушеных грибов, майонез «Провансаль» и «Моби-люкс Универсал» в качестве биологически активной добавки. Масляные экстракты растительного сырья позволяли стабилизировать функционально-технологические свойства сырья, повысить биологическую ценность, подчеркнуть органолептические показатели готовой продукции. Пищевые добавки вместе с «Моби-люкс Универсал» обогащали фарш Са, Fe и I, а также витаминами, пищевыми волокнами и белками. Использовали стандартные и общепринятые сенсорные, реологические, физико-химические и микробиологические методы исследования сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Проведен сравнительный анализ химического состава сырья с океанической рыбой для установления преимуществ. Высокое содержание белка в рыбном сырье и «Моби-люкс Универсал» будет способствовать структурированию продукта, повышению пищевой ценности, корректировать структурно-механические свойства фаршевых систем. Получено, что ВУС для опытного образца фарша из минтая достигает максимального значения 75,9–77,1%, что на 3,5% превышает ВУС контрольного образца; для образца фарша из трески наблюдается аналогичная тенденция – ВУС достигает значения 78,3–79,9%, что на 3,9% превышает этот же показатель для контрольного образца. ПНС фаршей, содержащих минтай, практически в 2 раза превышает значение этого показателя в контрольном образце; для трески ПНС на 25% выше, чем у контрольного.

Ключевые слова: пищевая ценность, рыбопродукция, показатели качества, продукты питания

Regulating the functional and technological properties of mince dinghies by applying structural additives

Anna T. Vasyukova	¹	vasyukova-at@yandex.ru	 0000-0002-7374-4145
Dmitry A. Tikhonov	¹	4072000@mail.ru	 0000-0001-7847-8491
Taronik A. Tonapetyan	¹	taronik.tonapetyan@mail.ru	 0000-0002-5524-1165
Dmitry A. Kulikov	¹		 0000-0003-2333-4399

¹ Moscow State University of technology and management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

Abstract. The basic information about the possibility of regulating the functional and technological properties of forcemeat systems from skinny ocean fish using fat-containing products, flavoring additives, structure-forming agents and functional food supplements is presented. This mutual addition of the recipe with various components allows you to create a combined special-purpose mincemeat and products based on it that best meet the needs of the body for nutritional and biological value. The purpose of the research is to regulate the functional and technological properties of forcemeat systems from skinny ocean fish using functional supplements. The objects of study in regulating the functional and technological properties of minced systems were pollock, cod, wheat bread from premium flour, butter extract of dried mushrooms, Provencal mayonnaise and Mobi-Lux Universal as a dietary supplement. Oil extracts of plant materials made it possible to stabilize the functional and technological properties of the raw materials, increase the biological value, and emphasize the organoleptic characteristics of the finished product. Nutritional supplements along with Mobi-Universal Universal enriched mince Ca, Fe and I, as well as vitamins, dietary fiber and protein. We used standard and generally accepted sensory, rheological, physicochemical and microbiological methods for studying raw materials, semi-finished products, and finished products. A comparative analysis of the chemical composition of raw materials with ocean fish was carried out to establish benefits. The high protein content in fish raw materials and Mobi-Lux Universal will help to structure the product, increase nutritional value, and adjust the structural and mechanical properties of minced systems. It was found that the WCS for the experimental sample of pollock minced meat reaches a maximum value of 75.9–77.1%, which is 3.5% higher than the WCS of the control sample; a similar tendency is observed for a sample of minced meat from cod - the WCS reaches 78.3–79.9%, which is 3.9% higher than the same indicator for the control sample. The PNS of minced meat containing pollock is almost 2 times higher than the value of this indicator in the control sample; for cod PNS is 25% higher than that of the control.

Keywords: mince systems, functional-technological properties, structural additives, food

Для цитирования

Васюкова А.Т., Тихонов Д.А., Тонапетян Т.А., Куликов Д.А. Регулирование функционально-технологических свойств фаршевых систем путём применения структурорегулирующих добавок // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 151–156. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-151-156

For citation

Vasyukova A.T., Tikhonov D.A., Tonapetyan T.A., Kulikov D.A. Regulating the functional and technological properties of mince dinghies by applying structural additives. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 151–156. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-151-156

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

Введение

Формирование функционально-технологических свойств фаршевых систем с технологической точки зрения зависит от ряда взаимозависимых факторов: свойств сырья, взаимного влияния на комбинированный продукт, образования новых вкусовых и структурных параметров при механическом соединении и тепловом воздействии. Актуальность проблемы стимулирует поиск и внедрение новых в пищевом отношении объектов, в том числе из традиционного и нового пищевого сырья, внесение которых в продукты питания будет усиливать известные или формировать новые функциональные показатели. Благоприятным для внесения различного рода добавок является рыбное сырье. Современным направлением является производство фарша и функциональных композиций на его основе. Функционально-технологические свойства (ФТС) фаршевых композиций из тощих океанических рыб, являющихся в большинстве своём дисперсными коллоидными системами, обеспечиваются степенью дисперсности, формой и взаиморасположением структурных элементов [1, 10, 11]. Анализ литературных данных показывает, что самым распространенным способом регулирования ФТС и основным в получении комбинированных функциональных рыбных продуктов остается добавление в рецептуру структурообразователей с заданными свойствами.

Функциональные или технологические структурообразователи включают в рецептуру новых композиций с разнообразными технологическими целями. Наиболее оптимальными являются следующие структуры: гелеобразные, уплотненные, эмульсионные, обводненные и др. В зависимости от химической природы – это полисахаридные и белковые. По классификации они могут быть животного, растительного или микробиологического происхождения [6].

В.М. Быковой, Е.П. Карауловой, В. Min, Н.М. Moreno, J. Carballo, A.J. Borderias [1–4] и другими учеными установлено, что для повышения пищевой ценности и потребительских свойств фаршевых систем, таких как влагоудерживающая способность (ВУС), реологических свойств, стабильности массы при изготовлении изделий, возможно применение протеолитических ферментных препаратов, гидроколлоидов, полисахаридов. Стабилизация влагоудерживающей способности функционального фарша достигается добавлением протеазы, действующей на поверхность макромолекул белка животного и растительного происхождения. Структурирование обеспечивается путем разрушения третичных связей. В результате увеличивается общая

поверхность структуры белковых молекул, обладающих способностью связывать и удерживать воду на образовавшейся поверхности.

В.Д. Богданов, [5] проанализировав рыбные продукты с регулируемой структурой, отметил биосинтетические гидроколлоиды микробиологического происхождения, способные создавать гели. К ним относятся: ксантан, рамзан, велан, геллан, керкогель R, леван, декстран, курдлан. Наиболее распространенные – гуар и ксантан [6].

Внесение в рецептуры комбинированных рыбных фаршей добавок растительного происхождения позволяет не только регулировать структурные свойства модельных систем, но и улучшать их потребительские свойства, пищевую и биологическую ценность, изменять вкусовые характеристики.

В зависимости от источника получения полисахариды растительного происхождения можно разделить на две группы: полисахариды из морских растений и полисахариды, полученные из растительного сырья. Функции, выполняемые данными структурообразователями, подобные [12–15].

Влияние структурообразующих комплексов на фарши исследовано на различных продуктах. В большинстве случаев предлагается использовать бинарные соединения. Однако более эффективное влияние на фаршевые системы оказывают многокомпонентные структурообразователи [9, 12]. Их рекомендуется конкретно дозировать с учетом особенностей фарша. Это позволяет достичь желаемого технологического эффекта и улучшить в целом качество готового продукта. Однако в настоящее время полной картины использования всех свойств добавок, обладающих структурируемыми свойствами применительно к рыбным фаршам не выявлено. Поэтому исследования в этой области актуальны.

Цель работы – формирование функционально-технологических свойств рыбных фаршевых систем с заданными свойствами.

Материалы и методы

Объектами исследования выбрана свежемороженая рыба (минтай и треска). В качестве дополнительного сырья использованы масляные экстракты сушеных грибов, содержащих повышенные концентрации витаминов, макро- и микроэлементов. В состав фарша входит хлеб из пшеничной муки высшего сорта и майонез «Провансаль», а также пищевая добавка «Моби-люкс Универсал», состоящая из белка молочной сыворотки, волокон пищевых, белков плазмы крови, гемоглобина, обогатителя минерального кальциевого, белка молочного йодированного. Пищевая ценность «Моби-люкс Универсал» приведена в таблице 1.

Пищевая ценность добавки «Моби-люкс Универсал»

Table 1.

The nutritional value of the "Mobi-Luxury Universal" additive

Пищевая ценность Nutritional value	В 100 г продукта In 100 g product	Показатели Indicators	В 1 кг продукта In 1 kg product
Белок, г Protein, g	50	Полноценные животные белки, г Full animal proteins, g	500
Углеводы, г Carbohydrates, g	15	Растворимые пищевые волокна (инулин), г Soluble dietary fiber (inulin), g	50
Жиры, г Fats, g	0,5	Нерастворимые пищевые волокна, г Insoluble dietary fiber, g	150
Пищевые волокна, г: Dietary fiber, g:	20	Биодоступный кальций, г Bioavailable calcium, g	20
– нерастворимые, г – insoluble, g	15	Гемовое железо, мг Heme iron, mg	120
– растворимые, г – soluble, g	5	Органический йод, мг Organic iodine, mg	40
Кальций, мг Calcium, mg	20000		
Железо, мг Iron, mg	12		
Йод, мкг Iodine, mcg	4000		
Энергетическая ценность, ккал Energy value, Kcal	265		

Обогатитель «Моби-люкс Универсал» обеспечивает увеличение выхода готовых изделий при одновременном повышении их пищевой ценности; способствует сохранению ароматов, улучшению внешнего вида и органолептических показателей продукции; удлинит время сохранения свежести и товарного вида изделий в процессе хранения.

Разработаны рецептуры и новые технологии комбинированных рыбных фаршей и изделий на их основе [8, 11]. Это котлеты «Пикантные» и биштекс «Оригинальный» из филе минтая, а также котлеты «Океан» и биштекс «Подольский» из филе трески.

Органолептическую оценку проводили профильным методом по разработанной системе дескрипторов, которые включают: поверхность, вид в изломе, вкус, цвет, пористость. Пищевую и энергетическую ценность образцов характеризовали расчетным методом по справочным таблицам содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. Все анализы проводили не менее чем в трех параллельных опытах.

Влагоудерживающую способность фаршей, «нежность» определялась методом Г. Грау и Р. Хамма. в модификации В.П. Воловиной и Б.Я. Кельман. Влагоудерживание определяли методом высушивания образца до постоянной массы. Плотность фарша измеряли на консисометре. Определения pH рыбных фаршей осуществляли потенциометрическим способом. Оценку рыбного сырья по содержанию воды определяли белководным коэффициентом, который показывает количество белка (г), приходящегося на 100 г воды. Коэффициент обводнения рассчитывали как количественное соотношение воды и белка в мышечной ткани. Коэффициент пищевой насыщенности (Кпн) определяли отношением суммы белков, жиров (липидов) и углеводов (при их наличии) к массовой доле воды в продукте (сырье) в процентах или долях единицы.

В качестве контрольных образцов использовали рыбные фарши, произведенные по рецептуре № 1110 из «Сборника рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания».

Математическую обработку результатов исследований проводили, используя программный пакет программ CurveExpert Ver. 1.34.

Результаты и обсуждение

Создавая функциональный продукт с содержанием натуральных экстрактов, было рассмотрено соотношение сырья и добавок в различных пропорциях [8]. Наилучшее качество фарша соответствует оптимальным структурно-механическим свойствам, полученным при экспериментальных значениях, %: рыбное сырье – 100, хлеб из пшеничной муки высшего сорта – 15, майонез «Провансаль» – 5, масляный экстракт сушеных грибов 3–6, «Моби-люкс Универсал» – 1,5–4,5. Установлено, что наиболее оптимальными качествами обладал образец № 2, в котором пищевых добавок было 4%.

Использовали классификацию рыбного сырья, предложенную Е.Ф. Рамбедой и Н.И. Рехиной, применяемую в производстве фарша, по двум показателям – условный белковый коэффициент (Кб) и коэффициент структурообразования (Кст). Коэффициент Кб используют для характеристики структурно-механических (реологических) характеристик и ВУС фарша из рыбы. По величине Кб рыбы подразделяются на три группы: I группа – $K_b < 1$ (0,58–0,79); II группа – $K_b = 1$ (0,80–1,15); III группа – $K_b > 1$ (1,16–1,25). Из сырья, имеющего $K_b < 1$ и $K_{ст} < 0,2$, фарш получают с низкой способностью к формованию. Фарши, относящиеся ко II и III группе и имеющие $K_{ст} > 0,2$, являются лучшим сырьем для получения формуемых фаршей с высокой ВУС. Они обладают стабильными реологическими свойствами, определенной формуемостью и консистенцией, а также длительностью хранения (6–8 мес.).

В ходе исследования [8] нами определено содержание условно-белкового коэффициента и коэффициента структурообразования фарша минтая и трески (таблица 2).

Химические показатели, Кб и Кст фарша минтая и трески

Table 2.

Chemical Indicators, Kb and Xt mincemin and cod

Вид рыбы Fish species	Нобщ, % Ncommon, %	Содержание фракций белка, % Protein fractions, %		Кб Kb	Кст Kct
		Солерастворимая salt-soluble	водорастворимая water soluble		
Минтай Mintai	2,84 ± 0,02	0,33 ± 0,01	0,72 ± 0,05	0,45 ± 0,03	0,12 ± 0,02
Треска Cod	2,89 ± 0,01	0,43 ± 0,03	0,74 ± 0,01	0,67 ± 0,02	0,14 ± 0,01

Анализ данных таблицы 2 показывает, что минтай и треска имеют коэффициент структурообразования значительно меньше 0,2, соответственно 0,12 и 0,14. Условно-белковый коэффициент $K_b < 1$. Согласно приведенной выше классификации они являются не стабильным сырьем среди представленных образцов для получения формируемых фаршей с высокой способностью удерживать воду, т. к. относятся по величине условного белкового коэффициента к I группе.

Значения белкового коэффициента ФТС фарша минтая и трески по показателям согласуются с другими коэффициентами – обводнения, белково-водным и липидно-белковым (таблица 3), которые характеризуют его ФТС.

Таблица 3.

Коэффициенты, характеризующие ФТС мышечной ткани рыбы

Table 3.

Odds, characterizing FTS muscle tissue fish

Вид рыбы Fish species	Ko Ko	БКВ BVK	Кж Kj
Минтай Mintai	5,12 ± 0,03	19,6 ± 0,05	0,04 ± 0,02
Треска Cod	3,36 ± 0,02	29,4 ± 0,03	0,13 ± 0,01

Как видно из данных таблицы 3, коэффициенты обводнения мышечной ткани минтая и трески не имеют существенных различий, что свидетельствует о неплотной и менее сочной консистенции их мышечной ткани.

Следует отметить, что на жиросодержащую способность (ЖУС) влияет размер частиц «Моби-люкс Универсал»: чем меньше фракция, тем выше ЖУС фарша, что, очевидно, связано с более высоким содержанием белка в этих фракциях. «Моби-люкс Универсал» с размером частиц 50 мкм содержит белка больше по сравнению с его содержанием во фракции 190 мкм.

ЖУС белков объясняется физическим захватыванием, связыванием и удержанием масла молекулой белка, обладающей пористой структурой. Благодаря лиофобным связям молекула белка способна удерживать молекулы жиров [7].

Одной из важнейших качественных характеристик фарша является его ВУС, определяющая основные органолептические показатели готовых изделий, такие как сочность и нежность, а также потери при тепловой обработке.

Для улучшения ФТС фарша из минтая и трески [11] изучали влияние количества вносимой добавки «Моби-люкс Универсал» на ВУС. В качестве подтверждения универсальности применения «Моби-люкс Универсал» использовали фарш минтая с введением в состав хлеба и майонеза (таблица 4).

Все полуфабрикаты хранили при температуре 4–6 °С в течение 3 сут. Образец полуфабрикатов № 1 свежеприготовленный, а № 2 – подвергнутый хранению. Анализ данных таблицы 4 показывает, что все полуфабрикаты соответствуют доброкачественной продукции из рыбных фаршей (ГОСТ Р 50380–2005 и ГОСТ Р 55505–2013).

Таблица 4.

рН-среды и ВУС рыбных полуфабрикатов и готовых изделий

Table 4.

pH-environment and vus of fish semi-finished products and finished products

Наименование образцов Sample names	ПНС, кПа PNS, cPa		Показатели ВУС, % Indicators USU, %	
	Полуфабрикат № 1 Products no. 1	Полуфабрикат № 2 Products no. 2	Полуфабрикат № 1 Products no. 1	Полуфабрикат № 2 Products no. 2
Котлеты «Пикантные» (минтай) Spicy cutlets (mintai)	1,103 ± 0,06	1,903 ± 0,03	74,3 ± 0,06	75,9 ± 0,03
Бифштекс «Оригинальный» (минтай) "Original" Steak (mintai)	1,204 ± 0,04	2,306 ± 0,02	75,4 ± 0,02	77,1 ± 0,04
Котлеты «Океан» (треска) "Ocean" (cod) cutlets	1,112 ± 0,04	3,0278 ± 0,09	77,2 ± 0,02	78,3 ± 0,06
Бифштекс «Подольский» (треска) Podolski steak (cod)	1,218 ± 0,05	4,467 ± 0,01	79,3 ± 0,04	79,9 ± 0,02
Фарш (контроль) № 1 (минтай) Mince (control) no. 1 (mintai)	1,105 ± 0,02	1,911 ± 0,08	72,2 ± 0,02	72,4 ± 0,04

Полученная ВУС рыбного комбинированного фарша находится в диапазоне: для котлет 74,3–77,2%; бифштексов 75,4 – 79,3%; сырого фарша – 72,2%. Плотность всех образцов, подвергнутых хранению, увеличивается.

Органолептическая оценка качества показала, что все представленные образцы котлет, бифштексов, подвергнутых хранению, имели высокие органолептические показатели, причем наилучшими органолептическими свойствами обладали образцы с добавлением 2 видов БАД:

масляного экстракта грибов и «Моби-люкс Универсал».

Заключение

Анализ полученных экспериментальных данных подтверждает целесообразность использования масляных экстрактов грибов и «Моби-люкс Универсал», а также использования в составе комбинированных фаршей майонеза «Провансаль». Это придает котлетам и бифштексам сочность, пластичность и аромат.

Литература

- 1 Быкова В.М. Исследование свойств фарша из мороженой рыбы и изыскание способа улучшения его качества. М., 1973. 33 с.
- 2 Караулова Е.П. Обоснование рекомендаций по переработки глубоководных рыб в зависимости от свойств структурных белков и активности трансклутаминазы. Владивосток, 2007. 130 с.
- 3 Min B., Green B.W. Use of microbial transglutaminase and nonmeat proteins to improve functional properties of low NaCl, phosphate-free patties made from channel catfish (*Ictalurus punctatus*) belly flap meat // Journ. of food science. 2008. V. 73 (5). P. 218–226.
- 4 Moreno H.M., Carballo J., Borderias A.J. Influence of alginate and microbial transglutaminase as binding ingredients on restructured fish muscle processed at low temperature // Journ. of the science of food and agriculture. 2008. V. 88 (9). P. 1529–1536.
- 5 Богданов В.Д. Рыбные продукты с регулируемой структурой: монография. М.: Мир, 2005. 310 с.
- 6 Сарафанова Л.А. Применение пищевых добавок в переработке мяса и рыбы: монография. СПб., 2007. 244 с.
- 7 Шульбаева М.Т. Функциональные продукты с учетом национальных традиций // Пищевая промышленность. 2004. № 10. С. 64–66.
- 8 Васюкова А.Т., Першакова Т.В., Фалин Д.Н., Яковлева Т.В. и др. Влияние обогащающих добавок на пищевую ценность мясных и рыбных продуктов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 2–3 (320–321). С. 11–13.
- 9 Драчева Л.В., Зайцев Н.К., Жарикова О.А., Васюкова А.Т. Суммарная антиоксидантная активность растительных экстрактов // Пищевая промышленность. 2011. № 9. С. 44–45.
- 10 Иванова В.Н., Серегин С.Н., Славянский А.А. и др. Механизмы повышения эффективности отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности Центрального федерального округа: монография. М.: Финансы и статистика, 2016. 206 с.
- 11 Першакова Т.В., Васюкова А.Т., Жилина Т.С., Яковлева Т.В. и др. Применение нетрадиционного сырья в рецептурах кулинарных изделий // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 1 (319). С. 36–37.
- 12 Каганов И.Н., Славянский А.А. Гранулометрия сахара-песка // Сахарная промышленность. 1970. № 12. С. 6–10.
- 13 Eskin N.A.M., Robinson N.D.S. et al. Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological Changes. Boca Raton, FL: CRC Press, 2001.
- 14 Froning G.W., McKee S.R. Mechanical separation of poultry meat and its use in products-Poultry meat processing. Sams-CRC Press LLC, 2001.
- 15 Roberfroid M.B. Global new on functional foods: European perspectives // British J. Nutrition. 2002. V. 88. № 2. P. 133–138.

References

- 1 Bykova V.M. Researching the properties of minced fish and finding a way to improve its quality. Moscow, 1973. 33 p. (in Russian).
- 2 Karaulova E.P. Justification of recommendations for processing deep-sea fish depending on the properties of structural proteins and the activity of transglutaminase. Vladivostok, 2007. 130 p. (in Russian).
- 3 Min B., Green B.W. Use of microbial transglutaminase and nonmeat proteins to improve functional properties of low NaCl, phosphate-free patties made from channel catfish (*Ictalurus punctatus*) belly flap meat. Journ. of food science. 2008. vol. 73 (5). pp. 218–226.
- 4 Moreno H.M., Carballo J., Borderias A.J. Influence of alginate and microbial transglutaminase as binding ingredients on restructured fish muscle processed at low temperature. Journ. of the science of food and agriculture. 2008. vol. 88 (9). pp. 1529–1536.
- 5 Bogdanov V.D. Fish products with a regulated structure: monograph. Moscow, Mir, 2005. 310 p. (in Russian).
- 6 Sarafanova L.A. Application of food additives in meat and fish processing: monograph. Saint Petersburg, 2007. 244 p. (in Russian).
- 7 Shulbayeva M.T. Functional products taking into account national traditions. Food. Industrial. 2004. no. 10. pp. 64–66. (in Russian).
- 8 Vasyukova A.T., Pershakova T.V., Falin D.N., Yakovleva T.V. et al. Influence of enriching additives on the nutritional value of meat and fish products. Izvestia of higher education institutions. Food technology. 2011. no. 2–3 (320–321). pp. 11–13. (in Russian).
- 9 Dracheva L.V., Haitsev N.K., Jarikova O.A., Vasyukova A.T. Total antioxidant activity of plant extracts. Food industry. 2011. no. 9. pp. 44–45. (in Russian).
- 10 Ivanova V.N., Seregin S.N., Slavyansky A.A. et al. Mechanisms to improve the efficiency of the food and processing industries of the Central Federal District: monograph. Moscow, Finansy i statistika, 2016. 206 p. (in Russian).

- 11 Pershakova T.V., Vasyukova A.T., Jilina T.S., Yakovleva T.V. et al. Application of non-traditional raw materials in recipes of culinary products. *Izvestia of higher education institutions. Food technology*. 2011. no. 1 (319). pp. 36–37. (in Russian).
- 12 Kaganov I.N., Slavyansky A.A. Sugar-Sand Granulometry. *Sugar Industry*. 1970. no. 12. pp. 6–10. (in Russian).
- 13 Eskin N.A.M., Robinson N.D.S. et al. Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological Changes. Boca Raton, FL, CRC Press, 2001.
- 14 Froning G.W., McKee S.R. Mechanical separation of poultry meat and its use in products-Poultry meat processing. Sams-CRC Press LLC, 2001.
- 15 Roberfroid M.B. Global new on functional foods: European perspectives. *British J. Nutrition*. 2002. vol. 88. no. 2. pp. 133–138.

Сведения об авторах

Анна Т. Васюкова д.т.н., профессор, кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, vasyukova-at@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>

Дмитрий А. Тихонов аспирант, кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, 4072000@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7847-8491>

Тароник А. Тонапетян аспирант, кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, taronik.tonapetyan@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5524-1165>

Дмитрий А. Куликов к.т.н., кафедра технологий продукции и организации общественного питания, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия

 <https://orcid.org/0000-0003-2333-4399>

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 T. Vasyukova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology products and catering services department, Moscow State University of technology and management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, vasyukova-at@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>

Dmitry A. Tikhonov graduate student, technology products and catering services department, Moscow State University of technology and management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, 4072000@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7847-8491>

Taronik A. Tonapetyan graduate student, technology products and catering services department, Moscow State University of technology and management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, taronik.tonapetyan@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5524-1165>

Dmitry A. Kulikov Cand. Sci. (Engin.), technology products and catering services department, Moscow State University of technology and management named after K.G. Razumovsky, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

 <https://orcid.org/0000-0003-2333-4399>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 30/01/2020	После редакции 10/02/2020	Принята в печать 18/02/2020
Received 30/01/2020	Accepted in revised 10/02/2020	Accepted 18/02/2020

Исследование состава сахаров в хлебцах хрустящих, обогащенных яблочным порошком

Эльвира А. Пьяникова	¹	alia1969@ya.ru	 0000-0003-4424-7323
Ирина В. Черемушкина	²	ir-inacher2010@yandex.ru	 0000-0002-6016-0220
Анна Е. Ковалева	¹	a.e.kovaleva@yandex.ru	 0000-0001-7807-1755
Екатерина И. Быковская	¹	ekaterina.bykovskaya@inbox.ru	

¹ Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия

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

Аннотация. Представлены результаты влияния сухого порошка, полученного из яблок сорта «Антоновка», произрастающих в Курской области, на состав сахаров в хлебцах хрустящих. В рецептуре хлебцев частично заменяли пшеничную цельнозерновую и ржаную муку яблочным порошком в количестве 10, 15 и 20%. С использованием инфракрасной спектроскопии были получены колебания характерных частот органических соединений, что позволило выявить характерные частоты функциональных групп. Как показывают исследования, в продуктах из яблок в основном преобладает яблочная кислота, на долю которой приходится 72-82% от общей суммы кислот. Также в яблочном сырье содержится лимонная кислота, на долю которой приходится примерно 2-4% и янтарная – 6-9 %. Летучие кислоты в количестве 1-4% обнаружены в яблочном порошке. В тесте с добавлением яблочного порошка повышается начальная кислотность и незначительно увеличивается содержание летучих кислот. Опытным путем установлено, что вводимое дополнительное сырье стимулирует процесс брожения теста. При этом продолжительность процесса созревания теста сокращается до 30-40 мин, а продолжительность расстойки – на 15 мин. Сравнительный анализ ИК-спектров яблочного порошка и трех образцов хлебцев (с содержанием 10, 15 и 20% яблочного порошка) и моносахаридов показал следующий моносахаридный состав: наличие галактозы, арабинозы, маннозы и, предположительно, сахарозы. Полученные в ходе исследования данные достаточно хорошо согласовываются с литературными данными по моносахаридному составу. Проведенными исследованиями установлено, что с помощью метода ИК-спектроскопии достаточно просто и быстро можно определить моносахаридный состав продукта.

Ключевые слова: яблочный порошок, хлебцы хрустящие, ИК-спектроскопия, моносахариды, параметры, технологический процесс

The effect of apple powder on the consumption of crispbread

Elvira A. Pyanikova	¹	alia1969@ya.ru	 0000-0003-4424-7323
Irina V. Cheremushkina	²	ir-inacher2010@yandex.ru	 0000-0002-6016-0220
Anna E. Kovaleva	¹	a.e.kovaleva@yandex.ru	 0000-0001-7807-1755
Katherine I. Bykovskaya	¹	ekaterina.bykovskaya@inbox.ru	

¹ South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia

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

Abstract. This study presents the results of the effect of a dry powder obtained from Antonovka apples growing in the Kursk region on the composition of sugars in crispbread. In the crispbread recipe, whole wheat and rye flour was partially replaced by apple powder in the amount of 10, 15 and 20%. The vibrations of the characteristic frequencies of organic compounds were obtained using infrared spectroscopy, this way it possible to identify the characteristic frequencies of functional groups. Studies show that apple products contain malic acid, which accounts for 72-82% of the total amount of acids. Also, raw apple materials contain citric acid, which accounts for about 2-4% and succinic – 6-9%. Volatile acids in an amount of 1-4% are found in malic powder. In the test with the addition of apple powder, the initial acidity increases and the content of volatile acids also increases but only slightly. It has been experimentally established that the introduced additional raw materials stimulate the fermentation process of the dough. At the same time, the duration of the ripening test is reduced to 30-40 minutes, and the duration of the proofing is equal to 15 minutes. A comparative analysis of the IR spectra of apple powder and three samples of bread (with a content of 10, 15 and 20% of apple powder) and monosaccharides showed the following monosaccharide composition: the presence of galactose, arabinose, mannose and, presumably, sucrose. The data obtained during the study corresponds fairly well with the literature data on the monosaccharide composition. Studies have shown that using the method of IR spectroscopy, the monosaccharide composition of the product can be obtained in a quite simple and fast way.

Keywords: apple powder, crispy bread, I-R spectroscopy, monosaccharides, parameters, technological process

Введение

Производство продуктов здорового питания является одним из важных путей улучшения состояния здоровья населения и увеличение продолжительности жизни. Интенсивно расширяющаяся линейка таких товаров продукты функционального и специализированного назначения [1–3].

Особого внимания заслуживают продукты на основе растительного сырья, в том числе и с применением функциональных ингредиентов в производстве изделий, которые не изменяют органолептические свойства продукта, однако способствуют снижению его калорийности [4–5].

Для цитирования

Пьяникова Э.А., Черемушкина И.В., Ковалева А.Е., Быковская Е.И. Исследование состава сахаров в хлебцах хрустящих, обогащенных яблочным порошком // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 157–163. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-157-163

For citation

Pyanikova E.A., Cheremushkina I.V., Kovaleva A.E., Bykovskaya K.I. The effect of apple powder on the consumption of crispbread. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 157–163. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-157-163

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

Обогащение хлебоблочных изделий открывает возможности направленной биокоррекции организма с целью профилактики и лечения широкого круга заболеваний [6–9].

Использование в рецептуре хлебцев хрустящих яблочного порошка оказывает влияние на параметры технологического процесса производства и физико-химические показатели качества готового продукта [10].

В настоящее время инфракрасная спектроскопия (ИК-спектроскопия) широко используется для качественного анализа продуктов и для установления конфигурации и типов гликозидных связей, обнаружения водородных связей, различных функциональных групп и т.д. [11–13].

Исследования в области ИК-спектроскопии яблочного порошка в составе рецептур хлебцев хрустящих в разном процентном соотношении достаточно малочисленны и направлены преимущественно на установление наличия каких-либо функциональных групп.

Целью настоящего исследования являлось проведение качественного анализа моносахаридного состава хлебцев от введения в их рецептуру яблочного порошка в различных пропорциях.

Материалы и методы

Инфракрасная спектроскопия позволяет определять характерную частоту колебаний органических соединений, а в сложных белках и углеводах – характерные частоты функциональных групп. Важным результатом является обнаружение интервала частоты, который соответствует определенному колебанию атомной группировки. Каждый интервал частот будет соответствовать частоте структурно-родственных молекул, имеющих в своем составе данную группировку. Пики, входящие в данную группу, позволяют идентифицировать органические соединения (О-Н, N-Н, С-Н, S-Н). Инфракрасные спектры возникают за счет переходов между колебательными и вращательными уровнями основного электронного состояния при поглощении падающего излучения. Не все колебания сопровождаются изменением электрического дипольного момента μ связи, поэтому не все колебания могут быть обнаружены. Колебание становится активным в ИК-спектре при условии, что первая производная по нормальной координате не равна нулю: $d\mu/dr \neq 0$. В силу этого свойства полярные соединения соответствуют самым интенсивным полосам [14].

ИК-спектр делится на три области: ближнюю – от 12000 до 4000 см^{-1} , среднюю – от 4000 до 200 см^{-1} , дальнюю – от 200 до 10 см^{-1} . Дальняя область позволяет обнаружить тяжелые молекулы органических соединений, ближняя – легкие молекулы: воду, углекислый газ и т. д. Интервал частот 4000–2500 см^{-1} принадлежит области валентных колебаний простых связей X–H: О-Н, N-Н, С-Н, S-Н, а для валентных колебаний простых связей типа X–V: С-С, С-N, С-О и деформационных колебаний простых связей X–H: С-Н, О-Н, N-Н – 1500–500 см^{-1} . Область определения функциональных групп лежит в интервале от 3600

до 2100 см^{-1} , также включает в себя валентные колебания простых связей С-Н, О-Н, N-Н, С-Н, S-Н. В интервале от 3600 до 3200 см^{-1} можно обнаружить водородные связи в молекуле. От 2100 до 1200 см^{-1} лежит область колебания кратных связей $X=Y$, $X\equiv Y$: $C=C$, $C=O$, $C=N$, $C\equiv C$, $C\equiv N$, что позволяет определить наличие в структуре ароматических и гетероароматических групп.

Интервалу от 1300 до 200 принадлежит область валентных колебаний: С-С, С-N, С-О и деформационных колебаний: С-Н, N-Н, О-Н.

Повышенной информативностью обладают соединения двух областей: 3600–2100 и 2100–1200 см^{-1} , а при обнаружении характерных полос колебаний в этих областях для подтверждения необходимо проверить область 1200 – 200 см^{-1} .

Для определения природы углеродного остова подразделяют три типа колебаний: С-Н – деформация, С-С – деформационное колебание кольца и С-Н колебание.

На длине волны 3100 – 3000 см^{-1} обнаружена $=C-H$ в ароматических соединениях, а $-C-H$ приходится на 3000 см^{-1} для насыщенных алифатических углеводов.

Ароматические углеводороды проявляют С-С деформационное колебание кольца в областях: 1600–1585 см^{-1} и 1500–1400 см^{-1} . Простые ковалентные связи С-Н определяются в интервале 900–675 см^{-1} и в зависимости от волнового числа проявляют различную гибридизацию: для sp^3 – от 2850 до 3000 см^{-1} , для sp^2 – более 3000 см^{-1} , для sp соответствует ~ 3300 см^{-1} . Слабое поглощение в интервале 3080–3030 см^{-1} сопутствующее среднему поглощению в области 1600–1475 см^{-1} , колебаний кольца соответствует наличию ароматического кольца. Сигнал в районе 1605 см^{-1} является следствием ароматичности молекулы. Неароматичность молекулы определяется отсутствием сильного поглощения в области 900–600 см^{-1} [15, 16].

С-С связь бывает различных типов, и для ее определения также используется спектральный метод. При наличии $C\equiv C$ -связи возникает сигнал в области 1680–1640 см^{-1} . В интервале 2260–2100 см^{-1} обнаруживается соединение – $C\equiv C$ – Деформационное колебание $=C-H$ группы наблюдается в интервале 1000–650 см^{-1} а группы – $C\equiv C-H$ – 700–600. Валентные колебания – $C\equiv C-H$ наблюдаются в 3330–3270 см^{-1} . Наличие дублета при волновом числе 1380 см^{-1} означает наличие более чем одной метильной группы у одного углерода [17].

Для определения $C=O$ группы необходимо провести анализ спектра в области 1820–1660 см^{-1} . При ее наличии следует продолжить рассмотрение. Если наблюдается две слабые полосы поглощения в 2850 и 2750 см^{-1} , то обнаруживается поглощение на нижнем значении волнового числа группы С-Н. Этот эффект возникает из-за валентных колебаний $O=C-H$, связи возле 2830 см^{-1} перекрываются обычно с валентными колебаниями С-Н. Тем не менее наличие умеренной связи в области 2720 см^{-1} поможет определить, является ли соединение альдегидным (возникает ли плечеобразный пик). Широкая полоса в интервале 3300–2500 см^{-1} с максимумом в середине

интервала наблюдается вследствие валентных колебаний О-Н-группы карбоксильных кислот, так как они, в основном, образуют водород-связанные димеры. Две или более сильно поглощающие связи в области $1300\text{--}1000\text{ см}^{-1}$ возникают из-за валентных колебаний С-О в эфирах. Если ни один из приведенных случаев не наблюдается, то это означает, что исследователь имеет дело с кетонной молекулой [18, 19].

Результаты

Внесение в рецептуру хлебцев хрустящих яблочного порошка приводит к повышению кислотности, о чем свидетельствуют данные по результатам исследования физико-химических показателей [9].

В продуктах, содержащих яблочное сырье, присутствуют продукты, представленные в таблице 1.

Таблица 1.

Состав кислот, содержащихся в яблочном сырье

Table 1.

Composition of acids contained in Apple raw materials

Наименование кислоты Name of the acid	Содержание, % Content, %
Яблочная кислота Apple acid	72–82
Лимонная кислота Lemon acid	2–4
Янтарная кислота Amber acid	6–9
Летучие кислоты Volatile acid	1–4

Повышение кислотности в продукте прямо пропорционально увеличению концентрации яблочного порошка. Нарастание кислотности коррелируется со снижением pH.

В технологии производства хлебцев, в связи с этим, следует сократить процесс брожения до 30–40 мин, в зависимости от количества вносимого порошка.

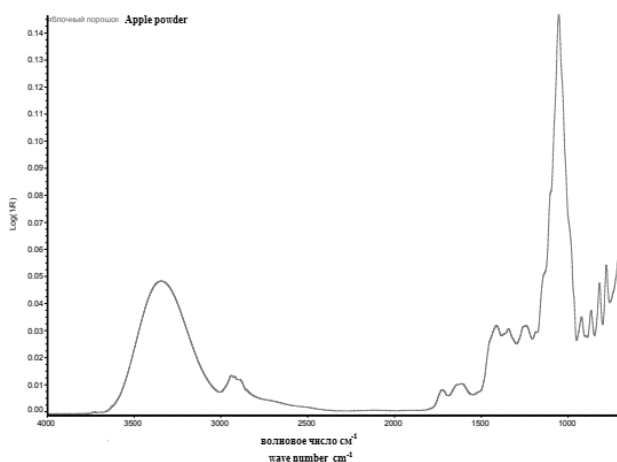


Рисунок 1. Яблочный порошок, спектры

Figure 1. Apple powder, spectra

Состав органических кислот оказывает непосредственное влияние на органолептические характеристики хлебцев. В связи с этим, в образцах определяли содержание яблочной и суммы летучих кислот.

Внесение яблочного порошка в состав теста приводило к незначительному увеличению количества летучих кислот при общем повышенном содержании кислот. Соответственно, послевкусие в хлебцах с яблочным порошком определяется не увеличением процентного содержания летучих кислот, а возрастанием удельного веса яблочной кислоты, что также определяет закономерное снижение pH в процессе брожения теста с яблочным порошком.

При добавлении яблочного порошка продолжительность клейстеризации крахмала и температура клейстеризации возрастают. В наибольшей степени на это влияние оказывает яблочный порошок, что объясняется высоким содержанием пектина.

При отработке технологического процесса экспериментально установлено, что яблочный порошок в достаточной мере стимулирует процесс брожения теста, что позволило сократить продолжительность созревания теста до 30–40 мин и на 15 мин продолжительность расстойки.

Качество готовой продукции зависит от вида и количества добавки. В большей степени порошок улучшает объем хлебцев, пористость. Внесение яблочного порошка более 15% влияет на цвет готовой продукции, значительно затемняя его до темно-коричневого. Таким образом, вносимый яблочный порошок можно добавлять в рецептуру хлебцев в количестве, не превышающем 15% к массе муки.

ИК-спектры образцов с добавлением 10%, 15% и 20% яблочного порошка соответственно (рисунки 1–5).

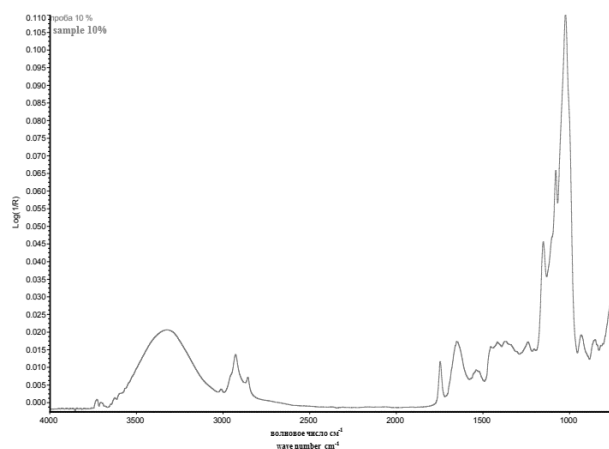


Рисунок 2. Спектры образца № 1 с 10% яблочного порошка

Figure 2. Spectra of sample no. 1 with 10% Apple powder

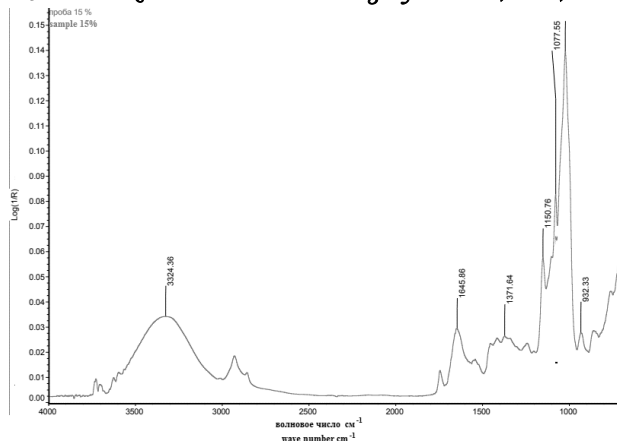


Рисунок 3. Спектры образца № 2 с 15% яблочного порошка

Figure 3. Spectra of sample no. 2 with 15% Apple powder

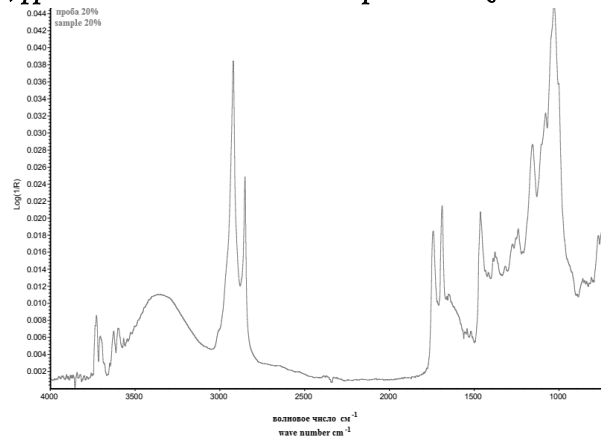


Рисунок 4. Спектры образца № 3 с 20% яблочного порошка

Figure 4. Spectra of sample no. 3 with 20% Apple powder

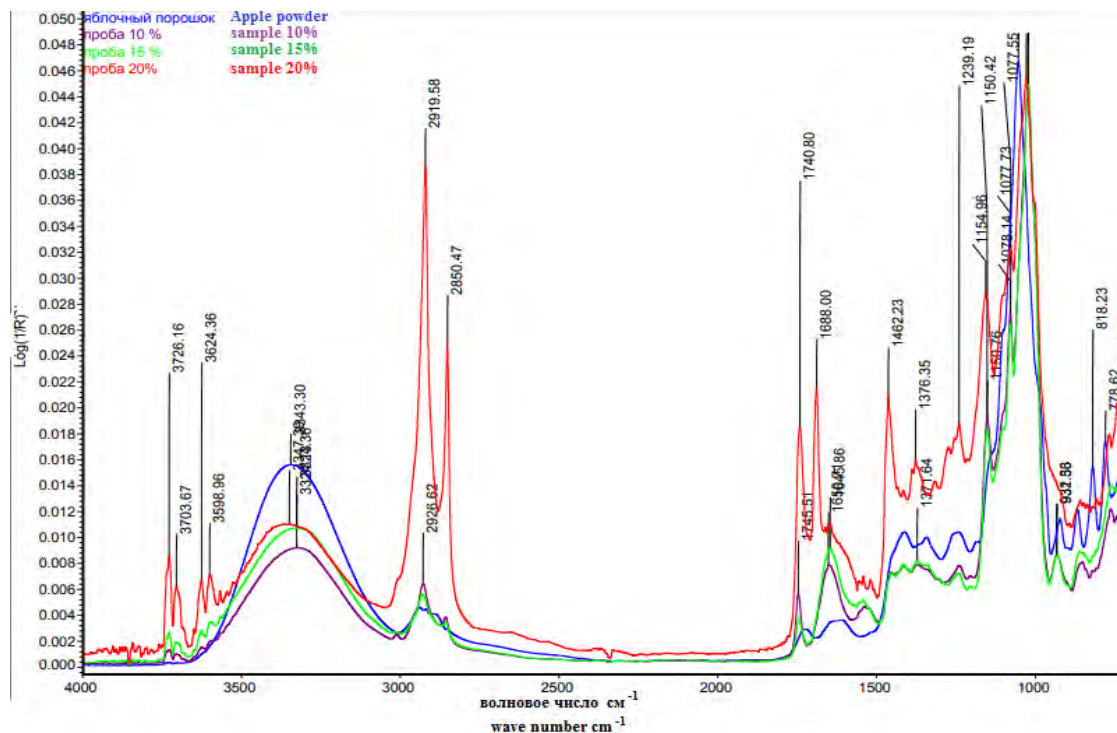


Рисунок 5. Спектры яблочного порошка и образцов № 1, 2, 3

Figure 5. Spectra of Apple powder and samples no. 1, 2, 3

В полученных ИК-спектрах всех трех образцов хлебцев присутствуют все колебания, соответствующие характерным полосам колебаний для яблочного порошка. На наличие неэтерифицированных карбоксильных групп, в образцах №1 и №3 указывает соответствующая частота колебаний $\sim 1730 \text{ cm}^{-1}$ при диапазоне волн $1740\text{--}1700 \text{ cm}^{-1}$, а частоты колебаний 1155 cm^{-1} , $1105\text{--}1100 \text{ cm}^{-1}$, $\sim 1075 \text{ cm}^{-1}$, 1050 cm^{-1} , $1025\text{--}1010 \text{ cm}^{-1}$ находятся в области колебания скелета молекулы.

Обсуждение

При исследовании на приборе ИК-Фурье, по спектрам снятым при анализе яблочного порошка из яблок сорта «Антоновка» легко можно выявить его моносахаридный состав. Для детального рассмотрения и выявления наличия в исследуемом образце яблочного порошка присутствие моносахаридов в качестве аналога были использованы спектры простых сахаров, описанные в работе В.А. Седаковой [20], которые представлены на рисунке 6.

На спектрограмме достаточно хорошо видны пики моносахаридов: галактозы, фруктозы, маннозы, арабинозы, дисахарида. В ходе проведенного исследования пики, представленные на рисунке 6 и полученные при исследовании образца яблочного порошка из сорта яблок «Антоновка» (рисунок 1) свидетельствуют о совпадении частот колебаний как минимум по трем полосам. При дальнейшем исследовании образцов хлебцев с внесённым в рецептуру дополнительным компонентом в виде уже изученного яблочного порошка в количестве 10%, 15%, и 20% соответственно имеет место наличие полос пропускания, что свидетельствует о идентификации полученных спектров – спектру сахарозы. Анализируя пики на наличие и соответствие галактозы, можно сделать вывод о том, что имеет место совпадения соответствующих валентным колебаниям связей, представленным в таблице 2.

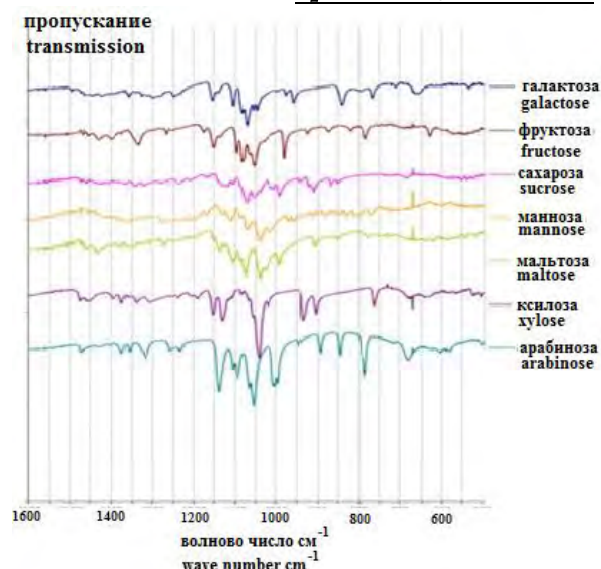


Рисунок 6. Спектры простых сахаров
Figure 6. Spectra of simple sugars

Таблица 2.

Валентные колебания связей

Table 2.

Stretching vibrations of the relations

Тип колебаний Type of oscillation	Частота колебаний Oscillation frequency			
	Галактоза Galactose	Арабиноза Arabinose	Манноза Mannose	
Вибрационные колебания пиранозных колец, см ⁻¹ Vibrational vibrations of pyranose rings, cm ⁻¹	-	930–990	-	
Колебания простых эфирных связей, см ⁻¹ Fluctuations of simple etheric bonds, cm ⁻¹	-	-	1022	
С-О-группа, см ⁻¹ C-O-group, cm ⁻¹	1060–1080	1077–1078	-	
С-С-группа, см ⁻¹ C-O-group, cm ⁻¹	1110–1200	-	1154	
Деформационные колебания ОН-групп в недиссоциированных карбоксильных группах, см ⁻¹ Deformation oscillations OH-group of non dissociated carboxyl groups, cm ⁻¹	1239	1154	1239	

Так как присутствуют совпадения по трем пикам (рисунок 5), то можно предположить о наличии в составе хлебцев моносахарида, такого как галактоза. Что касается исследований по наличию в составе трех образцов хлебцев фруктозы, то однозначно заявлять об этом нельзя, так как имеется всего одно совпадение на полученных спектрах, из чего можно сделать заключение, что ее присутствие в хлебцах маловероятно.

По ИК-спектрам, также можно утверждать о наличии арабинозы и маннозы, о чем свидетельствуют совпадения по трем пикам. Следовательно, арабиноза и манноза входят в состав изучаемых образцов хлебцев, что подтверждает теоретические данные.

Закключение

В результате сравнительного анализа ИК-спектров яблочного порошка полученного

из яблок сорта «Антоновка», произрастающих в Курской области, трех образцов хлебцев хрустящих с внесением яблочного порошка в рецептуру в количестве 10%, 15%, 20% соответственно было определено влияние яблочного порошка, на состав моносахаридов в хлебцах хрустящих.

С использованием ИК-спектроскопии определяется наличие моносахаридов в продукте. Изменение дозировки (увеличение с 10 до 20%) вносимого яблочного порошка на наличие пиков не влияет, а лишь указывает на присутствие в составе галактозы, арабинозы и манноза.

Таким образом, сравнительный анализ спектров яблочного порошка моносахаридов, всех трех образцов хлебцев показал следующий моносахаридный состав: галактоза, арабиноза, манноза и, предположительно, сахароза.

Литература

- 1 Жаркова И.М., Самохвалов А.А., Густинович В.Г., Корячкина С.Я. и др. Обзор разработок мучных изделий для безглютенового и геродиетического питания // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 213–217. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-213-217
- 2 Черемушкина И.В., Осенева О.В. Прогноз и перспективы формирования потребительских предпочтений в области экологически чистых продуктов питания на региональном рынке // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 4. С. 171–177. doi:10.20914/2310-1202-2019-4-171-177
- 3 Санина, Т.В., Черемушкина И.В., Алехина Н.Н. Повышение качества хлеба из биоактивированного зерна пшеницы // Хлебопечение России. 2004. № 2. С. 20.
- 4 Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А. Влияние порошка плодов черноплодной рябины на потребительские свойства бисквитов // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 2. С. 139–146. doi:10.20914/2310-1202-2019-2-139-146
- 5 Канарская З.А., Хузин Ф.К., Ивлева А.Р., Гематдинова В.М. Тенденции развития технологии кондитерских изделий // Вестник ВГУИТ. 2016. № 3. С. 195–204.
- 6 Родионова Н.С., Попов Е.С., Матвеев Д.И., Певцова Е.С. и др. Влияние растительных биокорректоров на состояние влаги в мучных изделиях функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 190–195. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-190-195
- 7 Kaprelants L., Zhurlova O. Technology of wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients // International Food Research Journal. 2017. V. 24. № 5. P. 1975–1979.
- 8 Aksenova L.M., Rimareva L.V. Directed conversion of protein modules of plant and animal foods // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. V. 87. № 2. P. 132–134.
- 9 Babinets P.P., Sokolovskiy S.I., Sokolovskiy I.I., Prohorov G.V. et al. Energy and information technologies in regenerative medicine: effect of the interaction of biologically active plant substrates with the human body // Journal of Education, Health and Sport. 2015. V. 5. № 6.
- 10 Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А., Быковская Е.И., Овчинникова Е.В. Влияние яблочного порошка на потребительские свойства хлебцев хрустящих // Вестник ВГУИТ. 2019. Т.81. № 4. С. 122–130. doi:20914/2310-1202-2019-3-1-9
- 11 Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений; пер. с англ. М.: Мир, 1991. 536 с.
- 12 Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений: практическое руководство; пер. с англ. М.: Мир, 1965. 220 с.
- 13 Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия: Основы, техника, аналитическое применение; пер. с англ. М.: Мир, 1982. 327 с.
- 14 Генералов, Е.А. Физико-химические подходы к анализу природы полисахаридов // Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2015. № 4 (08). С. 38–54.
- 15 Купцов А.Х., Жижин Г.Н. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров. Москва: Техносфера, 2013. 696 с.
- 16 Сильверстейн Р., Вебстер Ф., Кимл Д. Спектрометрическая идентификация органических соединений; пер. с англ. Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2011. 557 с.
- 17 Volland W. Organic compound identification using infrared spectroscopy. WA.: Bellevue, 1999.
- 18 Sternhell S., Kalman J.R. Organic Structures from Spectra. 4th Edition. John Wiley and sons, 2008. 453 p.
- 19 Hu Y., Yu G., Zhao X. et al. Structural characterization of natural ideal 6-O-sulfated agarose from red alga *Gloiopeltis furcata* // Carbohydr. Polym. 2012. V. 89. P. 883–889.
- 20 Седакова В.А., Громова Е.С. Исследование качественного состава сопутствующих сахаров в пектине различного происхождения // Вестник фармации. 2011. № 4 (54). С. 17–23.

References

- 1 Zharkova I.M., Samokhvalov A.A., Gustinovich V.G., Koryachkina S.Ya. et al. Review of bakery products for gluten free and herodietetic nutrition. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 213–217. doi: 10.20914/2310-1202-2019-1-213-217 (in Russian).
- 2 Cheremushkina I.V., Oseneva O.V. Forecast and prospects for the formation of consumer preferences in the field of environmentally friendly products in the regional market. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 4. pp. 171–177. doi: 10.20914/2310-1202-2019-4-171-177 (in Russian).
- 3 Sanina T.V., cheremushkina I.V., Alyokhina N.N. Improving the quality of bread from bioactivated wheat grain. Bread Making Of Russia. 2004. no. 2. pp. 20. (in Russian).
- 4 Kovaleva A.E., Rynikova E.A. Influence of aronia fruit powder on consumer properties of biscuits. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 2. pp. 139–146. doi: 10.20914/2310-1202-2019-2-139-146 (in Russian).
- 5 Kanarskaya Z.A., Huzin F.K., Ivleva A.R., Gematdinova V.M. Trends in the development of confectionery technology. Proceedings of VSUET. 2016. no. 3. pp. 195–204. (in Russian).
- 6 Rodionova N.S., Popov E.S., Matveev D.I., Pevtsova E.S. et al. Influence of vegetable biocorrectors on the moisture state in flour products of functional purpose. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 190–195. doi: 10.20914/2310-1202-2019-1-190-195 (in Russian).
- 7 Kaprelants L., Zhurlova O. Technology of wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients. International Food Research Journal. 2017. vol. 24. no. 5. pp. 1975–1979.
- 8 Aksenova L.M., Rimareva L.V. Directed conversion of protein modules of plant and animal foods. Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. vol. 87. no. 2. pp. 132–134.

- 9 Babinets P.P., Sokolovskiy S.I., Sokolovskiy I.I., Prohorov G.V. et al. Energy and information technologies in regenerative medicine: effect of the interaction of biologically active plant substrates with the human body. *Journal of Education, Health and Sport*. 2015. vol. 5. no. 6.
- 10 Kovaleva A.E., Pyanikova E.A. Effect of wild rose hip fruit powder on consumer properties of biscuit. *Proceedings of VSUET*. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 256–262. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-256-262 (in Russian).
- 11 Nakamoto K. *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds*. Moscow, Mir, 1991. 536 p. (in Russian).
- 12 Nakanishi K. *Infrared spectra and the structure of organic compounds: a practical guide*. Moscow, Mir, 1965. 220 p. (in Russian).
- 13 Smith A. *Applied IR spectroscopy: Basics, technique, analytical application*. Moscow, Mir, 1982. 327 p. (in Russian).
- 14 Generalov E.A. Physico-chemical approaches to analyzing the nature of polysaccharides. *Electronic scientific journal of Kursk state University*. 2015. no. 4 (08). pp.38–54. (in Russian).
- 15 Kuptsov A.H., Zhizhin G.N. *Fourier-CR and Fourier-IR spectra of polymers*. Moscow, Technosphere, 2013. 696 p. (in Russian).
- 16 Silverstein R., Webster F., Kiml D. *Spectrometric identification of organic compounds*. Moscow, BINOM. Lab. znaniy, 2011. 557 p. (in Russian).
- 17 Volland W. *Organic compound identification using infrared spectroscopy*. WA., Bellevue, 1999.
- 18 Sternhell S., Kalman J.R. *Organic Structures from Spectra*. John Wiley and sons, 2008. 453 p.
- 19 Hu Y., Yu G., Zhao X. et al. Structural characterization of natural ideal 6-O-sulfated agarose from red alga *Gloiopeltis furcata*. *Carbohydr. Polym.* 2012. no. 89. pp. 883–889.
- 20 Sedakova V.A., Gromova E.S. Investigation of the qualitative composition of concomitant sugars in pectin of various origin. *Vestnik of pharmacy*. 2011. no. 4 (54). pp.17–23. (in Russian).

Сведения об авторах

Эльвира А. Пяникова к.т.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, alia1969@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4424-7323>

Ирина В. Черемушкина д.т.н., профессор, кафедра торгового дела и товароведения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19 г. Воронеж, 394036, Россия, ir-inacher2010@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6016-0220>

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>

Екатерина И. Быковская студент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия ekaterina.bykovskaya@inbox.ru

Вклад авторов

Эльвира А. Пяникова предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания, несёт ответственность за плагиат

Ирина В. Черемушкина написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию

Анна Е. Ковалева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Екатерина И. Быковская обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Elvira A. Pyanikova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, commodity science, technology and expertise of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, alia1969@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4424-7323>

Irina V. Cheremushkina Dr. Sci. (Engin.), professor, trade and commodity department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ir-inacher2010@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6016-0220>

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>

Katherine I. Bykovskaya student, commodity science, technology and expertise of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia ekaterina.bykovskaya@inbox.ru

Contribution

Elvira A. Pyanikova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations and is responsible for plagiarism

Irina V. Cheremushkina wrote the manuscript, correct it before filing in editing

Anna E. Kovaleva consultation during the study

Katherine I. Bykovskaya 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 07/02/2020	После редакции 17/02/2020	Принята в печать 26/02/2020
Received 07/02/2020	Accepted in revised 17/02/2020	Accepted 26/02/2020

Применение метода «быстрой» газовой хроматографии для регулярного анализа жирных кислот в молоке и молочных продуктах

Николай А. Жижин¹ zhizhinmoloko@mail.ru  0000-0002-6690-0488¹ ВНИИ молочной промышленности, ул. Люсиновская, 35/7, г. Москва, 115093, Россия

Аннотация. В работе приведен один из подходов идентификации жирных кислот с помощью газовой хроматографии, который значительно сокращает время анализа, при этом является таким же эффективным при сравнении с традиционным методом исследования жирнокислотного состава. Определение состава жирных кислот на сегодняшний день является гарантом качества при выявлении различных конформаций и модификаций молочного жира, биоактивных свойств отдельных кислот семейства омега-3 и омега-6 и т.д. При этом этот метод является времязатратным, поэтому целью данной работы является оптимизация параметров этой методики для быстрого и регулярного анализа жирнокислотного состава, в лабораториях и на молочных предприятиях. Анализ жирнокислотного состава проводился с применением двух колонок с различными стационарными фазами. Сравнительная оценка аналитических характеристик была проведена на двух капиллярных хроматографических колонках: SP-2560 100×0,25 мм ID, 0,2 мкм с неподвижной фазой FFAP (традиционная) и газохроматографическая колонка BPX-70: стационарная фаза 70% цианопропилфенил диметилполисилоксан, 10м×0,1м×0,20 мкм. Детектирование проводилось с применением пламенно-ионизационного детектора. В качестве стандарта использовали смесь метиловых эфиров жирных кислот Supelco® 37 FAME Mix и аналитического стандарта мегилдеканоата Sigma-Aldrich. Для обработки данных использовалось программное обеспечение «NetChrom», расчет состава метиловых эфиров жирных кислот проводили методом внутренней нормализации. Время анализа первой колонки составило 49,07 минут, для второй 8,44 соответственно. Применение колонки с неподвижной фазой цианопропилфенил диметилполисилоксан, позволило значительно сократить время анализа, при элюировании сложного состава жирных кислот. Исследования проводились с применением современных аналитических методик и арбитражных методов анализа в лаборатории технохимического контроля ФГАНУ «Всероссийского научно-исследовательского института молочной промышленности». Данный адаптированный метод анализа будет интересен специалистам в сфере лабораторных исследований и перерабатывающим предприятиям.

Ключевые слова: молоко, молочные продукты, газовая хроматография, жирнокислотный состав, омега-3, омега-6

Application of the “fast” gas chromatography method for regular analysis of fatty acids in milk and dairy products

Nikolay A. Zhizhin¹ zhizhinmoloko@mail.ru  0000-0002-6690-0488¹ All-Russian Research Institute of Dairy Industry, Iyusinovskaya str., 35/7, Moscow, 115093, Russia

Abstract. The paper presents one of the approaches for identifying fatty acids using gas chromatography, which significantly reduces the analysis time, and is equally effective when compared with the traditional method of studying the fatty acid composition. The determination of the composition of fatty acids today is a guarantee of quality in identifying various conformations and modifications of milk fat, the bioactive properties of individual acids of the omega-3 and omega-6 families, etc. Moreover, this method is time-consuming, therefore, the goal of this work is to optimize the parameters of this methodology for quick and regular analysis of fatty acid composition in laboratories and dairy enterprises. The analysis of the fatty acid composition was carried out using two columns with different stationary phases. A comparative evaluation of the analytical characteristics was carried out on two capillary chromatographic columns: SP-2560 100 × 0.25 mm ID, 0.2 μm with a stationary phase FFAP (traditional) and a gas chromatographic column BPX-70: stationary phase 70% cyanopropylphenyl dimethylpolysiloxane, 10 m × 0.1 m × 0.20 μm. Detection was carried out using a flame ionization detector. A mixture of Supelco® 37 FAME Mix fatty acid methyl esters and Sigma-Aldrich methyl decanoate analytical standard was used as the standard. For data processing, the NetChrom software was used, the composition of fatty acid methyl esters was calculated by the internal normalization method. The analysis time of the first column was 49.07 minutes, for the second 8.44, respectively. The use of a stationary phase column of cyanopropylphenyl dimethylpolysiloxane significantly reduced the analysis time when eluting a complex composition of fatty acids. The studies were carried out using modern analytical techniques and arbitration methods of analysis in the laboratory of technochemical control of the All-Russian Scientific Research Institute of the Dairy Industry. This adapted analysis method will be of interest to specialists in the field of laboratory research and processing enterprises.

Keywords: milk, dairy products, gas chromatography, fatty acid composition, omega-3, omega-6

Введение

Состав жирных кислот молочного жира широко изучается из-за его важности в питании и здоровье человека [2, 4]. На сегодняшний день в молочных продуктах выявлено более 400 различных жирных кислот: от 4 до 26 атомов углерода, разветвленных и нет, насыщенных и ненасыщенных (до шести двойных связей), конъюгированных и с большим количеством позиционных и геометрических изомерных характеристик [3, 6]. Газовая хроматография, объединенная с длинными высокополярными капиллярными колонками, является наиболее

подходящей методикой для анализа этой сложной композиции. В частности, цианопропилсилоксановые стационарные фазы являются наиболее эффективными капиллярными колонками для разрешения критического разделения цис- и транс-, а также конъюгированных изомеров [7]. Этот хорошо разработанный аналитический подход имеет недостаток в трудоемкости, требующий более 60 минут времени анализа для каждого образца, и этот фактор становится особенно важным, когда требуется регулярный анализ, и необходим быстрый ответ.

Для цитирования

Жижин Н.А. Применение метода «быстрой» газовой хроматографии для регулярного анализа жирных кислот в молоке и молочных продуктах // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 164-168. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-164-168

For citation

Zhizhin N.A. Application of the “fast” gas chromatography method for regular analysis of fatty acids in milk and dairy products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 164–168. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-164-168

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

Технологические инновации за последние годы, для ускорения времени анализа в ГХ, привели к эволюции аналитических приборов, которые поддерживают быстрые скорости потока, темпы программирования температуры, чувствительные системы обнаружения высокого давления на входе [5, 9]. Кроме того, введение капиллярных колонок нового поколения дало преимущество для сохранения эффективности разделения пиков, увеличивая интерес к исследованию разделения жирных кислот быстрой ГХ в сложных биологических матрицах [10], таких как молоко, и на их аналитические характеристики при оптимизации метода по сравнению с обычными колонками [4, 8]. Поскольку основной целью быстрой ГХ является достижение желаемого разрешения соединений в кратчайшие сроки, особое внимание следует обратить на оптимизацию условий хроматографирования. Поэтому целью настоящего исследования было установить конкретный, точный, экономичный время и надежный метод ГХ для определения метиловых эфиров жирных кислот в молоке и молочных продуктах, которые считаются наиболее сложными пищевыми жирами из-за широкого разнообразия в природе жирных кислот.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования был использован образец масла 82,5% жирности. Разделение и идентификацию жировой фазы осуществляли с применением метода газовой хроматографии с использованием хроматографа «Кристаллюкс 4000М», снабженного пламенно-ионизационным детектором и кварцевой капиллярной колонкой SP – 2560 100 м×0,25 мм ID, 0,2 мкм с неподвижной фазой FFAP. Для проведения разделения методом «быстрой» ГХ использована колонка BPX-70 (10 м×0,1 мм×0,20 мкм). В качестве идентификационной смеси использовали

стандарт Supelco® 37 FAME Mix. А также отдельный стандарт метилдеcanoата (C_{11:0}) Sigma-Aldrich. Для колонки SP – 2560 использовались следующие параметры хроматографического разделения: в качестве газа носителя использовали азот; температура T₁ колонки 140 °C (выдержка 5 мин), T₂ 240 °C со скоростью 4 л/мин; температура испарителя 230 °C, детектора 260 °C; объем вводимой пробы – 1 мкл. Для проведения быстрой ГХ эмпирическим путем были установлены следующие оптимальные параметры хроматографирования: температура T₁ колонки 100 °C, T₂ 240 °C со скоростью 20 л/мин; температура испарителя 230 °C, детектора 260 °C; объем вводимой пробы – 0,3 мкл.

Для управления режимами анализа, записи хроматограмм и обработки полученной информации использовалось программное обеспечение «NetChrom».

Расчет состава метиловых эфиров жирных кислот проводили методом внутренней нормализации [1]. За окончательный результат измерений принимали среднее арифметическое значение результатов двух последовательных измерений.

Результаты и обсуждение

Для проверки метода быстрой хроматографии жирных кислот молочного жира были проведены эксперименты по валидации аналитических параметров обеих колонок. При проведении эксперимента точность метода была подтверждена путем внутрисуточной и ежедневной повторяемости измерений образца молочного жира (таблицы 1, 2). Как видно из таблиц 1 и 2 внутрисуточная повторяемость времени удержания компонентов двух капиллярных колонок находится на низком уровне в пределах 0,2%. Изучена сопоставимость количественных данных измерения жирнокислотного состава обеих колонок с оценкой внутрисуточной и ежедневной повторяемости. Согласно приведенным в таблицах данным погрешность измерений между двумя колонками составила не более 2,5%.

Таблица 1

Внутрисуточные и ежедневные значения повторяемости (RSD%),
полученные на 10 метровой колонке BPX 70

Table 1.

Intra-day and inter-day repeatability values obtained on the 10-meter BPX-70 column

Жирные кислоты Fatty acids		Время удержания Retention time		Внутрисуточная повторяемость Intra-day repeatability		Ежедневная повторяемость Inter-day repeatability	
		Мин Min	RSD%	W% ЖК W% FA	RSD%	W% ЖК W% FA	RSD%
1	2	3	4	5	6	7	8
Масляная (C4:0)	Butyric	0,88	0,09	2,7843	1,66	2,7698	2,04
Капроновая (C6:0)	Kapron	1,15	0,11	2,0769	0,66	2,0661	0,93
Каприловая (C8:0)	Caprylic	1,65	0,07	1,3115	1,43	1,3047	1,7
Каприновая (C10:0)	Capric	2,34	0,10	3,0825	1,45	3,0665	2,07
Деценная (C11:0)	Decinova	2,60	0,16	0,3246	1,43	0,3229	2,20
Лауриловая (C12:0)	Lauric	3,15	0,16	3,7102	6,41	3,6908	9,91
Миристиновая (C14:0)	Myristic	3,98	0,15	11,5970	1,66	11,5366	1,93
Пальмитиновая (C16:0)	Palmitic	4,78	0,15	32,0623	9,61	31,7642	14,74
Пальмитолеиновая (C16:1)	Palmitoleic	4,94	0,16	2,0592	2,27	1,9627	2,62

Продолжение таблицы 1 | Continuation of table 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Маргариновая (C17:0)	Pentadecane	5,14	0,15	0,6432	1,92	0,6398	2,65
Маргариновая цис-10 (C17:1)	Pentadecane	5,30	0,15	0,3937	9,36	0,3916	11,96
Стеариновая (C18:0)	Stearic	5,50	0,16	9,3660	1,36	9,3172	2,41
Элаидиновая (C18:1 транс-)	Elaidin	5,61	0,15	2,0080	13,02	1,9976	17,73
Олеиновая (C18:1 цис-)	Oleic	5,66	0,15	21,2766	3,19	21,9036	3,88
Линолэлаидиновая (C18:2 транс)	Linolenova	5,81	0,15	0,1850	3,82	0,1840	4,51
Линолевая (C18:2 цис-)	Linoleic	5,89	0,14	2,2103	12,25	2,1988	13,64
Гамма-линолевая (C18:3n6)	Gamma-linoleic	6,05	0,13	0,0450	6,63	0,0448	7,43
Арахиновая (C20:0)	Arachin	6,17	0,14	0,5820	13,50	0,5789	15,27
Эйкозеновая цис-11 (Гондоиновая) (C20:1)	Eicosene	6,24	0,14	0,5334	6,53	0,5307	8,71
Линоленовая (C18:3n3)	Linolenic	6,49	0,13	0,0416	7,32	0,0414	10,41
Генэйкозановая (C21:0)	Hanakotoba	6,56	0,13	0,0151	2,22	0,0150	3,15
Эйкозациеновая (C20:2)	Eykozadienovaya	6,71	0,11	0,0663	2,93	0,0660	4,09
Бегеновая (C22:0)	Begenova	6,82	0,13	0,1649	3,15	0,1640	7,25
Эйкозатетраеновая цис – 8, 11, 14 (C20:3n6)	Eicosatetraenoate	6,96	0,14	0,0200	4,42	0,0199	4,86
Эруковая (C22:1)	Erucic	7,09	0,14	0,0651	9,09	0,0648	9,76
Эйкозатетраеновая цис – 11, 14, 17 (C20:3n3)	Eicosatetraenoate	7,21	0,10	0,0115	5,92	0,0114	6,69
Арахидоновая (C20:4n6)	Arachidonic	7,37	0,08	0,0057	11,16	0,0057	12,63

Таблица 2.

Внутридневные и ежедневные значения повторяемости (RSD%),
полученные на 100 метровой колонке SP 2560

Table 2.

Intra-day and inter-day repeatability values (RSD%) obtained on the 100-meter SP-2560 column

Жирные кислоты Fatty acids		Время удержания Retention time		Внутридневная повторяемость Intra-day repeatability		Ежедневная повторяемость Inter-day repeatability	
		Мин Min	RSD%	W% ЖК W% FA	RSD%	Мин Min	RSD%
Масляная (C4:0)	Butyric	9,54	0,08	2,7968	1,53	2,8328	1,97
Капроновая (C6:0)	Kapron	10,15	0,13	2,0862	0,65	2,1131	0,24
Каприловая (C8:0)	Caprylic	11,25	0,07	1,3174	1,39	1,3343	1,98
Каприновая (C10:0)	Capric	13,10	0,09	3,0963	1,58	3,1362	2,30
Деценовая (C11:0)	Detinova	14,19	0,15	0,3261	1,46	0,3303	2,51
Лауриловая (C12:0)	Lauric	15,88	0,15	3,7268	6,24	3,7747	8,48
Тридекановая (C13:0)	Myristic	18,55	0,16	0,1329	0,99	0,1347	1,05
Миристиновая (C14:0)	Palmitic	19,41	0,14	11,6489	1,73	11,7988	1,35
Миристолеиновая (C14:1)	Palmitoleic	20,93	0,13	1,3513	1,28	1,3687	1,78
Пентадекановая (C15:0)	Pentadecane	21,38	0,18	1,2802	6,18	1,2967	10,75
Пертадекановая-цис	Pentadecane	22,41	0,17	0,2893	0,99	0,2930	0,62
Пальмитиновая (C16:0)	Stearic	23,40	0,15	32,0735	9,75	31,9065	12,79
Пальмитолеиновая (C16:1)	Elaidin	24,51	0,13	1,9818	2,82	2,0073	2,44
Маргариновая (C17:0)	Oleic	25,35	0,15	0,6460	1,96	0,6543	2,14
Маргариновая цис-10 (C17:1)	Linolenova	26,36	0,17	0,3954	9,57	0,4005	11,77
Стеариновая (C18:0)	Linoleic	27,39	0,15	9,4080	1,08	9,5290	1,93
Элаидиновая (C18:1 транс)	Gamma-linoleic	28,02	0,15	2,0170	15,45	2,0430	17,83
Олеиновая (C18:1 цис)	Arachin	28,21	0,16	21,3092	3,64	20,8764	3,04
Линолэлаидиновая (C18:2 транс)	Eicosene	28,78	0,15	0,1858	3,89	0,1882	4,66
Линолевая (C18:2 цис)	Linolenic	29,66	0,12	2,0541	12,06	2,0805	13,13
Гамма-линолевая (C18:3n6)	Hanakotoba	29,95	0,13	0,0452	6,41	0,0458	7,74
Арахиновая (C20:0)	Eykozadienovaya	30,79	0,14	0,5846	13,96	0,5921	15,60
Эйкозеновая цис-11 (Гондоиновая) (C20:1)	Begenova	31,05	0,16	0,5358	6,51	0,5427	8,49
Линоленовая (C18:3n3)	Eicosatetraenoate	31,49	0,12	0,0418	7,93	0,0423	9,29
Генэйкозановая (C21:0)	Erucic	31,80	0,11	0,0152	2,91	0,0153	3,01
Эйкозациеновая (C20:2)	Eicosatetraenoate	32,24	0,13	0,0666	2,39	0,0675	4,35
Бегеновая (C22:0)	Arachidonic	32,67	0,10	0,1656	5,66	0,1677	7,66
Эйкозатетраеновая цис – 8, 11, 14 (C20:3n6)	Butyric acid	32,90	0,12	0,0201	4,42	0,0203	4,14
Эруковая (C22:1)	Kapron	33,25	0,13	0,0654	9,26	0,0662	9,91
Эйкозатетраеновая цис – 11, 14, 17 (C20:3n3)	Caprylic	33,53	0,10	0,0116	5,45	0,0117	6,94
Арахидоновая (C20:4n6)	Capric	33,69	0,06	0,0058	11,84	0,0058	12,27

Дополнительно, близость значений двух хроматографических подходов, оценивали путем внесения различных концентраций деценовой кислоты ($C_{11:0}$). Процент восстановления (Recovery, %), приведенный в таблице 3, показал,

что показатели точности колонок ВРХ-70 и SP-2560 практически совпадают. Фактический процент среднего восстановления на ВРХ-70 составил 100,05%, а на SP-2560 100,22%.

Таблица 3.

Точность восстановления (Recovery, %) метилдеcanoата ($C_{11:0}$) в масле ($n = 5$) на колонках ВРХ 70 и SP 2560

Table 3.

Recovery accuracy (Recovery, %) of citronellic acid ($C_{11:0}$) in oil ($n = 5$) on the ВРХ-70 and SP-2560 columns

Внесенная концентрация, мг/мл Spiked Concentration, mg/ml	ВРХ-70		SP-2560		
	Измеренная концентрация, мг/мл Measured Concentration, mg/ml	Recovery, %	Измеренная концентрация, мг/мл Measured Concentration, mg/ml	Recovery, %	
0.50	0,51	102,21	0,49	96,08	
0.75	0,73	97,09	0,74	101,34	
1.00	1,01	100,93	1,03	103,00	
1.25	1,25	100,00	1,25	100,00	
1.50	1,50	100,00	1,51	100,67	
Average recovery, %		100,05	Average recovery, %		100,22

Проведены исследования показателей линейности детектора, рассчитанного на 9 возрастающих концентрациях $C_{11:0}$, показатель ВРХ-70

составил $R_2 = 0,9998$, тогда как на SP-2560 данный показатель был равен $R_2 0,9874$. приведенный в таблице 1.

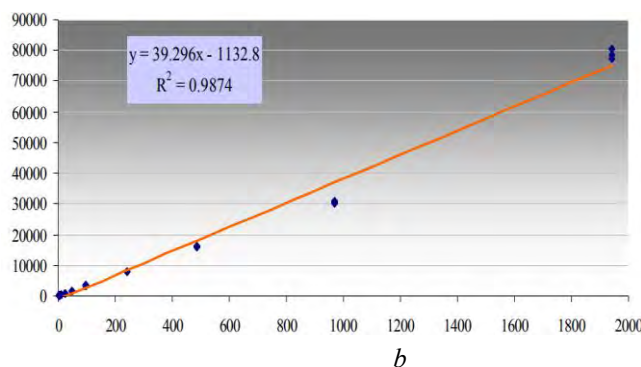
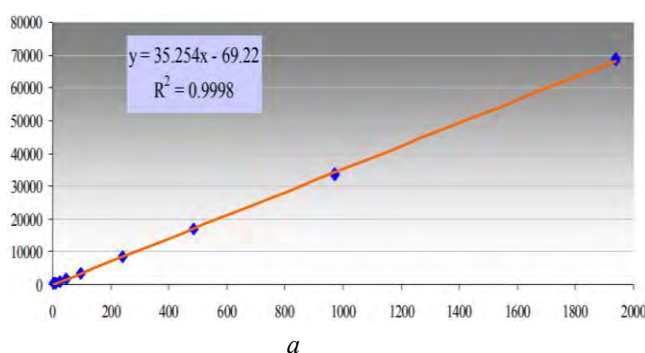


Рисунок 1. Показатели линейности детектора для колонок: а – ВРХ-70; б – SP-2560

Figure1. The linearity of the detector for the speakers: а – ВРХ 70; б – SP 2560

Значения нижних пределов обнаружения (LOD) и количественного определения (LOQ) также указывают на аналогичные характеристики. Полученные данные по колонке ВРХ-70 составили 0,19 и 0,63 мг/кг, а для SP-2560 0,18 и 0,60 мг/кг соответственно.

Закключение

В данном исследовании были испытаны две колонки для анализа жирнокислотного состава молока и молочной продукции. Традиционная колонка SP –2560 100 м×0,25 мм ID, 0,2 мкм с неподвижной фазой FFAP и колонка для проведения быстрого газохроматографического анализа стационарная фаза 70% циано-пропилфенил диметилполисилоксан) ВРХ-70 (10 м×0,1 мм×0,20 мкм). Для каждой капиллярной

колонок было изучено влияние программирования температуры и подобран оптимальный режим хроматографирования, а также качественная и количественная оценка разработанного аналитического метода. Порядок элюирования жирных кислот характерен для данных видов колонок. Время анализа сложного состава ЖК составило 49,07 мин для колонки SP-2560, и 8,44 минуты для колонки ВРХ-70 соответственно. В целом капиллярная колонка ВРХ-70 показала отличные аналитические характеристики при оптимизации и валидации метода быстрой ГХ и может быть эффективно использована для регулярного анализа жирнокислотного состава жировой фазы молока и молочных продуктов, в том числе и в условиях лабораторий и предприятий по переработке молока.

Литература

- 1 ГОСТ 32915–2014. Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии. М.: Стандартинформ, 2015. 9 с.
- 2 Жижин Н.А. Разработка новых подходов к определению жирно-кислотного состава молока и молочных продуктов с применением метода газовой хроматографии // Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов отделения сельскохозяйственных наук российской академии наук. 2016. № 1. С. 94–98.
- 3 Юрова Е.А. Фальсификация жировой фазы молочных продуктов // Методики выявления животных жиров. Молочная промышленность. 2017. № 3. С. 20–22.
- 4 Bondia-Pons I., Castellote A.I., L'opez-Sabater M.C. Comparison of conventional and fast gas chromatography in human plasma fatty acid determination // Journal of Chromatography B. 2004. V. 809. P. 339–344.
- 5 Delmonte P., Kia A.R.F., Kramer J.K., Mossoba M.M. et al. Separation characteristics of fatty acid methyl ester using SLB-IL111, a new ionic liquid coated capillary gas chromatographic column // Journal of Chromatography A. 2011. V. 1218. № 3. P. 545–554.
- 6 Jensen R.G. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000 // Journal of Dairy Science. 2002. V. 85. № 2. P. 295–350.
- 7 Molkentin J. Bioactive lipids naturally occurring in bovine milk // Nahrung. 1999. V. 43. № 3. P. 185–189.
- 8 Mondello L., Casilli A., Quinto Tranchida P., Costa R. et al. Evaluation of fast gas chromatography and gas chromatography–mass spectrometry in the analysis of lipids // Journal of Chromatography A. 2004. V. 1035. P. 237–247.
- 9 Korytár P., Janssen H.G., Matisová E., Udo A.T. Practical fast gas chromatography: methods, instrumentation and applications // Trends in Analytical Chemistry. 2002. V. 21. № 9–10. P. 558–572.
- 10 Matisová E., Dömötörövá M. Fast gas chromatography and its use in trace analysis // Journal of Chromatography A. 2003. V. 1000. P. 199–221.

References

- 1 State Standard 32915–2014. Milk and dairy products. Determination of the fatty acid composition of the fat phase by gas chromatography. Moscow, Standartinform, 2015, 9 p. (in Russian).
- 2 Zhizhin N.A. Development of new approaches to determining the fatty acid composition of milk and dairy products using the gas chromatography method. International scientific and practical conference of young scientists and specialists of the Department of agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences. 2016. no. 1. pp. 94–98. (in Russian).
- 3 Yurova E.A. Falsification of the fat phase of dairy products. Methods for identification of animal fats. Dairy industry. 2017. no. 3. pp. 20–22. (in Russian).
- 4 Bondia-Pons I., Castellote A.I., L'opez-Sabater M.C. Comparison of conventional and fast gas chromatography in human plasma fatty acid determination. Journal of Chromatography B. 2004. vol. 809. pp. 339–344.
- 5 Delmonte P., Kia A.R.F., Kramer J.K., Mossoba M.M. et al. Separation characteristics of fatty acid methyl ester using SLB-IL111, a new ionic liquid coated capillary gas chromatographic column. Journal of Chromatography A. 2011. vol. 1218. no. 3. pp. 545–554.
- 6 Jensen R.G. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. Journal of Dairy Science. 2002. vol. 85. no. 2. pp. 295–350.
- 7 Molkentin J. Bioactive lipids naturally occurring in bovine milk. Nahrung. 1999. vol. 43. no. 3. pp. 185–189.
- 8 Mondello L., Casilli A., Quinto Tranchida P., Costa R. et al. Evaluation of fast gas chromatography and gas chromatography–mass spectrometry in the analysis of lipids. Journal of Chromatography A. 2004. vol. 1035. pp. 237–247.
- 9 Korytár P., Janssen H.G., Matisová E., Udo A.T. Practical fast gas chromatography: methods, instrumentation and applications. Trends in Analytical Chemistry. 2002. vol. 21. no. 9–10. pp. 558–572.
- 10 Matisová E., Dömötörövá M. Fast gas chromatography and its use in trace analysis. Journal of Chromatography A. 2003. vol. 1000. pp. 199–221.

Сведения об авторах

Николай А. Жижин научный сотрудник, ВНИИ молочной промышленности, т. ул. Люсиновская, 35/7, г. Москва, 115093, Россия, zhizhinmoloko@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-6690-0488>

Information about authors

Nikolay A. Zhizhin researcher, All-Russian Research Institute of Dairy Industry, Lyusinovskaya str., 35/7, Moscow, 115093, Russia, zhizhinmoloko@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-6690-0488>

Вклад авторов

Николай А. Жижин написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 25/01/2020	После редакции 03/02/2020	Принята в печать 12/02/2020
Received 25/01/2020	Accepted in revised 03/02/2020	Accepted 12/02/2020

Вытапливание жира в электрохимически активированной водной среде: технологические аспекты, безопасность и качество готового продукта

Мария В. Горбачева	¹	gm76@bk.ru	 0000-0003-3654-4440
Василий Е. Тарасов	²	tarasov@kubstu.ru	
Алла И. Сапожникова	¹	fibrilla@mail.ru	 0000-0001-5040-6998
Светлана А. Калманович	²	kalmanovich@kubstu.ru	 0000-0002-7440-3422

¹ Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К. И. Скрябина, ул. Академика
² Скрябина, 23, г. Москва, 109472, Россия

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

Аннотация. Работа посвящена исследованию влияния физико-химических и механических воздействий на процесс вытапливания жира в присутствии электролита (католита) для разработки алгоритма жириозвлечения и получения продукта высокого качества с регулируемой температурой плавления. Определено, что продолжительность вытапливания и термическая обработка сырья оказывают равнонаправленное действие на показатель кислотного числа жира страуса. Выявлена обратная зависимость по водородному показателю водной фазы католита, обеспечивающая снижение кислотного числа жира. Установлена положительная динамика по показателю кислотного числа готового продукта при жириозвлечении с pH католита в диапазоне 10-10,5 независимо от температуры и продолжительности процесса (кислотное число жира не превышало 0,77 мг КОН/г). В ходе вытапливания жира при температуре 50-55 °C и pH католита не ниже 9 установлено, что перекисное число находится в интервале значений 1,56-1,81 ммоль активного кислорода/кг, что подтверждает ингибирующее действие электрохимической среды не только на липолиз, но и окислительную деградацию липидов. Наибольший выход топленого жира отмечен при времени и температуре обработки сырья, соответственно 60 мин и 95 °C, pH католита 10. Применение электроактивированной жидкости позволило сократить в 2 раза время жириозвлечения без значительных потерь по выходу и качеству готового продукта. С повышением pH католита до 10,5 удалось снизить время и температуру вытапливания соответственно до 45 мин и 75 °C с сохранением высокого значения выхода жира, что подтверждает эффективность применения электролита, а также возможность моделировать условия и параметры вытапливания в зависимости от поставленной технической задачи. Жир, вытопленный в присутствии электроактивированной жидкости, не обладает токсичностью при внутрижелудочном введении лабораторным животным, а также раздражающим и аллергическим эффектом при нанесении на слизистые оболочки и кожу.

Ключевые слова: электролиз, католит, растворы, страусоводство, жириозвлечение, пищевое производство

Fat rendering in an electrochemically activated water environment: technological aspects, safety and quality of the finished product

Mariya V. Gorbacheva	¹	gm76@bk.ru	 0000-0003-3654-4440
Vasily E. Tarasov	²	tarasov@kubstu.ru	
Alla I. Sapozhnikova	¹	fibrilla@mail.ru	 0000-0001-5040-6998
Svetlana A. Kalmanovich	²	kalmanovich@kubstu.ru	 0000-0002-7440-3422

¹ Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Academica Skrybina St., 23, Moscow, 109472, Russia

² Kuban State Technological University Moskovskaya St., 2, Krasnodar, 350072, Russia

Abstract. The work is devoted to studying the influence of physical-chemical and mechanical impact on the process of fat rendering in the presence of electrolyte (catholite) in order to develop an algorithm of fat extraction and obtain a high quality product with adjustable melting point. It is determined that the duration of rendering and heat treatment of raw materials have an equal effect on the index of acid number of ostrich fat. The inverse dependence on the hydrogen indicator of the water phase of the catholite, providing a decrease in the acid number of fat, is revealed. Positive dynamics on the indicator of acid number of ready product at fat extraction with pH of the catholite in the range of 10-10,5 irrespective of temperature and duration of process (acid number of fat did not exceed 0,77 mg KON/g) was established. In the course of fat rendering at the temperature of 50-55 °C and pH of the catholite not lower than 9, it was found that the peroxide number is in the range of 1.56-1.81 mmol of active oxygen/kg, which confirms the inhibitory effect of the electrochemical environment not only on lipolysis, but also on lipid oxidative degradation. The highest yield of rendered fat was observed at the time and temperature of raw material processing, respectively, 60 minutes and 95 °C, pH of catholite is 10. The use of electro-activated liquid allowed to reduce time of fat extraction by half without significant losses in yield and quality of the finished product. With increase of pH of catholite up to 10,5 it was possible to reduce time and temperature of heating up to 45 minutes and 75 °C correspondingly while maintaining high value of fat yield that confirms efficiency of electrolyte application and also possibility to set conditions and parameters of rendering depending on the objectives sought. Fat, rendered with the help of electro-activated liquid, does not possess toxicity at intragastric injection to laboratory animal, and also irritating and allergic effect during application on mucous membranes and skin.

Keywords: electrolysis, catholite, solutions, ostrich breeding, fat extraction, food production

Для цитирования

Горбачева М.В., Тарасов В.Е., Сапожникова А.И., Калманович С.А. Вытапливание жира в электрохимически активированной водной среде: технологические аспекты, безопасность и качество готового продукта // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 169-177. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-169-177

For citation

Gorbacheva M.V., Tarasov V.E., Sapozhnikova A.I., Kalmanovich S.A. Fat rendering in an electrochemically activated water environment: technological aspects, safety and quality of the finished product. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 169-177. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-169-177

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

Введение

Одним из основных условий качественного обновления пищевой индустрии на современном этапе экономического развития нашей страны является активное внедрение в производственные циклы научных инноваций, направленных на более рациональное использование сырья, энергосбережение, интенсификацию технологических процессов, повышение эффективности, конструирование и производство специальной техники, устройств и приборов, а также улучшение качества готовой продукции [1–6].

Особый интерес в этом плане вызывают прогрессивные разработки в области электротехники, физики и химии, основанные на явлении электрохимической активации (ЭХА) воды и водных растворов, открытом в 1972 г. [7]. Электрохимическая активация как технология представляет собой получение и последующее использование электрохимически активированной воды либо в процессах ее очистки от нежелательных компонентов, либо в различных технологических процессах в качестве реагента или реакционной среды с целью управления сложными физико-химическими реакциями, экономии энергии, времени и материалов, повышения качества конечного продукта, уменьшения образования отходов [7–9].

В последнее время ЭХА воды и растворов находит широкое практическое применение при производстве жиров. Возможность эффективного воздействия ЭХА среды в масложировом производстве и других отраслях пищевой промышленности подтверждена отечественными разработками [10–15]. В работах ученых

ФГБОУ ВО «Кубанский технологический университет» [16,17] и ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет» [18] описаны эффективные способы получения масла из виноградной косточки, вытапливания жира страуса в присутствии электролита, а также применения электролита при рафинации масел, позволяющие получать продукты с высокими показателями качества. Предлагаемый способ жириозвлечения имеет ряд преимуществ и предусматривает возможность как более полного вытапливания жира, так и возможность его фракционирования в зависимости от заданной температуры плавления на стадии жириозвлечения. Вышеизложенное дает основание нам считать выбранное направление актуальным и перспективным.

Цель работы – изучение влияния физико-химических и механических воздействий на процесс вытапливания жира страуса в присутствии электролита (католита) для разработки алгоритма жириозвлечения и получения продукта высокого качества с регулируемой температурой плавления.

Материалы и методы

Объектом исследований служил жир страуса, полученный мокрым вытапливанием в водной фазе католита при технологических параметрах, оптимизированных опытным и расчетным путем с использованием многофакторного эксперимента. Жир-сырец страуса внутренний был отобран в условиях ООО «Русский страус», Серпуховской район, Московская область, при плановом убое птицы в возрасте 12–14 месяцев (таблица 1).

Таблица 1.

Характеристика жира-сырца страуса

Table 1.

Characteristics of raw ostrich fat

Показатели Indicators	Характеристика жира-сырца страуса Characteristics of raw ostrich fat
Внешний вид Appearance	Внутренняя жировая ткань от белого до светло-желтого цвета, запах специфический, слабо выражен, свойственный данному виду жира Internal adipose tissue from white to light yellow, specific odor, slightly pronounced, characteristic of this type of fat
Массовая доля: % Mass fraction: %	
влаги moisture	10,0
жира fat	89,4
белка protein	0,50
зола ash	0,02
Кислотное число, мгКОН/г Acid number, mgKOH/g	1,3
Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг Peroxide value, mmol of active oxygen/kg	2,1
Температура °C: Temperature °C:	
плавления melting	30–33
застывания solidification	20–22

Для получения водной фазы католита предварительно готовили 10 % раствор хлорида натрия, который подвергали электролизу в электрохимическом реакторе (патент на полезную модель № 76920 RU,

опубл. 10.10.2008). Техническая характеристика свойств полученной электрохимически активированной жидкости (католита) представлена в таблице 2.

Таблица 2.

Техническая характеристика электролита (католита)

Table 2.

Technical characteristics of electrolyte (catholyte)

Показатель Indicator	Характеристика католита Characterization of catholyte
Сила постоянного тока, А DC power, A	0,5–0,6
Напряжение постоянного тока, В DC voltage, V	40–42
pH	7,5–11
Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) относительно хлорсеребряного электрода, мВ Redox potential (ORP) relative to silver chloride electrode, mV	(-400) – (-700)
Массовая доля NaCl, % Mass fraction of NaCl, %	3–5

Получение топленого жира страуса включало измельчение жировой ткани (жира-сырца), смешивание его с водной фазой – электроактивированной жидкостью, термическую обработку при различных

температурах с постоянным перемешиванием сырья и отделение жира [19]. В таблице 3 приведены условия и параметры вытапливания жира страуса.

Таблица 3.

Уровни варьирования факторов вытапливания жира страуса в присутствии электроактивированной жидкости

Table 3.

The variation levels of the factors in the melting fat of the ostrich in the presence electroactive-bath fluid

Факторы Factors	-α (-1,21)	-1	0	+1	+α (+1,21)
Время, мин (Z ₁) Time, min (Z ₁)	25	30	45	60	65
pH (Z ₂) pH (Z ₂)	7,5	8	9	10	10,5
Температура, °C (Z ₃) Temperature, °C (Z ₃)	50	55	75	95	100

Вектор и силу влияния технологических параметров жирирования в электрохимической активированной среде (католите) на выход и качество топленого продукта устанавливали опытным и расчетным путем, используя метод математического планирования эксперимента – ортогональные центрально-композиционные планы Бокса-Уилсона (ОЦКП). Основными технологическими факторами были выбраны продолжительность вытапливания, $X_1(Z_1)$, pH электроактивированной среды, $X_2(Z_2)$, температура обработки жира-сырца, $X_3(Z_3)$. Функции отклика – кислотное (Y_1), перекисное (Y_2) числа и выход топленого жира страуса. (Y_3).

Для описания эксперимента составляли матрицу композиционного плана второго порядка, число точек плана равно величине:

$$N = N_1 + 2k + N_0.$$

При числе факторов $k = 3$ общее число опытов в матрице композиционного плана второго порядка составило: $N_1 = 2^3 = 8$, $N = 8 + 2 \times 3 + 1 = 15$.

где N_1 – число точек полного факторного эксперимента 2^k , при $k=3$ факторов и при двух уровнях варьирования; $2k$ – число парных точек, расположенных на осях координат; N_0 – число опытов в центре плана.

При построении математической модели 2^k учитывали число «звездных точек», расположенных на координатных осях факторного пространства и точки в центре плана. Величина α – расстояние от центра плана до звездной точки – звездное плечо. Значение α зависит от числа факторов и количества опытов в центре плана, в нашем случае для $k = 3$ и $N_0 = 1$, звездное плечо $\alpha = \sqrt{1,476} \approx 1,2115$.

В результате расчётов по матрице получали уравнение, которое имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + \\ & + b_k x_k + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + \dots \\ & + b_{k-1} x_{k-1} x_k + b_{11} x_1^2 + \dots + b_{kk} x_k^2 \end{aligned} \quad (1)$$

где b_0 – свободный член уравнения; $x_1, x_2, \dots, x_n$ – факторы, определяющие уровень изучаемого результирующего параметра; $b_1, b_2, \dots, b_n$ – коэффициенты регрессии при факторных показателях, характеризующие уровень влияния каждого фактора на результирующий параметр в абсолютном выражении.

Значимость коэффициентов уравнения устанавливали с учетом дисперсий воспроизводимости ($S^2_{\text{воспр.}}$), а также критерия Стьюдента:

$$S^2_{\text{воспр.}} = \frac{\sum_{u=1}^n (y_u^0 - \bar{y}^0)^2}{n-1} \quad (2)$$

где n – число опытов в центре плана;

Коэффициенты уравнения регрессии определяли с разной точностью:

$$\begin{aligned} S_{b_0} &= \frac{S_{\text{воспр.}}}{\sqrt{N}} \\ S_{b_j} &= \frac{S_{\text{воспр.}}}{\sqrt{2^k + 2\alpha^2}}, \quad j = 1, 2, k \text{ при } k < 5 \\ S_{b_{uj}} &= \frac{S_{\text{воспр.}}}{\sqrt{2^k}}, \quad u, j = 1, 2, \dots, u-1, j, k, \text{ при } k < 5 \\ S_{b_{jj}} &= \frac{S_{\text{воспр.}}}{\sqrt{2^k (1 - \bar{x}_j^2)^2 + 2(\alpha^2 - \bar{x}_j^2)^2 + n_0 (\bar{x}_j^2)^2}}, \\ & j = 1, 2, \dots, k, \text{ при } k < 5 \end{aligned} \quad (3)$$

Табулированное значение критерия Стьюдента для уровня значимости $p=0,05$ и числа степеней свободы $f=3$ $t_p(f) = 3,18$.

Для проверки адекватности полученного уравнения определяли остаточную (адекватности) дисперсию и F-отношение:

$$S^2_{\text{ост}} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{N-l} \quad (4)$$

где y_i – экспериментальное значение; $\bar{y}_i$ – расчетное значение, найденное по уравнению; l – количество значимых факторов

$$F = \frac{S_{ост}^2}{S_{воспр}^2} \quad (5)$$

По таблице находили значение критерия Фишера: $F_{1-p} = (f_1, f_2)$. Уравнение адекватно, если полученное F-отношение меньше табличного $F < F_{1-p} (f_1, f_2)$ для выбранного уровня значимости, в нашем случае $p=0,05$ и чисел степеней свободы. Число степеней свободы для остаточной дисперсии $f_1 = N - l$, а число степеней $f_2 = n - l$.

Исследования показателей качества топленого жира проводили по ГОСТ Р 54676–2011 Жиры птицы пищевые. Технические условия; ГОСТ Р ИСО 27107–2010 Жиры и масла животные и растительные.

В экспериментах по изучению токсико-гигиенических свойств топленого жира использовали полученных из вивария ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина здоровых по внешнему виду животных. Животные имели ветеринарный сертификат и содержались на стандартном пищевом рационе. После содержания в карантине и последующей выбраковки животные были распределены по группам. Подопытные и контрольные животные содержались в одинаковых условиях.

Определение токсичности жира страуса осуществляли согласно «Руководству по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» под редакцией Р.У. Хабриева (2005), по ГОСТ 12.1.007–76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности», а также на основе требований, изложенных в ГОСТ 32296–2013 «Методы испытаний химической продукции на организм человека. Основные требования к проведению испытаний по оценке острой токсичности при внутрижелудочном поступлении методом фиксированной дозы», «Методическим рекомендациями, по токсико-экологической оценке, лекарственных средств, применяемых в ветеринарии», РАСХН (1998) и «Научно-методологическими аспектами исследования токсических свойств фармакологических лекарственных средств для животных» (Смирнов А.М., Дорожкин В.И., 2008). В качестве подопытных лабораторных животных использовали 60 беспородных белых мышей и 60 аутбредных крыс линии Wistar, объединенных в группы аналогов по показателям живой массы, а также 5 кроликов породы Белый великан.

При изучении острой токсичности жира страуса из лабораторных животных каждого вида формировали 6 групп по 10 животных в каждой, первые 5 групп – опытные, 6-я группа служила контролем. В качестве контроля использовали изотонический раствор хлорида натрия. Испытуемые образцы жира вводили в пяти различных дозировках для мышей и для крыс (таблица 7) per os с помощью зонда, имеющего на конце булавовидное утолщение (оливу), утром, натощак. Дозы исчисляли в мл на кг массы тела животных (мг действующего вещества на кг массы тела). Животные находились под наблюдением в течение 2 недель.

Определение раздражающих свойств топленого жира страуса проводили путем многократного нанесения его на неповрежденную кожу на выстриженном участке хребтовой части шкурки кролика в течение двух недель. Определение раздражающих свойств топленого жира страуса на слизистые оболочки выполняли путем однократного внесения в конъюнктивальный мешок глаза кролика 50 мг продукта. Кожно-резорбтивные свойства топленого жира оценивали по так называемому смертельному эффекту. Для оценки патологоанатомических изменений животные были подвергнуты вскрытию с оценкой поверхности тела, места введения, всех проходов, черепной, грудной, брюшной полостей и их содержимого.

Результаты и обсуждение

Электрохимическая активация водных растворов основана на переводе жидкостей в метастабильное состояние электрохимическим анодным или катодным воздействием и дальнейшем ее использовании для направленных физико-химических воздействий в технологических процессах [8]. К биологическим свойствам католита относят антиоксидантные, стимулирующие иммунитет организма, регенерацию тканей, рост и деление клеток [18, 20]. Для выбора оптимальных технологических условий и параметров вытапливания, обеспечивающих раздельное получение жировых фракции, характеризующихся различной температурой плавления, функциональными свойствами, а также высокими выходом и показателями качества проводили серию экспериментальных опытов, которые впоследствии обрабатывали статистически, составляя ортогональные планы второго порядка по выходу, кислотному и перекисному числам (таблица 4–6).

Таблица 4.

Ортогональный план второго порядка по показателю кислотного числа жира страуса

Table 4.

Orthogonal plan of the second order in terms of acid number of ostrich fat

Z_1 , min	Z_2	Z_3 , °C	Y_1 , мгКОН/г	$Y_{расч.}$, мгКОН/ г	$(Y_1 - Y_{расч.})^2$
60	10	95	0,48	0,55	0,0045
30	10	95	0,44	0,51	0,0045
30	8	95	1,21	1,21	0
30	8	55	0,37	0,37	0
60	8	95	1,68	1,68	0
60	8	55	0,99	0,99	0
60	10	55	0,77	0,69	0,00005
30	10	55	0,60	0,57	0,00073
65	9	75	0,89	0,85	0,00139
25	9	75	0,54	0,56	0,00029
45	10,5	75	0,52	0,53	0,00012
45	7,5	75	1,10	1,13	0,0009
45	9	100	1,06	1,09	0,0009
45	9	50	0,72	0,71	0,0001
45	9	95	0,79	0,79	0
45	9	95	0,78	0,79	0,001
45	9	95	0,83	0,79	0,001
45	9	95	0,80	0,79	0,0001

Для выявления зависимостей было рассчитано уравнение регрессии (6) на основе полученных данных, представленных в таблице 4.

$$Y = 0,792 + 0,147X_1 - 0,248X_2 + 0,158X_3 - 0,125X_1X_2 - 0,038X_1X_3 - 0,225X_2X_3 - 0,08X_1^2 + 0,027X_2^2 + 0,075X_3^2 \quad (6)$$

Расчет математической модели (уравнение (6)) указывает на то, что все коэффициенты значимы (формулы (3)), и уравнение адекватно описывает эксперимент при уровне вероятности $p=0,05$. Согласно полученным данным, равнонаправленное действие на показатель кислотного числа жира страуса оказывают продолжительность вытапливания и термическая обработка сырья. С увеличением значений указанных факторов вероятен рост окислительной порчи продукта, что подтверждают полученные значения: при времени обработки 60 мин и температуре 95 °С кислотное число жира страуса равно 1,68 мг КОН/г. То же можно отметить и при температуре вытапливания жира 100 °С указанный показатель составил 1,06 мг КОН/г. Обратная зависимость выявлена по водородному показателю водной фазы католита, обеспечивающий снижение кислотного числа жира, что особенно хорошо заметно в комплексном взаимодействии с такими факторами, как температура и продолжительность обработки сырья.

Сравнительный анализ подтверждает положительную динамику по показателю кислотного числа готового продукта при жири-извлечении с рН католита в диапазоне 10–10,5 независимо от температуры и продолжительности процесса (таблица 4). Значение кислотного числа жира страуса в указанном интервале водной фазы католита не превышало 0,77 мг КОН/г даже при температуре нагрева 55 °С. В процессе переработки жиры подвергаются двум основным превращениям – липолиз и окисление. Интенсивность протекания этих изменений зависит от множества факторов, включая вид и продолжительность технологической обработки. Триглицериды и диацилглицериды гидролизуются за счет трех липазных систем: липопротеиновой липазы, гормоночувствительной липазы и кислой липазы, расположенных в кровеносных сосудах, цитозоле и лизосомах, соответственно [21]. Несмотря на то, что инактивация ферментной системы может быть достигнута путем воздействия на сырье высокими температурами, преимущества вытапливания жира страуса в электрохимически активированной жидкости хорошо заметны при температуре жири-извлечения равной 50 °С (кислотное число 0,72 мг КОН/г).

Таблица 5.

Ортогональный план второго порядка по показателю перекисного числа жира страуса

Table 5.

Second-order orthogonal plan for ostrich fat peroxide

Z ₁ , min	Z ₂	Z ₃ , °C	Y ₂ , mmol of active oxygen/kg	Y _{calc} , mmol of active oxygen/kg	(Y ₂ - Y _{расч}) ²
60	10	95	1,78	1,80	0,0006
30	10	95	1,58	1,60	0,0004
30	8	95	1,95	1,90	0,002
30	8	55	1,66	1,64	0,0004
60	8	95	2,50	2,53	0,0009
60	8	55	1,96	1,86	0,01
60	10	55	1,62	1,54	0,0036
30	10	55	1,56	1,54	0,0004
65	9	75	1,78	1,79	0,0001
25	9	75	1,54	1,53	0,0001
45	10,5	75	1,81	1,81	0
45	7,5	75	2,12	2,19	0,005
45	9	100	2,01	2,01	0
45	9	50	1,69	1,69	0
45	9	95	1,85	1,85	0
45	9	95	1,85	1,85	0
45	9	95	1,89	1,85	0,0016
45	9	95	1,81	1,85	0,0016

В результате расчетного анализа экспериментально полученных данных перекисного числа жира страуса (таблица 5) было составлено уравнение зависимости исследуемых факторных признаков:

$$Y = 1,85 + 0,107X_1 - 0,155X_2 + 0,133X_3 - 0,1068X_1X_2 + 0,103X_1X_3 - 0,1031X_2X_3 - 0,1265X_1^2 + 0,103X_2^2 - 0,031X_3^2 \quad (7)$$

Статистическая проверка коэффициентов регрессии (формулы (3–6)) выявила, что только 9 из 10 значимы и уравнение (8), которое приведено ниже адекватно эксперименту при $p=0,05$ $S_{\text{воспр}}=0,0011$, $S_{\text{ост.}}=0,0039$; F -критерия Фишера 3,54 при $F=(f_1, f_2)=(6; 3)$ (формулы (2,7)).

$$Y = 1,85 + 0,107X_1 - 0,155X_2 + 0,133X_3 - 0,1068X_1X_2 + 0,103X_1X_3 - 0,1031X_2X_3 - 0,1265X_1^2 + 0,103X_2^2 \quad (8)$$

Согласно приведенному уравнению регрессии (8) на перекисное число равное влияние, направленное на увеличение изучаемого показателя, оказывают продолжительность и температура вытапливания жира в отличие от рН водной фазы электроактивированной жидкости. Кроме того, тройное перекрестное взаимодействие водородного показателя с температурой и временем обработки сырья

способствует снижению накопления перекисных соединений в жировом продукте (таблица 5). В ходе вытапливания жира при температуре 50–55 °С и pH католита не ниже 9 перекисное число установлено в интервале значений 1,56–1,81 ммоль активного кислорода/кг. С повышением температуры до 95 °С, продолжительности процесса 60 мин и pH католита 10 перекисное число жира составило всего 1,78 ммоль активного кислорода/кг, что подтверждает ингибирующее действие электрохимической среды не только на липолиз, но и окислительную деградацию липидов.

При разработке технологии наравне с качественным анализом топленого жира важное значение имеет производительность по выходу готового продукта, которая зависит от многих факторов: вида сырья, правильности проведения процесса, способа обработки и другие. Результаты по выходу жира страуса представлены в таблице 6.

Таблица 6.
Ортогональный план второго порядка
по показателю выхода жира страуса

Table 6.
Second-order orthogonal plan for ostrich fat output

Z ₁ , min	Z ₂	Z ₃ , °C	Y ₃ , %	Y _{расч.} , %	(Y ₃ -Y _{расч.}) ²
60	10	95	88,9	89,81	0,83
30	10	95	80,3	80,28	0,06
30	8	95	74,2	75,84	2,69
30	8	55	70,0	70,73	0,53
60	8	95	81,5	82,69	1,42
60	8	55	74,3	75,12	0,68
60	10	55	83,1	82,24	0,73
30	10	55	75,6	75,17	0,19
65	9	75	84,1	84,73	0,40
25	9	75	75,5	76,30	0,65
45	10,5	75	83,6	83,6	0
45	7,5	75	75,7	76,62	0,85
45	9	100	85,3	84,73	0,32
45	9	50	76,5	77,06	0,31
45	9	95	82,0	81,96	0,002
45	9	95	81,0	81,96	0,92
45	9	95	81,9	81,96	0,004
45	9	95	81,5	81,96	0,21

Согласно результатам по выходу жира, полученного при мокром вытапливании в электрохимически активированной жидкости (таблица 6) уравнение регрессии (9) имеет следующий вид:

$$Y = 81,96 + 3,481X_1 + 2,89X_2 + 3,17X_3 + 0,67X_1X_2 + 0,613X_1X_3 + 0,27X_2X_3 - 0,985X_1^2 - 1,26X_2^2 - 0,728X_3^2 \quad (9)$$

$$Y = 81,96 + 3,481X_1 + 2,89X_2 + 3,17X_3 + 0,67X_1X_2 + 0,613X_1X_3 - 0,985X_1^2 - 1,26X_2^2 - 0,728X_3^2 \quad (10)$$

Как видно из данных математической модели, все три выбранные факторы будут оказывать существенное влияние на показатель выхода жира (уравнение (10)). Причем, значимо влияют на производительность по выходу 9 коэффициентов уравнения (10): при $p=0,05$ $S_{\text{воспр.}}=0,207$, $S_{\text{ост.}}=1,53$; критерий Фишера $F=(f_1, f_2)=(6; 3)=7,39$ (формулы (2, 5)).

Перекрытое взаимодействие водородного показателя католита и температуры обработки сырья не будет способствовать увеличению указанного показателя, в отличие от других парных коэффициентов регрессии. Согласно полученным результатам (таблица 6), наибольший выход топленого жира отмечен при следующих технологических параметрах вытапливания: время и температура обработки соответственно 60 мин и 95 °С, pH католита 10.

Следует отметить, что применение электроактивированной жидкости позволило сократить в 2 раза время жириозвлечения без значительных потерь по выходу готового продукта (таблица 6): при продолжительности вытапливания 30 мин, температуре 95 °С и pH католита 10 – производительность по жиру составила 80,3 %. С повышением pH католита до 10,5 удалось снизить время и температуру вытапливания соответственно до 45 мин и 75 °С с сохранением высокого значения выхода жира, что подтверждает эффективность применения электролита, а также возможность моделировать условия и параметры вытапливания в зависимости от поставленной технической задачи. Однако, важно учитывать, что снижение водородного показателя электрохимически активированной среды приведет к обратному эффекту.

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что для получения жира с качественными и количественными показателями, соответствующими требованиям нормативно-технической документации и целевому назначению продукта, температура, pH и продолжительность вытапливания должны быть соответственно не ниже 55 °С, 10 и не менее 45 мин.

Для подтверждения безопасности полученного по предлагаемой технологии жира страуса были проанализированы его токсико-гигиенические характеристики (таблица 7). Результаты исследования острой токсичности образцов жира страуса на лабораторных животных представлены в таблице 7.

Таблица 7.

Параметры острой токсичности жира страуса

Table 7.

Parameters of acute toxicity of ostrich fat

Группа Group	Вид животных Type of animals	Количество животных Number of animals	Доза, мг/кг Dose, mg/kg	Пало/Выжило Dead/Survived
жир-сырец страуса raw ostrich fat				
1–5	мыши mouse	50	0,50–1,50	0/10–0/10
1–5	крысы rats	10	5,0–15,0	0/10–0/10
пищевой внутренний топленый жир страуса food domestic ostrich melted fat				
1–5	мыши mouse	10	0,50–1,50	0/10–0/10
1–5	крысы rats	10	5,0–15,0	0/10–0/10
Контроль Control				
контроль control	мыши mouse	10	1,50	0/10–0/10
контроль control	крысы rats	10	15,0	0/10–0/10

Как следует из представленных данных, внутрижелудочное введение как жира сырца, так и топленого жира страуса в указанных дозах, не вызвало видимых клинических признаков токсикоза в организме белых мышей и крыс. Общее состояние животных в течение двух недель на протяжении всего эксперимента сохранялось удовлетворительным. Опытные животные адекватно реагировали на внешние раздражители, их аппетит не был нарушен, они имели гладкий, блестящий шерстный покров, эластичную кожу, розовые слизистые оболочки. Гибели животных зафиксировано не было. Следовательно, величины LD_{50} для испытанных продуктов находятся выше 5 мг/кг. Таким образом, согласно полученным данным, топленый жир страуса можно отнести к IV классу мало опасных продуктов по ГОСТ 12.1.007–76.

Однократная аппликация топленого жира страуса на выстриженный участок кожи кролика площадью 5,6 см² в количестве 20 мг/см² открытым способом не вызвала каких-либо признаков раздражения кожи. Повторное воздействие в течение двух недель также не повлияло на состояние кожи у кроликов. Таким образом, топленый жир не оказывает раздражающий эффект на неповрежденную кожу лабораторных животных при однократном, либо повторном нанесении.

Внесение в конъюнктивальный мешок глаза кролика 50 мг топленого жира страуса вызвало легкую гиперемию слизистых оболочек, которая прошла в течение 5 мин, что позволило сделать вывод о неэффективности топленого жира как раздражающего агента. Исследование способности образцов топленого жира проникать через неповрежденные кожные покровы проводили на белых мышках (по 10 животных в группе),

хвосты которых на 2/3 длины погружали в топленый жир страуса на 2 ч в день. В течение 2 недель опыта в группе подопытных животных не было зарегистрировано гибели, изменения в поведении животных, а также других внешних признаков, свидетельствующих о проникновении топленого жира в организм через кожу в дозах, способных вызывать гибель животных.

Видимых патологоанатомических изменений при вскрытии животных всех групп не отмечалось. Макроскопическая характеристика органов соответствовала здоровому организму, массовые коэффициенты органов животных контрольных групп не отличались от значений коэффициентов органов контрольных групп.

Заключение

Проведенные многоплановые исследования подтверждают преимущества вытапливания жира в присутствии электроактивированной жидкости и безопасность полученного продукта по предлагаемой технологии, в основе которой лежит принцип комплексного воздействия физико-химических и механических способов на процесс жирирования. Возможность контролировать и регулировать температурный режим при сокращении продолжительности процесса для получения высоких выходов целевого продукта с заданной температурой плавления, а также обеспечивать одновременное снижение его кислотного и перекисного чисел, обуславливают эффективность предлагаемого технического решения по сравнению с существующими. Немаловажным является допустимость использования разработанных научно-методологических основ для получения не только жира страуса, но и других жиров животного происхождения.

Литература

- 1 Коршунов Б.П. Энергосберегающие электротехнологии в сельском хозяйстве: анализ и перспективы // Вестник ВИЭСХ. 2015. № 1 (18). С. 12–17.
- 2 Чугунова О.В., Заворохина Н.В. Перспективы создания пищевых продуктов с заданными свойствами, повышающих качество жизни населения // Journal of new economy. 2014. № 5 (55). С. 120–125.
- 3 Юдаев И.В., Кокурин Р.Г., Даус Ю.В. Изучение процесса электроимпульсного плазмоллиза растительного сырья // Известия НВ АУК. 2018. № 2 (50). С. 346–354.
- 4 Лобасенко Б.А., Котляров Р.В., Сазонова Е.К. и др. Совершенствование технологии переработки молочного сырья с использованием мембранных аппаратов нового типа // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 4. С. 587–593. doi: 10.21603/2074-9414-2019-4-587-593
- 5 Калинина И.В., Фаткуллин Р.И. Инновационное развитие предприятий пищевой отрасли: проблемы и перспективы // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2015. № 3. С. 17–22. doi: 10.14529/food150303
- 6 Красавцев Б.Е., Цатурян А.С., Симкин В.Б., Александров Б.Л., и др. Промышленная установка для электрохимической активации воды // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 110. С. 786–800.
- 7 Бахир В.М. Электрохимическая активация. Часть 2. М.: ВНИИИМТ, 1992. 657 с.
- 8 Томилов А.П. Электрохимическая активация – новое направление прикладной электрохимии // Жизнь и безопасность. 2002. № 3. С. 302–307.
- 9 Прилуцкий В.И., Бахир В.М. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия. М.: ВНИИИМТ, 1997. 228 с.
- 10 Осадченко И.М., Филатов А.С., Чамурлиев Н.Г. Разработка способа получения мясного фарша с использованием электроактивированных растворов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 109–114.
- 11 Пат. № 2090594, RU, C11B 1/10. Способ извлечения жира из жиросодержащего сырья / Маслова Г.В., Василевский П.Б. № 2008150051/13; Заявл. 22.08.95; Оpubл. 20.09.97.
- 12 Jiménez-Pichardo R., Regalado C., Castaño-Tostado E., Santos-Cruz J. et al. Evaluation of electrolyzed water as cleaning and disinfection agent on stainless steel as a model surface in the dairy industry // Food Control. 2016. V. 60. P. 320–328. doi: 10.1016/j.foodcont.2015.08.011
- 13 Thorn R.M.S., Lee S.W.H., Robinson G.M., Greenman J. et al. Electrochemically activated solutions: evidence for antimicrobial efficacy and applications in healthcare environments // European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases. 2012. V. 31 (5). P. 641–653. doi: http://dx.doi.org/10.1007/s10096-011-1369-9
- 14 Aider M., Kastyuchik A., Gnatko E., Benali M. et al. Electro-activated aqueous solutions: theory and application in the food industry and biotechnology // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2012. V. 15. P. 38–49. doi: 10.1016/j.ifset.2012.02.002
- 15 Kitanovski V.D., Vlahova-Vangelova D.B., Dragoev S.G., Nikolov H.N. et al. Effect of electrochemically activated anolyte on the shelf-life of cold stored rainbow trout // Food Science and Applied Biotechnology. 2018. V. 1 (1). P. 1–10. doi: 10.30721/fsab.2018.v1.i1
- 16 Pasko O.A. Metabolism in amaranthus l. seeds after their treatment // Agricultural Biology. 2013. V. 3. P. 84–91. doi: 10.15389/агробиология.2013.3.84eng
- 17 Пат. № 2382072, RU, C11B 1/12, 1/00. Способ получения топленого жира страуса / Патентообладатель: ООО «Сельскохозяйственное предприятие «Приреченский». № 2008150051/13; Заявл. 18.12.2008; Оpubл. 20.02.2010, Бюл. № 5.
- 18 Пат. № 2563935, RU, C11B 1/00. Способ получения масла из виноградной косточки / Тарасов С.В., Мартовщук В.И., Мгебришвили Т.В., Тарасов В.Е. № 2013114296/13; Заявл. 29.03.2013; Оpubл. 27.09.2015, Бюл. № 28.
- 19 Пат. № 2525269, RU, C11B 3/00. Способ рафинации растительного масла / Красавцев Б.Е., Цатурян А.С., Симкин В.Б., Александров Б.Л., Александрова Э.А. № 2012121736/13; Заявл. 25.05.2012; Оpubл. 10.08.2014, Бюл. № 22.
- 20 Горбачева М.В., Тарасов В.Е., Сапожникова А.И. Оптимизация условий и параметров получения электроактивированной жидкости для вытапливания жира страуса // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 8 (32). С. 88–96.
- 21 Пасько О.А., Гомбоев Д.Д. Активированная вода и возможности ее применения в сельском хозяйстве. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. 378 с.
- 22 Лисицын А.Б., Туниева Е.К., Горбунова Н.А. Окисление липидов: механизм, динамика, ингибирование // Журнал Все о мясе. 2015. № 1. С. 10–14.

References

- 1 Korshunov B.P. Energy-saving electrical technologies in agriculture: analysis and prospects. Bulletin VIESH. 2015. no. 1 (18). pp. 12–17. (in Russian).
- 2 Chugunova O.V., Zavorokhina N.V. Prospects for creating food products with desired properties that increase the quality of life of the population. Journal of new economy. 2014. no. 5 (55). pp. 120–125. (in Russian).
- 3 Yudaev I.V., Kokurin R.G., Daus Yu.V. Studying the process of electropulse plasmolysis of plant materials. Bulletin of AUK. 2018. no. 2 (50). pp. 346–354. (in Russian).
- 4 Lobasenko B.A., Kotlyarov R.V., Sazonova E.K. et al. Improving the technology for processing milk raw materials using a new type of membrane apparatus. Food processing: techniques and technology. 2019. vol. 49. no. 4. pp. 587–593. doi: 10.21603/2074-9414-2019-4-587-593 (in Russian).
- 5 Kalinina I.V., Fatkullin R.I. Innovative development of food industry enterprises: problems and prospects. Bulletin of SUSU. Series: Food and Biotechnology. 2015. no. 3. pp. 17–22. doi: 10.14529/food150303 (in Russian).
- 6 Krasavtsev B.E., Tsaturyan A.S., Simkin V.B., Aleksandrov B.L. et al. Industrial installation for electrochemical activation of water. Scientific journal KubGAU. 2015. no. 110. pp. 786–800. (in Russian).
- 7 Bakhrir V.M. Electrochemical activation. Part 2. Moscow, VNIIMT, 1992. 657p. (in Russian).
- 8 Tomilov A.P. Electrochemical activation – a new direction in applied electrochemistry. Life and Security. no. 3. 2002. pp. 302–307. (in Russian).

- 9 Prilutsky V.I., Bakhr V.M. Electrochemically activated water: abnormal properties, biological mechanism of action. Moscow, VNIIMT, 1997. 228 p. (in Russian).
- 10 Osadchenko I.M., Filatov A.S., Chamurliov N.G. Development of a method for producing minced meat using electroactivated solutions. Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2017. no. 1 (45). pp. 109–114. (in Russian).
- 11 Maslova G.V., Vasilevsky P.B. Method of isolating fat from fat-containing raw material. Patent RF, no. 2090594, 2015.
- 12 Jiménez-Pichardo R., Regalado C., Castaño-Tostado E., Santos-Cruz J. et al. Evaluation of electrolyzed water as cleaning and disinfection agent on stainless steel as a model surface in the dairy industry. Food Control. 2016. vol. 60. pp. 320–328. doi: 10.1016/j.foodcont.2015.08.011
- 13 Thorn R.M.S., Lee S.W.H., Robinson G.M., Greenman J. et al. Electrochemically activated solutions: evidence for antimicrobial efficacy and applications in healthcare environments. European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases. 2012. vol. 31 (5). pp. 641–653. doi: http://dx.doi.org/10.1007/s10096-011-1369-9
- 14 Aider M., Kastyuchik A., Gnatko E., Benali M. et al. Electro-activated aqueous solutions: theory and application in the food industry and biotechnology. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2012. vol. 15. pp. 38–49. doi: 10.1016/j.ifset.2012.02.002
- 15 Kitanovski V.D., Vlahova-Vangelova D.B., Dragoev S.G., Nikolov H.N. et al. Effect of electrochemically activated anolyte on the shelf-life of cold stored rainbow trout. Food Science and Applied Biotechnology. 2018. vol. 1 (1). pp. 1–10. doi: 10.30721/fsab.2018.v1.i1
- 16 Pasko O.A. Metabolism in amaranthus l. seeds after their treatment. Agricultural Biology. 2013. vol. 3. pp. 84–91. doi: 10.15389/агробиология.2013.3.84eng
- 17 Method of obtaining ostrich melted fat. Patent RF, no. 2382072, 2010.
- 18 Tarasov S.V., Martshchuk V.I., Mgebrishvili T.V., Tarasov V.E. Grape stone oil production method. Patent RF, no. 2563935, 2015.
- 19 Krasavtsev B.E., Tsaturyan A.S., Simkin V.B., Aleksandrov B.L., Alexandrova E.A. Vegetable oil refining method (versions). Patent RF, no. 2525269, 2014.
- 20 Gorbacheva M.V., Tarasov V.E., Sapozhnikova A.I. Optimization of Conditions and Parameters for Obtaining Electroactivated Liquid for Ostrich Fat Rendering. Achievements of science and technology of agribusiness. 2018. no. 8 (32). pp. 88–96. (in Russian).
- 21 Pasko O.A., Gomboev D.D. Activated water and the possibilities of its use in agriculture. Tomsk, TPU Pub., 2011. 378 p. (in Russian).
- 22 Lisitsyn A.B., Tunieva E.K., Gorbunova N.A. Lipid oxidation: mechanism, dynamics, inhibition. Journal of All About Meat. 2015. no. 1. pp. 10–14. (in Russian).

Сведения об авторах

Мария В. Горбачева к.т.н., доцент, кафедра товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, г. Москва, 109472, Россия, gmv76@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3654-4440>

Василий Е. Тарасов д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, д. 2, г. Краснодар, 350072, Россия, tarasov@kubstu.ru

Алла И. Сапожникова д.т.н., профессор, кафедра товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, г. Москва, 109472, Россия, fibrilla@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5040-6998>

Светлана А. Калманович д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, д. 2, г. Краснодар, 350072, Россия, kalmanovich@kubstu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7440-3422>

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 V. Gorbacheva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, commodity science, technology of raw materials and products of animal and plant origin department, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Academica Scrybina St., 23, Moscow, 109472, Russia, gmv76@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3654-4440>

Vasily E. Tarasov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, cosmetics, commodity science, processes and apparatus department, Kuban State Technological University, Moskovskaya St., 2, Krasnodar, 350072, Russia, tarasov@kubstu.ru

Alla I. Sapozhnikova Dr. Sci. (Engin.), professor, commodity science, technology of raw materials and products of animal and plant origin department, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Academica Scrybina St., 23, Moscow, 109472, Russia, fibrilla@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5040-6998>

Svetlana A. Kalmanovich Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, cosmetics, commodity science, processes and apparatus department, Kuban State Technological University, Moskovskaya St., 2, Krasnodar, 350072, Russia, kalmanovich@kubstu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7440-3422>

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 04/02/2020	После редакции 13/02/2020	Принята в печать 24/02/2020
Received 04/02/2020	Accepted in revised 13/02/2020	Accepted 24/02/2020

Определение антибактериальной активности флавоноидов из каллуса *Scutellaria galericulata* L. для разработки функционального творожного продукта

Ольга В. Белашова	¹	o-belashova@mail.ru	 0000-0002-4706-1850
Александра В. Заушинцева	²	alexaz58@yandex.ru	 0000-0003-4645-828X
Людмила А. Леванова	¹	micro@kemsma.ru	 0000-0002-5977-9149
Юлия В. Захарова	¹	yvz@bk.ru	 0000-0002-3475-9125
Андрей А. Марьин	¹	mfandr@mail.ru	 0000-0001-6685-6555
Людмила К. Асякина	²	alk_kem@mail.ru	 0000-0003-4988-8197

¹ Кемеровский государственный медицинский университет, ул. Ворошилова, 22а, г. Кемерово, 650056, Россия

² Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия

Аннотация. В работе изучено противомикробное действие экстрактов из каллуса шлемника обыкновенного с перспективой использования в рецептуре функционального творожного продукта для лечебно-профилактического действия. Известно, что у растений рода шлемник содержатся фенольные соединения, обуславливающие антимикробное действие, наиболее распространенные среди них флавоноиды – байкалин, скутеллареин, гидролизующиеся на глюкуроновую кислоту и агликаны – байкалеин и скутеллареин, вогонин и др. Изучение антимикробной активности проводили в соответствии с требованиями Государственной Фармакопеи XI издания. Антимикробную активность определяли по отношению к 15 тест-культурам методом диффузии в агар. Метод основан на оценке угнетения роста тест-культур микроорганизмов определенными концентрациями испытуемого объекта. В качестве тест-культур использовали палочковидные бактерии (*Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia marcescens*, *Escherichia coli*, *Morganella morganii*, *Hafnia alvei*, *Bacillus cereus*), кокковую микрофлору (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecium*), разные штаммы грибов рода *Candida* (*Candida non-albicans* № 136, 138, 142, 144). Результат оценивали по следующим критериям: «-» – рост тест культуры (антибактериальное действие отсутствует); «+» – отсутствие роста (антибактериальный эффект выражен); «±» – угнетение роста (бактериостатическое действие).

Ключевые слова: *Scutellaria galericulata* L., антибактериальная активность, творожный продукт, функциональный продукт, флавоноиды

Determination of the antibacterial activity of flavonoids from callus *Scutellaria galericulata* L. for the development of a functional curd product

Olga V. Belashova	¹	o-belashova@mail.ru	 0000-0002-4706-1850
Alexandra V. Zaushintsena	²	alexaz58@yandex.ru	 0000-0003-4645-828X
Lydmila A. Levanova	¹	micro@kemsma.ru	 0000-0002-5977-9149
Yulia V. Zakharova	¹	yvz@bk.ru	 0000-0002-3475-9125
Andrey A. Mar'in	¹	mfandr@mail.ru	 0000-0001-6685-6555
Lydmila K. Asyakina	²	alk_kem@mail.ru	 0000-0003-4988-8197

¹ Kemerovo State Medical University, 22A Voroshilova str., Kemerovo, 650056, Russia

² Kemerovo State University, 6 Krasnaya str., Kemerovo, 650000, Russia

Abstract. The antimicrobial effect of extracts from callus of the common skullcap with the prospect of using in the recipe of a functional curd product for therapeutic and preventive action is studied. It is known that plants of the genus skullcap contain phenolic compounds that cause antimicrobial action, the most common among them are flavonoids-baykalin, scutellarein, hydrolyzed to glucuronic acid and aglycones-baykalein and scutellarein, vagonin, etc. The Study of antimicrobial activity was carried out in accordance with the requirements of The state Pharmacopoeia XI edition. Antimicrobial activity was determined in relation to 15 test cultures by diffusion in agar. The method is based on the assessment of inhibition of growth of test cultures of microorganisms by certain concentrations of the test object. Rod-shaped bacteria (*Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia marcescens*, *Escherichia coli*, *Morganella morganii*, *Hafnia alvei*, *Bacillus cereus*), coccus microflora (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecium*), different strains of fungi of the genus *Candida* (*Candida non-albicans* № 136, 138, 142, 144). The result was evaluated according to the following criteria: “-” – growth of the test culture (there is no antibacterial effect); “+” – no growth (the antibacterial effect is pronounced); “±” – inhibition of growth (bacteriostatic action).

Keywords: *Scutellaria galericulata* L., antibacterial activity, curd product, functional product, flavonoids

Для цитирования

Белашова О.В., Заушинцева А.В., Леванова Л.А., Захарова Ю.В., Марьин А.А., Асякина Л.К. Определение антибактериальной активности флавоноидов из каллуса *Scutellaria galericulata* L. для разработки функционального творожного продукта // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 178–182. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-178-182

For citation

Belashova O.V., Zaushintsena A.V., Levanova L.A., Zakharova Yu.V., Mar'in A.A., Asyakina L.K. Determination of the antibacterial activity of flavonoids from callus *Scutellaria galericulata* L. for the development of a functional curd product. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 178–182. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-178-182

Введение

В современной медицине наряду с антибиотиками особое место принадлежит фармацевтическим препаратам, на основе лекарственного растительного сырья с биологически активными соединениями фенольной природы, обуславливающие антимикробное действие этих фитопрепаратов [7].

Поиск новых, эффективных лечебно-профилактических пищевых добавок растительного происхождения – является одним из актуальных направлений современной биотехнологии. Усвояемость структурных компонентов молока и молочных продуктов в организме человека составляет около 95–98%. Включение молочных продуктов в любой рацион повышает его питательность и способствует лучшему усвоению других питательных веществ из пищи [6].

Творог – традиционный белковый кисломолочный продукт, содержит незаменимые аминокислоты, а также такие микроэлементы, как кальций, фосфор, магний и др. Это обуславливает его высокую пищевую ценность в рамках здорового питания населения. Использование творога как основы для создания функциональных продуктов лечебно-профилактической направленности с использованием биологически активных веществ растительного происхождения, позволит максимально расширить ассортимент выпускаемой продукции функционального назначения.

Целью настоящей работы явилось изучение противомикробного действия экстракта из каллуса шлемника обыкновенного с перспективой использования в рецептуре функционального творожного продукта для лечебно-профилактического действия.

Предпосылкой исследования антибактериальной активности извлечений из данного растения явились сведения о химическом составе и использовании в официальной медицине родственного вида – шлемника байкальского [5]. Шлемник байкальский официально введен в научную медицину, но имеет ограниченный ресурсный потенциал. Его промышленная заготовка осуществляется только в Читинской области, в Кемеровской области он не произрастает. Настойка корней *Scutellaria baicalensis* Georgi применяется в качестве гипотензивного и седативного средства [2]. Шлемник обыкновенный (*Scutellaria galericulata* L.) широко распространен на всей территории РФ, в том числе в Кемеровской области, что делает его перспективным в ресурсоведческом отношении. Основными биологически активными веществами двух видов шлемника является комплекс полифенольных

соединений (флавоноидов, фенолкарбоновых кислот и дубильных веществ). Трава *S. galericulata* применяется в качестве седативного средства и включена в Британскую Травяную Фармакопею (2001) [3].

Наиболее перспективным направлением исследований является биохимическое сравнительное изучение содержания биологически активных веществ у родственных видов шлемника.

Согласно литературным данным у растений рода шлемник содержатся флавоноиды – байкалин, скутеллареин, вогонин и др.; дубильные вещества, эфирное масло, смолы [4].

Материалы и методы

Были получены извлечения из биомассы каллусных клеток *Scutellaria galericulata* L. путем экстракции спиртом этиловым 40% с использованием метода однократной мацерации.

Гликозид байкалин (образец извлечения 17) – одно из наиболее перспективных фитохимических соединений, комплексно улучшающих работу организма. Это вещество при регулярном приеме повышает умственную и физическую работоспособность, позволяет легче преодолевать стресс, обладает антиоксидантным, мембраностабилизирующим, нефропротекторным, гепатопротекторным и противосудорожным действием, оказывает седативный и миорелаксантный эффекты, способствует расширению сосудов, уменьшению окислительного стресса, апоптоза и воспаления, нормализации функции почек, может препятствовать развитию возрастных нейродегенеративных заболеваний [8]. Есть публикации о том, что получаемый из шлемника байкальского байкалин обладает гепатопротекторным, радиопротекторным и геропротекторными свойствами [10].

Урсоловая кислота (сапонин образец 18) – пентациклическое тритерпеновое соединение, обнаруженное в многочисленных растениях, например, в листьях и плодах брусники, черники, клюквы, облепихи, толокнянки, боярышника, рододендронов и многих других, издавна используемых народной медициной растений. Установлено, что собственно урсоловая кислота, её смеси с сопутствующей олеаноловой и помоловой кислотами и их конъюгаты с природными сахарами проявляют антимикробную, противовоспалительную, геронтопротекторную (гипохолестеринемическую, кардиостимулирующую и противоатеросклеротическую), а также другие виды биоактивности, благотворно влияющие на здоровье человека [1].

Вогонин (образец извлечения 19) – обладает селективным цитотоксическим действием: способен индуцировать апоптоз онкогенных клеток, не затрагивая при этом обычные клетки; стимулирует регенерацию тканей после повреждений мозга; проявляет антифунгальную активность. Вогонизиды оказывают противовоспалительное действие [8, 9].

Изучение антимикробной активности проводили в соответствии с требованиями ГФ XI [2]. Антимикробную активность определяли по отношению к 15 тест-культурам методом диффузии в агар. Метод основан на оценке угнетения роста тест-культур микроорганизмов определенными концентрациями испытуемого объекта. В качестве тест-культур использовали палочковидные бактерии (*Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia marcescens*, *Escherichia coli*, *Morganella morganii*, *Hafnia alvei*, *Bacillus cereus*), кокковую микрофлору (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecium*), разные штаммы грибов рода *Candida* (*Candida non-albicans* № 136, 138, 142, 144).

Тестируемые культуры предварительно выращивали на скошенном мясо-пептонном агаре (МПА) (ФБУН ГНЦ ПМБ, Оболенск) в течение 24 ч при температуре 37 °С. Далее готовили суспензию микроорганизмов в стерильном изотоническом растворе NaCl и стандартизировали по стандарту мутности 0,5 ед. по МакФарланду, что соответствовало концентрации $1,5 \times 10^8$ КОЕ/мл. Инокулом использовали в течение 15 мин после приготовления, его наносили пипеткой на поверхность чашки Петри со средой Мюллера-Хинтона (ФБУН ГНЦ ПМБ, Оболенск) в объеме 1–2 мл, равномерно распределяли

по поверхности стерильным шпателем. Приоткрытые чашки подсушивали при комнатной температуре в течение 10–15 мин. Затем наносили с помощью стерильной пипетки экстракты биологически активных веществ из каллусов шлемника обыкновенного. Все микроорганизмы инкубировали при температуре 37 °С в течение 24 ч. Результат оценивали по следующим критериям: «–» – рост тест культуры (антибактериальное действие отсутствует); «+» – отсутствие роста (антибактериальный эффект выражен); «±» – угнетение роста (бактериостатическое действие).

Результаты

Изучение антибактериального действия выявило преимущественную активность 40% спиртовых извлечений каллусов шлемника обыкновенного образцов 17 (байкалина) и 19 (вогонина). Установлено выраженное антибактериальное действие спиртовых извлечений образцов 17 (байкалина) и 19 (вогонина) по отношению к грамположительным и грамотрицательным микроорганизмам, а также к грибам рода *Candida spp.*

Результаты исследований представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1.
Антимикробная активность образцов флавоноидов из *Scutellaria galericulata* L.
на палочковидную микрофлору

Table 1.
Antimicrobial activity of flavonoid samples from *Scutellaria galericulata* L. on rod – shaped microflora

Лабораторный шифр вещества Laboratory code of the substance	Антимикробная активность образцов к тест-культурам Antimicrobial activity of samples for test cultures			
	<i>Acinetobacter baumannii</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Serratia marcescens</i>
17	-	+	+	+
18	-	±	-	-
19	+	+	+	+
	<i>Escherichia coli lac⁺</i>	<i>Morganella morganii</i>	<i>Hafnia alvei</i>	<i>Bacillus cereus</i>
17	±	+	+	±
18	-	±	+	-
19	±	+	+	±

Таблица 2.
Антимикробная активность образцов флавоноидов из *Scutellaria galericulata* L.
на кокковую микрофлору

Table 2.
Antimicrobial activity of flavonoid samples from *Scutellaria galericulata* L. on coccus microflora

Лабораторный шифр вещества Laboratory code of the substance	Антимикробная активность образцов к тест-культурам Antimicrobial activity of samples for test cultures		
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecium</i>
17	-	+	+
18	-	-	-
19	+	+	+

Антимикробная активность образцов флавоноидов из *Scutellaria galericulata* L. на грибы рода *Candida* spp.

Table 3.

Antimicrobial activity of flavonoid samples from *Scutellaria galericulata* L. on fungi of the genus *Candida* spp.

Лабораторный шифр вещества Laboratory code of the substance	Антимикробная активность образцов к тест-культурам Antimicrobial activity of samples for test cultures			
	<i>Candida non-albicans</i> № 136	<i>Candida non-albicans</i> № 138	<i>Candida non-albicans</i> № 142	<i>Candida non-albicans</i> № 144
17	+	+	+	+
18	-	-	-	-
19	+	+	+	+

Примечания: «-» – рост тест культуры (антигрибковое действие отсутствует); «+» – отсутствие роста (антигрибковый эффект выражен); «±» – угнетение роста (фунгистатическое действие)

Notes: “-” – test culture growth (no antifungal effect); “+” – lack of growth (antifungal effect is pronounced); “±” – inhibition of growth (fungistatic action)

Обсуждение

Изучаемые образцы извлечений байкалина (образец 17) и вогонина (образец 19) проявляли бактериостатическое действие, а извлечение сапонина урсоловой кислоты (образец 18) не влиял на рост *Escherichia coli* – представителя нормальной микрофлоры кишечника, тем самым способствуя сохранению зубиоза кишечника человека.

Таким образом, выявленное антимикробное действие спиртовых извлечений образцов 17 (байкалина) и 19 (вогонина) из каллуса шлемника обыкновенного позволяет рекомендовать их для дальнейшего детального изучения с целью создания перспективных антимикробных средств на их основе и изучения других видов биологической активности – противовоспалительной, ранозаживляющей и др.

Предлагается в дальнейшем использовать культивирование в условиях *in vitro* корней шлемника обыкновенного и особенно быстро растущей каллусной ткани *Scutellaria galericulata* L.

с выраженным содержанием флавононов для биотехнологического производства нового функционального творожного продукта с использованием концентратов байкалина и вогонина из каллуса шлемника обыкновенного для лечебно-профилактических целей.

Заключение

Полученные данные антимикробной активности позволяют нам оптимизировать процесс получения нового функционального творожного продукта с использованием биологически активных веществ шлемника обыкновенного. Показаниями к его профилактическому использованию может служить ослабленный иммунитет.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Соглашения № 075-02-2018-223 от 26.11.2018 «Получение биологически активных веществ лекарственных растений эндемиков Сибири с использованием культур клеток и органов высших растений» (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57718x0285).

Литература

- 1 Гребенникова О.А., Палий А.Е., Логвиненко Л.А. Биологически активные вещества *Scutellaria baicalensis* Georgi коллекции Никитинского ботанического сада // Бюллетень ГНБС. 2015. № 117. С. 60–65.
- 2 Государственная фармакопея СССР: Общие методы анализа. Лекарственное сырье. Выпуск 2; 11-изд. доп. М.: Медицина, 1990. 210 с.
- 3 Дудецкая Н.А., Теслов Л. С, Сипкина Н.Ю. Состав и содержание фенольных соединений в надземной части *Scutellaria galericulata* (Lamiaceae) // Раст. ресурсы. 2011. Т. 59. № 4. С. 96–106.
- 4 Маликов В.М., Юлдашев М.П. Фенольные соединения растений рода *Scutellaria* L. Распространение, строение и свойства // Химия природных соединений. 2002. Т. 2. С. 299–324.
- 5 Терещенко Ю.В. Трактровка основных показателей variability ритма сердца // Новые медицинские технологии на службе первичного звена здравоохранения: материалы межрегиональной конференции. Омск, 2010. С. 3–11.
- 6 Оленников Д.И. Чирикова Н.К., Танхаева Л.М. Химический состав шлемника байкальского (*Scutellaria baicalensis* Georgi) // Химия растит. сырья. 2010. № 2. С. 77–84.
- 7 Быков В.А. Растительное биоразнообразие и здоровье человека // Вестник Российской академии наук. 2016. Т. 86. № 6. С. 553–553.
- 8 Prosekov A.Y., Dyshlyuk L.S., Milent'eva I.S., Paysky V.A. et al. Study of the biofunctional properties of cedar pine oil with the use of *in vitro* test – ing cultures // Foods and raw materials. 2018. V. 6. № 1. P. 136–143. doi: 10.21603/2308-4057-2018-1-136-143.
- 9 Decent H.M. Bioactive Polyphenolics from Fruit and Plants // Fruit Processing. 2000. № 8. P. 312–316.
- 10 Dong L.L., Fu Y.J., Zu Y.G., Luo M. et al. Application of cavitation system to accelerate the endogenous enzymatic hydrolysis of baicalin and wogonoside in *Radix scutellariae* // Food Chem. 2012. V. 131. P. 1422–1429.
- 11 Himeji M., Ohtsuki T., Fukazawa H., Tanaka M. et al. Difference of growth-inhibitory effect of *Scutellaria baicalensis* producing flavonoid wogonin among human cancer cells and normal diploid cell // Cancer Lett. 2007. V. 245. P. 269–274.
- 12 Zhong H.C., Wang H., Shi K., Li J.M. et al. Hepatoprotective Effect of Baicalein Against Acetaminophen-Induced Acute Liver Injury in Mice // Molecules. 2019. V. 24. № 1. P. 131.

References

- 1 Grebennikova O.A., Paliy A.E., Logvinenko L.A. Biologically active substances of *Scutellaria baicalensis* Georgi collection of Nikitinsky Botanical garden. Bulletin of GNBS. 2015. vol. 117. pp. 60–65. (in Russian).
- 2 State Pharmacopoeia of the USSR: General methods of analysis. Medicinal raw material. Issue 2; 11-ed. add. Moscow, Meditsina, 1990. 210 p. (in Russian).
- 3 Dudetskaya N.A., Teslov L.S., Sivkina N. Yu. Composition and content of phenolic compounds in the aboveground part of *Scutellaria galericulata* (Lamiaceae). Plant resources. 2011. vol. 59. no. 4. pp. 96–106. (in Russian).
- 4 Malikov V.M., Yuldashev M.P. Phenolic compounds of plants of the genus *Scutellaria* L. Distribution, structure and properties. Chemistry of natural compounds. 2002. vol. 2. pp. 299–324. (in Russian).
- 5 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, 2010. pp. 3–11. (in Russian).
- 6 Oleinikov D.I., Chirikova N.K., Tankhayeva L.M. Chemical composition of the Baikal skullcap (*Scutellaria baicalensis* Georgi). Chemistry of plants raw's. 2010. no. 2. pp. 77–84. (in Russian).
- 7 Bykov V.A. Plant biodiversity and human health. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2016. vol. 86. no. 6. pp. 553–556. (in Russian).
- 8 Prosekov A.Y., Dyshlyuk L.S., Milent'eva I.S., Paysky V.A. et al. Study of the biofunctional properties of cedar pine oil with the use of in vitro test – ing cultures. Foods and raw materials. 2018. vol. 6. no. 1. pp. 136–143. doi: 10.21603/2308–4057–2018–1–136–143.
- 9 Decent H.M. Bioactive Polyphenolics from Fruit and Plants. Fruit Processing. 2000. no. 8. pp. 312–316.
- 10 Dong L.L., Fu Y.J., Zu Y.G., Luo M. et al. Application of cavitation system to accelerate the endogenous enzymatic hydrolysis of baicalin and wogonoside in *Radix scutellariae*. Food Chem. 2012. vol. 131. pp. 1422–1429.
- 11 Himeji M., Ohtsuki T., Fukazawa H., Tanaka M. et al. Difference of growth-inhibitory effect of *Scutellaria baicalensis* producing flavonoid wogonin among human cancer cells and normal diploid cell. Cancer Lett. 2007. vol. 245. pp. 269–274.
- 12 Zhou H.C., Wang H., Shi K., Li J.M. et al. Hepatoprotective Effect of Baicalein Against Acetaminophen-Induced Acute Liver Injury in Mice. Molecules. 2019. vol. 24. no. 1. pp. 131.

Сведения об авторах

Ольга В. Белашова ст. преподаватель, кафедра фармации, Кемеровский государственный медицинский университет, ул. Ворошилова, 22а, г. Кемерово, 650056, Россия, o-belashova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4706-1850>

Александра В. Заушинцева д.б.н., профессор, кафедра природопользования и экологии, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, alexaz58@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4645-828X>

Людмила А. Леванова д.м.н., профессор, кафедра микробиологии, иммунологии и вирусологии, Кемеровский государственный медицинский университет, ул. Ворошилова, 22а, г. Кемерово, 650056, Россия, micro@kemsma.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5977-9149>

Юлия В. Захарова к.м.н., доцент, кафедра микробиологии, иммунологии и вирусологии, Кемеровский государственный медицинский университет, ул. Ворошилова, 22а, г. Кемерово, 650056, Россия, yvz@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3475-9125>

Андрей А. Мар'ин к.фарм.н., доцент, кафедра фармации, Кемеровский государственный медицинский университет, ул. Ворошилова, 22а, г. Кемерово, 650056, Россия, mfandr@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6685-6555>

Людмила К. Асякина к.т.н., доцент, кафедра бионанотехнологии, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, alk_kem@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4988-8197>

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. Belashova senior lecturer, pharmacy department, Kemerovo State Medical University, Voroshilov street., 22a Kemerovo, 650056, Russia, o-belashova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4706-1850>

Alexandra V. Zaushintseva Dr. Sci. (Biol.), professor, environmental management and ecology department, Kemerovo State University, Red street., 6 Kemerovo, 650000, Russia, alexaz58@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4645-828X>

Lydmila A. Levanova Dr. Sci. (Med.), professor, microbiology, immunology and virology department, Kemerovo State Medical University, Voroshilov street., 22a Kemerovo, 650056, Russia, micro@kemsma.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5977-9149>

Yulia V. Zakharova Cand. Sci. (Med.), associate professor, microbiology, immunology and virology department, Kemerovo State Medical University, Voroshilov street., 22a Kemerovo, 650056, Russia, yvz@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3475-9125>

Andrey A. Mar'in Cand. Sci. (Pharm.), associate professor, pharmacy department, Kemerovo State Medical University, Voroshilov street., 22a Kemerovo, 650056, Russia, mfandr@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6685-6555>

Lydmila K. Asyakina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, bionanotechnology department, Kemerovo State University, Red street., 6 Kemerovo, 650000, Russia, alk_kem@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4988-8197>

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 30/01/2020	После редакции 10/02/2020	Принята в печать 18/02/2020
Received 30/01/2020	Accepted in revised 10/02/2020	Accepted 18/02/2020

Содержание сахаров, кислотность и АОА в обезвоженных ягодах черной смородины

Дмитрий И. Барбашин¹ 6781248@gmail.com  0000-0003-3976-5767

¹ Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия

Аннотация. Основной причиной порчи ягодного сырья являются высокое содержание в нем воды. И для того, чтобы увеличить срок хранения такого сырья и продукции на его основе применяют различные методы обезвоживания. Осмотическое обезвоживание, рассматриваемое в данной статье, является одним из лучших и подходящих методов для увеличения срока хранения ягодной продукции, а также увеличения биологической ценности продукта. Этот способ является предпочтительным относительно других методов обезвоживания из-за того, что при его применении в сырье сохраняется большее количество витаминов и минералов, а также лучше сохраняется цвет, аромат и вкус ягод. Осмотическое обезвоживание – это технологический процесс, обусловленный наличием полупроницаемых мембран, при котором происходит выравнивание концентрации. Осмос имеет место во время погружения плодов в концентрированные растворы осмотически действующих веществ. В такой системе протекают два противоположных процесса: из продукта в раствор диффундирует вода, а из раствора в продукт – растворенное вещество. В данной статье рассматриваются особенности процесса осмотического обезвоживания ягод черной смородины. Черная смородина является перспективным сырьем для перерабатывающих предприятий. Ягода содержит большое количество аскорбиновой кислоты, антоцианов и обладает высокой антиоксидантной активностью. Проведены методы исследования образцов высушенных ягод черной смородины (методом конвекции), с предварительным осмотическим обезвоживанием различными осмотическими агентами (сахароза, цветочный мед), следующими методами: титриметрически определяли аскорбиновую кислоту и антиоксидантную активность, с помощью реактива Фолина-Чиокалтеу полифенолы, спектрофотометрически – антоцианы.

Ключевые слова: ягода, смородина, активность, реактив, полифенолы, осмотическое обезвоживание

Sugar content, acidity and antioxidant activity in dehydrated blackcurrant

Dmitrii I. Barbashin¹ 6781248@gmail.com  0000-0003-3976-5767

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

Abstract. The main reason for spoilage of berry raw materials is the high water content in it. And in order to increase the shelf life of such raw materials and products based on it, various dehydration methods are used. Osmotic dehydration, considered in this article, is one of the best and suitable methods for increasing the shelf life of berry products, as well as increasing the biological value of the product. This method is preferred relative to other methods of dehydration due to the fact that when it is used in raw materials, more vitamins and minerals are preserved, and the color, aroma and taste of berries are also better preserved. Osmotic dehydration is a process due to the presence of semi-permeable membranes, during which the concentration is balanced. Osmosis takes place during the immersion of fruits in concentrated solutions of osmotically active substances. In such a system, two opposite processes occur: water diffuses from the product into the solution, and the dissolved substance diffuses from the solution into the product. This article discusses the features of the process of osmotic dehydration of blackcurrant berries. Blackcurrant is a promising raw material for processing enterprises. The berry contains a large amount of ascorbic acid, anthocyanins and has a high antioxidant activity. Methods were studied for samples of dried blackcurrant berries (by convection), with preliminary osmotic dehydration with various osmotic agents (sucrose, flower honey), using the following methods: ascorbic acid and antioxidant activity were determined titrimetrically using the Folin-Ciocalteu reagent polyphenols, spectrophotometrically anthocyanins.

Keywords: berry, currant, activity, reagent, polyphenols, dehydrated

Введение

Качество ягод представляет собой сочетание физических и химических характеристик, сопровождаемых органолептическими свойствами (внешний вид, текстура, вкус и аромат), питательной ценностью, химическими соединениями, механическими и функциональными свойствами [1]. Как известно, традиционными качественными свойствами фруктов и / или ягод являются сухое вещество, сахара, пищевые волокна, органические кислоты и пигменты, в то время как содержание растворимых твердых веществ (состоящих в основном из моно- и

дисахаридов), титруемая кислотность и pH сока (репрезентативно для суммарной кислоты), способствуют сладости и кислотности фруктов и / или ягод и их продуктов [2]. Кроме того, три основных компонента органолептических свойств фруктов или ягод – это аромат, сладость (коррелирующая с содержанием растворимых сухих веществ) и кислотность, в то время как твердость, способствующая текстуре фруктов и придающая механическую устойчивость при транспортировке и обработке, также необходима, поскольку она связана с хорошим качеством свежих фруктов [3].

Для цитирования

Барбашин Д.И. Содержание сахаров, кислотность и АОА в обезвоженных ягодах черной смородины // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 183–186. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-183-186

For citation

Barbashin D.I. Sugar content, acidity and antioxidant activity in dehydrated blackcurrant. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 183–186. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-183-186

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

Среди физических свойств плодов фруктов или ягод выделяют вес, также называемый «размером плодов или ягод», он является основным количественным фактором, определяющим урожайность, качество плодов и восприимчивость к потреблению [4], и оказывает непосредственное влияние на товарность и приемлемость плодов и ягод как в свежем виде [5].

Как известно, фрукты и овощи являются очень доступными источниками фитохимикатов, фито-питательных веществ, биологически активных соединений и других веществ с высокой антиоксидантной способностью [6,7]. В связи с этим потребление фруктов и овощей играет важную роль в поддержании здоровья и профилактике заболеваний, таких как воспаление, сердечно-сосудистые заболевания, рак, связанные со старением расстройства, катаракта, иммунная дисфункция, нейродегенеративные заболевания и т. д. [8, 9].

Черная смородина является важной ягодой для пищевой промышленности, в основном из-за ее цвета и органолептических свойств, что делает ее подходящим материалом для соковой промышленности, ликеров, джемов, йогуртов и многих других пищевых применений. Кроме того, масла из черной смородины широко используются в косметической промышленности и в качестве ингредиентов в разнообразных пищевых добавках. По сравнению с другими фруктами качество фенольного профиля черной смородины превосходное, что способствует его высокой антиоксидантной активности. Экспериментальные и эпидемиологические данные последних исследований свидетельствуют о его потенциальных и широких свойствах, способствующих укреплению здоровья, которые могут увеличить его будущее использование во многих областях применения и повысить спрос на черную смородину в качестве функционального сырья. Однако стоимость сырья является важным элементом современной пищевой промышленности, и для того, чтобы бизнес был прибыльным в этой области, потребовался бы недорогой источник полифенолов, используемых во многих областях. Чтобы обеспечить функциональное сырье по разумной цене, эксплуатация остатков сока черной смородины, которая является обильным биоотходом в соковой промышленности и является обогащенным полифенольным материалом, будет ценным источником будущих ингредиентов на основе черной смородины. В настоящее время производители соков доставляют шрот на свалки из-за низкой цены, транспортных расходов и больших расстояний или отсутствия пользователей поблизости. Этот ценный побочный продукт является хорошим источником

дополнительных доходов для производителей соков и хорошим источником для индустрии здравоохранения для извлечения биологически активных соединений.

Из вышеперечисленных целей целью этого исследования состояла в том, чтобы оценить содержание биологически активных соединений черной смородины. Анализировались следующие составляющие: содержание сахаров, титруемую кислотность, общую антиоксидантную способность.

Материалы и методы

Для анализа были выбраны четыре образца:

1 образец: размороженные ягоды черной смородины погружены в осмотический агент (60% раствор сахарозы сахар + вода) на 2 ч, далее высушены в духовом шкафу методом конвекции;

2 образец: размороженные ягоды черной смородины погружены в осмотический агент (100% цветочный мед) на 2 ч, далее высушены в духовом шкафу методом конвекции;

3 образец: размороженные ягоды черной смородины погружены в осмотический агент (60% раствор – цветочный мед + вода) на 2 ч, далее высушены в духовом шкафу методом конвекции;

4 образец: размороженные ягоды черной смородины (без осмотического обезвоживания), далее высушены в духовом шкафу методом конвекции.

Для определения показателей выбраны следующие методы: Аскорбиновая кислота: титриметрически; АЦ (антоцианы) – спектрофотометрически; РР (полифенолы) с использованием реактива Фолина-Чиокалтеу в водном экстракте; АОА (антиоксидантная активность) титриметрически.

Определение аскорбиновой кислоты титриметрическим методом.

Экстракты для каждого образца готовили путем точного взвешивания 100 г свежеприготовленного образца черной смородины в химическом стакане на 500 мл и энергично перемешивали для получения фруктового сока, добавляя 30 мл щавелевой кислоты (0,5% мас./об.), чтобы предотвратить окисление аскорбиновой кислоты (витамин С). Каждую из смесей фильтровали через предварительно очищенную ткань и получали фильтрат в колбе Эрленмейера на 250 мл. Аликвоту каждого образца переносили в мерную колбу объемом 100 мл и затем доводили до метки раствором щавелевой кислоты (0,5%).

Стандартный раствор аскорбиновой кислоты готовили путем растворения точного веса 0,01 г стандартной аскорбиновой кислоты в небольшом количестве раствора щавелевой кислоты (0,5%) и затем доводили до 100 мл тем же раствором до концентрации 100 мкг/мл. Ряд разведений 1,0, 4,0, 8,0, 12 и 16 мкг/мл готовили из исходного раствора аскорбиновой кислоты.

Приготовление раствора перманганата калия. Раствор KMnO_4 с концентрацией 100 мкг/мл готовили путем точного растворения 0,01 г. KMnO_4 в растворе H_2SO_4 (5,0 М), затем переносили в мерную колбу объемом 100 мл и доводили до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивали.

В этом растворе использовался хромогенный реагент для определения аскорбиновой кислоты (витамин С) с помощью спектрофотометра.

Подготовка стандартной калибровочной кривой для аскорбиновой кислоты. Стандартная калибровочная кривая для аскорбиновой кислоты была определена с помощью графика зависимости концентрации от оптической плотности аскорбиновых стандартных растворов, взяв 10 мл каждого из стандартных растворов и поместив в пробирку, затем 1 мл раствора KMnO_4 (100 мкг/г). Этот раствор оставляли на 5 мин. Поглощение этого стандартного раствора считывали при 530 нм против бланка.

Подготовка образцов плодов для анализа с помощью УФ-видимого спектрофотометра. Каждый из образцов плодов был точно взят в виде 10,0 мл для каждого образца, а затем перенесен в пробирку, и было добавлено 1,0 мл KMnO_4 (100 мкг/мл) для каждый. Содержимое каждой пробирки хорошо перемешивают и выдерживают 5 мин. Приготовленные растворы считывали при 530 нм против бланка спектрофотометром с использованием подходящей концентрации для анализа.

Определение аскорбиновой кислоты в образцах черной смородины методом титрования. Точный 1 мл каждого свежеприготовленного раствора образца фруктов переносили и затем разбавляли до 200 мл дистиллированной водой. Затем 10 мл каждого из этих растворов помещали в коническую колбу. В эту колбу добавляли 5,0 мл раствора KI (0,2 М), 2,5 мл соляной кислоты HCl (1,0 М) и несколько капель раствора крахмала. Каждый из растворов затем титровали против KIO_3 (0,015 М) из бюретки до появления синего черного цвета, что указывает

на конечную точку реакции. Титрование повторяли трижды для каждого из образцов черной смородины. Результаты были записаны, сведены в таблицу и рассчитаны для определения аскорбиновой кислоты для каждого образца.

Метод определения антиоксидантной активности с помощью титрования. Образцы черной смородины растворяют в деионизированной воде для получения различных концентраций. Затем DPPH смешивается с этанолом с пробой (в различных концентрациях). Далее смесь встряхивают и выдерживают в темноте в течение 30 мин при комнатной температуре, и измеряют оптическую плотность при 517 нм.

Для определения общего фенольного содержания наиболее часто используемым методом является метод Фолина-Чиокалтеу. Поэтому для экстракции полифенольных соединений образцы помещали в пробирки емкостью 50 мл, а затем к взвешенным образцам добавляли 25 мл экстракционного раствора; после 60 мин в темноте экстракты гомогенизировали в течение примерно 1 мин, а затем центрифугировали в течение 15 мин. Это основано на фенольном реагенте Фолина-Чиокалтеу и спектрофотометрическом определении при 765 нм.

Стандартная калибровочная кривая была построена с использованием галловой кислоты в концентрациях 0,02–0,1 мг • мл⁻¹. Результаты выражали в мг эквивалентов галловой кислоты на 100 г. свежего веса.

Результаты

Результаты проведенных анализов представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты анализа образцов черной смородины

Table 1.

Results of the analysis of blackcurrant samples

Показатель Indicator	Образец Sample			
	1	2	3	4
Сухое вещество, % Dry matter, %	77.3	82.1	83.1	85.3
Аскорбиновая кислота, мг / 100 г. сырой массы Ascorbic acid, mg / 100 g raw weight	128	163	136	147
АОА, мг-экв галловой кислоты / г antioxidant activity mg-EQ of Gallic acid / g	28.93	28.23	40.53	37.34
РР мг-экв галловой кислоты / г PP mg-EQ Gallic acid / g	18.95	16.21	21.58	19.83
Антоцианины мг / 100 г. Anthocyanins mg / 100 g	110	76.6	87.8	43.7
ТК% на яблочную кислоту Titrated acidity% per malic acid	8.9	9.6	8.4	10.5
Моносахара, % на сухую массу Monosaccharide, % per dry weight	44.3	45.9	44.3	36.3
Сумма сахаров, % на сухую массу Sum of sugars, % per dry weight	46.7	50.4	48.5	37.2

Заключение

Обогащение пищи витаминами и пищевыми волокнами является приоритетом в пищевых инновациях. Исследовано содержание аскорбиновой кислоты, полифенолов, антиоксидантов в сушеных ягодах черной смородины.

В настоящее время ягоды практически не используются. Результаты наших исследований показывают, что антиоксиданты являются перспективными.

Расширение ассортимента и повышение биологической ценности пищевых продуктов связано с использованием новых источников сырья, богатых биологически активными веществами.

Литература

- 1 Перфилова О.В., Баранов Б.А., Скрипников Ю.Г. Фруктовые и овощные порошки из выжимок в кондитерском производстве // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009. № 9. С. 52–54
- 2 Корячкина С.Я., Березина Н.А., Гончаров Ю.В. Инновационные технологии хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий: монография. Орел: ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», 2011. 265 с.
- 3 Костюк В.А., Потапович А.И. Структура, классификация и фармакологические свойства природных полифенольных антиоксидантов. Санкт-Петербург, 2015.
- 4 Скорикова Ю.Г. Полифенолы плодов и ягод и формирование цвета продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1973. 233 с.
- 5 Макарова Н.В. Современные аспекты научных исследований антиоксидантных свойств цитрусовых фруктов, ягод и косточковых плодов: монография. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. 127 с.
- 6 Донченко Г.В., Кричковская Л.В., Чернышов С.И., Никитченко Ю.В. и др. Природные антиоксиданты (биотехнологические, биологические и медицинские аспекты): монография. Харьков: ОАО «Модель Вселенной», 2011. 376 с.
- 7 Литвинова Е.В., Большакова Л.С., Орещенко Ф.В. Эмульсионные продукты с антимутагенными свойствами // Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. № 5. С. 81.
- 8 Поморцева Т.И. Технология хранения и переработки плодовоовощной продукции. М.: Академия, 2003. 136 с.
- 9 Kan L., Oliviero T., Verkerk R., Fogliano V. et al. Interaction of bread and berry polyphenols affects starch digestibility and polyphenols bio-accessibility // Journal of Functional Foods. 2020. V. 68. P. 103924.
- 10 Lavefve L., Howard L.R., Carbonero F. Berry polyphenols metabolism and impact on human gut microbiota and health // Food & Function. 2020. V. 11. № 1. P. 45–65.
- 11 Chandra P., Rathore A.S., Kay K.L., Everhart J.L. et al. Contribution of Berry Polyphenols to the Human Metabolome // Molecules. 2019. V. 24. № 23. P. 4220.
- 12 Lachowicz S., Michalska A., Lech K., Majerska J. et al. Comparison of the effect of four drying methods on polyphenols in saskatoon berry // LWT. 2019. V. 111. P. 727–736.

References

- 1 Perfilova O.V., Baranov B.A., Skripnikov Yu.G. Fruit and vegetable powders from squeezed confectionery. Storage and processing of agricultural raw materials. 2009. no. 9. pp. 52–54. (in Russian).
- 2 Koryachkina S.Ya., Berezina N.A., Goncharov Yu.V. Innovative technologies of bakery, pasta and confectionery: monograph. Orel: FSBEI HPE “State University – UNPK”, 2011. 265 p. (in Russian).
- 3 Kostyuk V.A., Potapovich A.I. Structure, classification and pharmacological properties of natural polyphenolic antioxidants. St. Petersburg, 2015. (in Russian).
- 4 Skorikova Yu.G. Polyphenols of fruits and berries and the formation of color products. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1973. 233 p. (in Russian).
- 5 Makarova N.V. Modern aspects of scientific research of antioxidant properties of citrus fruits, berries and stone fruits: monograph. Samara, Samar. State Tech. Univ., 2013. 127 p. (in Russian).
- 6 Donchenko G.V., Krichkovskaya L.V., Chernyshov S.I., Nikitchenko Yu.V. et al. Natural antioxidants (biotechnological, biological and medical aspects): a monograph. Kharkov, OJSC “Model of the Universe”, 2011. 376 p. (in Russian).
- 7 Litvinova E.V., Bolshakova L.S., Oreshchenko F.V. Emulsion products with antimutagenic properties. Storage and processing of agricultural raw materials. 2003. no. 5. pp. 81. (in Russian).
- 8 Pomortseva T.I. Technology for storage and processing of fruits and vegetables. Moscow, Akademiya, 2003. 136 p. (in Russian).
- 9 Kan L., Oliviero T., Verkerk R., Fogliano V. et al. Interaction of bread and berry polyphenols affects starch digestibility and polyphenols bio-accessibility. Journal of Functional Foods. 2020. vol. 68. pp. 103924.
- 10 Lavefve L., Howard L.R., Carbonero F. Berry polyphenols metabolism and impact on human gut microbiota and health. Food & Function. 2020. vol. 11. no. 1. pp. 45–65.
- 11 Chandra P., Rathore A.S., Kay K.L., Everhart J.L. et al. Contribution of Berry Polyphenols to the Human Metabolome. Molecules. 2019. vol. 24. no. 23. pp. 4220.
- 12 Lachowicz S., Michalska A., Lech K., Majerska J. et al. Comparison of the effect of four drying methods on polyphenols in saskatoon berry. LWT. 2019. vol. 111. pp. 727–736.

Сведения об авторах

Дмитрий И. Барбашин аспирант, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия, 6781248@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-3976-5767>

Information about authors

Dmitrii I. Barbashin graduate student, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36 Moscow, 117997, Russia, 6781248@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-3976-5767>

Вклад авторов

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

Contribution

Dmitrii I. Barbashin 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 01/02/2020	После редакции 10/02/2020	Принята в печать 18/02/2020
Received 01/02/2020	Accepted in revised 10/02/2020	Accepted 18/02/2020

Подбор заквасок прямого внесения для твердых сыров

Наталья В. Романова¹ romanovanv0403@ya.ru  0000-0001-9198-1657
 Елена В. Иванова¹ fedja06@email.ru  0000-0002-3590-104X
 Сергей Е. Терентьев¹ sgsha.nauka@mail.ru

¹ Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Большая Советская, 10/2, г. Смоленск, 214000, Россия

Аннотация. Описаны и приведены результаты исследований при подборе заквасок прямого внесения, содержащих молочнокислые бактерии и молочнокислые стрептококки, для оптимизации технологического процесса производства твердых сыров «Мелкорисунчатый 2» и «Мелкорисунчатый 1». В качестве объектов исследований были выбраны закваски прямого внесения DSS-275 фирмы «Chr. Hansen» (Дания) и MOS 066 С фирмы «Sacco s.r.l.» (Италия). На основании результатов пробных выработок даны рекомендации по использованию заквасок для получения твердых сыров с мелким рисунком. Изучены возможности применения заквасок прямого внесения в производстве твердых сыров. В качестве объектов исследований были выбраны сыры условно названные «Мелкорисунчатый 1» и «Мелкорисунчатый 2», заквасочные композиции и молокозвертывающий препарат. Для твердых сыров с мелким рисунком наиболее приемлемы закваски, состоящие из комплекса молочнокислых бактерий и молочных стрептококков. Для получения сыров с улучшенными органолептическими характеристиками были использованы закваски прямого внесения DSS-275 фирмы «Chr. Hansen» (Дания) и MOS 066 С фирмы «Sacco s.r.l.» (Италия). Замороженные закваски восстанавливали в теплом молоке, а затем добавляли в смесь после заполнения ванны. Раствор молокозвертывающего фермента вносили после нарастания титруемой кислотности на 1,3–1,5 °Т. Сыр хорошего качества получали при pH 5,5 в конце самопрессования. Для твердых сыров целесообразно использовать закваски, сочетающие молочнокислые и ароматизующие микроорганизмы.

Ключевые слова: твердые сыры, закваски, молочнокислые бактерии, молочные стрептококки, ароматизующие микроорганизмы

Selection of starter cultures of direct application for hard cheeses

Natalia V. Romanova¹ romanovanv0403@ya.ru  0000-0001-9198-1657
 Elena V. Ivanova¹ fedja06@email.ru  0000-0002-3590-104X
 Sergei E. Terentev¹ sgsha.nauka@mail.ru

¹ Smolensk State Agricultural Academy, Bolshaia Sovetskaia street, 10/2, Smolensk, 214000, Russia

Abstract. The article describes and presents the results of research in the selection of direct-application ferments containing lactic acid bacteria and lactic streptococci to optimize the production process of hard cheeses "Melkoriesunchatyj 1" and "Melkoriesunchatyj 2". The research objects were selected starter cultures of direct application of DSS-275 by "Chr. Hansen" (Denmark) and mos 066 C of Sacco s.r.l (Italy). Based on the results of trial workings, recommendations are given for the use of starter cultures to produce hard cheeses with a small pattern. The possibilities of using direct starter cultures in the production of hard cheeses were studied. As objects of research, conditionally named cheeses "Melkoriesunchatyj 1" and "Melkoriesunchatyj 2", starter compositions and a milk-clotting preparation were selected. For hard cheeses with fine patterns, the most suitable starter cultures are those consisting of a complex of lactic acid bacteria and milk streptococci. To obtain cheeses with improved organoleptic characteristics, direct starter cultures DSS - 275 from Chr. Hansen "(Denmark) and MOS 066 C of the company" Sacco s.r.l "(Italy). Frozen starter cultures were reconstituted in warm milk and then added to the mixture after filling the bath. A solution of the milk-clotting enzyme was introduced after an increase in titratable acidity by 1.3–1.5 ° T. Good quality cheese was obtained at pH 5.5 at the end of self-pressing. For hard cheeses, it is advisable to use starter cultures combining lactic acid and aromatizing microorganisms.

Keywords: hard cheeses, starter cultures, lactic acid bacteria, lactic streptococci, aromatizing microorganisms

Введение

Молоко и молочные продукты пользуются во всём мире популярностью у всех слоёв населения. Переработка свежего молока на сыры, согласно данным Росстата составляет не более 20%. Однако, лидирующие позиции в переработке молока в настоящее время занимает производство сыров. Ассортимент сыров современного рынка достаточно широк, но особой любовью пользуются у потребителя традиционные сорта сыров.

Для цитирования

Романова Н.В., Иванова Е.В., Терентьев С.Е. Подбор заквасок прямого внесения для твердых сыров // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 187–193. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-187-193

Твердые сыры – это группа сыров, отличающиеся разнообразием органолептических показателей. Все эти особенности связаны с интенсификацией развития молочнокислых бактерий или молочнокислых палочек, которые используются в заквасках. Молочнокислые палочки в сравнении с лактококками обладают большей биохимической активностью, а значит, происходят более глубокие расщепления белков и жиров. Формирование в каждом виде сыра его особенностей органолептических или

For citation

Romanova N.V., Ivanova E.V., Terentev S.E. Selection of starter cultures of direct application for hard cheeses. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 187–193. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-187-193

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

физико-химических свойств обусловлено составом вносимой микрофлоры заквасочных культур. Причем важно не только количество вносимых культур, но и их качественный состав. Молочно-кислые бактерии быстро сбраживают лактозу, выделяя молочную кислоту, тем самым ограничивают скорость преобразования белка в сгустке. Известно, что энергия кислотообразования значительно влияет на влагоудерживающую способность сгустка и, в дальнейшем скажется на органолептических показателях готового продукта. Структура сыра начинает формироваться еще при разрезании, вымешивании и постановке сырного зерна. Но на формирование микро и макроструктур сырных зерен оказывает влияние ферментативные системы заквасочной микрофлоры и дальнейшая технологическая обработка [9–12].

В качестве объектов исследований были выбраны сыры условно названные «Мелкорисунчатый 1» и «Мелкорисунчатый 2», заквасочные композиции и молокосвертывающий препарат. [1, 3, 4] Для твердых сыров с мелким рисунком наиболее приемлемы закваски, состоящие из комплекса молочнокислых бактерий и молочных стрептококков. Для получения сыров с улучшенными органолептическими характеристиками были использованы закваски прямого внесения DSS-275 фирмы «Chr. Hansen» (Дания) и MOS 066 С фирмы «Sacco s.r.l» (Италия).

Материалы и методы

В формировании твердых видов сыров принимают участие ферментные системы молочнокислых стрептококков и лактобактерий. Эти микроорганизмы обладают протеолитическими и липолитическими свойствами. Молочнокислые бактерии благодаря образованию молочной кислоты, медленному и ограниченному расщеплению белка, а также минимальному расщеплению жира значительно влияют на консистенцию, вкус и запах сыра [5, 6].

Закваска DSS-275 представляет собой глубоководомороженные культуры бактерий для прямого внесения в сыродельную ванну открытого типа, производителем которой является компания «Chr. Hansen» (Дания). В её состав входят молочнокислые стрептококки, а также термофильные лактобактерии и стрептококки.

Закваска MOS 066 С (Италия) глубоководомороженный концентрат из смеси мезофильных и мезофильно-термофильных штаммов молочнокислых бактерий.

Технологический процесс производства сыров с использованием различных заквасок для всех вырабатываемых партий был аналогичным.

Сыры «Мелкорисунчатый 1» и «Мелкорисунчатый 2», вырабатывались по следующей технологической схеме:

- подготовка и оценка качества сырья;
- составление нормализованной смеси;
- тепловая обработка нормализованной смеси;

- подготовка смеси к свертыванию;
- свертывание смеси;
- разрезание сгустка и постановка зерна;
- второе нагревание;
- формование и прессование;
- определение выхода и оценка качества сыра после прессования.

Для выработки опытных партий сыра было подобрано сырье, содержащее 3,9% жира и 3,0% белка, титруемая кислотность молока составляла 16 °Т, класс сычужно-бродильной пробы – I. Для нормализации смеси по массовой доле жира до 1,9% и 2,8% использовалось обезжиренное молоко, плотностью 30,0 °А и кислотностью 16 °Т.

Тепловая обработка смеси включала термизацию при температуре не ниже 63 °С, с последующим охлаждением до 6 ± 1 °С, резервирование молока, продолжительностью не более 4 часов и пастеризация при температуре 74 °С с последующим охлаждением до $32,0 \pm 1$ °С.

Подготовка смеси к свертыванию включала внесение красителя, хлористого кальция, лизоцима, бактериальной закваски и молоко-свертывающего препарата Kalasse в установленной дозировке. Свертывание смеси проводилось при температуре $32,0 \pm 1,0$ °С. Окончание свертывания определялось по состоянию и плотности сгустка. Разрезание сгустка осуществлялось режущими устройствами до образования кубиков с размером ребра, не превышающим 8–10 см (сыр «Мелкорисунчатый 1»), 8–9 см (сыр «Мелкорисунчатый 2»).

Разрезанный сгусток непрерывно перемешивали на протяжении 10 минут до полного закрепления сырного зерна. Нагревание сырной массы осуществлялось до 37 °С (сыр «Мелкорисунчатый 1»); до 39 °С (сыр «Мелкорисунчатый 2») с выдержкой 10 минут и вымешиванием до достижения необходимого уровня кислотности (рН) – 6,25. После формирования сырного зерна в формы, сыр проходит самопрессование в течении 50–60 минут.

Принудительное прессование сыров в формах под давлением 0,5; 1; 2 кПа, осуществлялось до достижения массовой доли влаги 50,0–52,0% (сыр «Мелкорисунчатый 1») и 46,0–48,0% (сыр «Мелкорисунчатый 2»), после чего определялась масса и качество отпрессованного сыра.

Результаты и обсуждение

Формирование вкуса, запаха и консистенции сыров происходит в результате микробиологических и биохимических процессов. Во время выработки и созревания сыра микроорганизмы развиваются в сыре и воздействуют на сырную массу, формируя соответствующие органолептические и физико-химические свойства.

В связи с этим, в соответствии с методикой проведения исследований, нами проанализировано влияние используемых заквасок на технологию производства, выход и качество сыра «Мелкорисунчатый 1» и сыра «Мелкорисунчатый 2».

Сведения об эффективности используемых заквасок сыр «Мелкорисунчатый 1» представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Влияние заквасок на технологические показатели производства сыра «Мелкорисунчатый 1»

Table 1.

The influence of starter cultures on technological indicators of "Melkorisunchatyj 1" cheese production

Показатели Indicators	Закваска Leaven	
	DSS-275	MOS 066 C
Количество натурального молока, кг Quantity of natural milk, kg	2750	2781
Количество обезжиренного молока, кг Quantity of skimmed milk, kg	3100	3007
Массовая доля жира в молоке, % Mass fraction of fat in milk, %	3,9	3,9
Массовая доля белка в молоке, % Mass fraction of protein in milk, %	3,0	3,0
Массовая доля жира в обезжиренном молоке, % Mass fraction of fat in skim milk, %	0,05	0,05
Массовая доля белка в обезжиренном молоке, % Mass fraction of protein in skim milk, %	3,0	3,0
Количество нормализованной смеси, кг Quantity of normalized mix, kg	5850	5788
Массовая доля жира нормализованной смеси, % Mass fraction of fat normalized mix, %	1,9	1,9
Продолжительность свертывания, мин. Duration of coagulation, min.	35	35
Кислотность сыворотки на разрезе сгустка (pH) The acidity of the whey in the cutting of the clot (pH)	13°Т (6,40)	13°Т (6,44)
Кислотность сыворотки после второго нагревания (pH) The acidity of the whey after the second heating (pH)	13°Т (6,37)	13°Т (6,38)
Кислотность сыворотки в конце обработки сырного зерна (pH) The acidity of the whey at the end of processing cheese curd (pH)	14°Т (6,25)	14°Т (6,30)
Продолжительность прессования при минимальном давлении, мин. Duration of pressing, min.	190	220

Результаты использования различных заквасок при производстве сыра «Мелкорисунчатый 1» (таблица 1) свидетельствуют о том, что при использовании закваски DSS-275 продолжительность прессования при минимальном давлении была на 30 минут короче, чем при закваске MOS 066 C. В то же время активная кислотность (pH) сыворотки данной партии была на 0,05 и 0,04 единицы ниже.

Это говорит о том, что при использовании закваски DSS-275 процесс свертывания молока идет интенсивнее, кислотность сыворотки снижается быстрее, что позволяет получать более плотный сгусток, быстро отдающий влагу при прессовании.

Влияние использования в сыроделии заквасок различных производителей на выход и качество сыра представлено в таблице 2.

Таблица 2.

Влияние заквасок на выход и качество сыра «Мелкорисунчатый 1»

Table 2.

The influence of starter cultures on the yield and quality of "Melkorisunchatyj 1" cheese

Показатели Indicators	Закваска Leaven	
	DSS-275	DSS-275
Масса сыра после прессования, кг The mass of cheese after pressing, kg	542	526
Затраты сырья на единицу продукции, кг Raw material costs per unit of production, kg	10,8	11,0
Кислотность отпрессованного сыра (pH) Acidity of pressed cheese (pH)	5,41	5,42
Массовая доля влаги в отпрессованном сыре, % Mass fraction of moisture in pressed cheese, %	51,4	51,8
Массовая доля жира в сухом веществе сыра, % Mass fraction of fat in the dry matter of cheese, %	36,2	36,5
Массовая доля влаги в готовом продукте, % Mass fraction of moisture in the finished product, %	49,4	49,8
pH в готовом продукте pH in the finished product	5,21	5,23

Как видно из данных таблицы 2 затраты сырья на единицу продукции при производстве сыра «Мелкорисунчатый 1» с закваской DSS-275 были на 0,2 кг (1,9%) ниже, а активная кислотность сыра после прессования была на 0,1 ниже чем при использовании закваски MOS 066 C. Массовая доля влаги в данном продукте была также ниже на 0,4 п.п.

По содержанию жира выявлена обратная тенденция: при использовании закваски DSS-275 массовая доля жира в готовом продукте была на 0,3 п.п. ниже, чем при использовании закваски MOS 066 C. Однако, содержание жира в обеих партиях сыра соответствовало требованиям нормативно-технической документации –

35,0 ± 1,6%, а установленная разница находилась в пределах допустимой погрешности.

Величина pH сыра «Мелкорисунчатый 1», произведенного с использованием закваски DSS-275 была на 0,02 ниже, что также положительно характеризует данную продукцию, поскольку свидетельствует о более интенсивном созревании и более выраженном вкусе сыра (таблица 3).

По аналогичной схеме нами анализировалось влияние заквасок на качественные и количественные характеристики сыра «Мелкорисунчатый 2» (таблица 4). Мы должны были получить сыр с более плотной консистенцией чем «Мелкорисунчатый 1», с содержанием влаги, при сохранение всех органолептических характеристик, не более 45% [2, 7, 8].

Таблица 3.

Органолептическая оценка сыра «Мелкорисунчатый 1»

Table 3.

The organoleptic evaluation of "Melkorisunchatyj 1" cheese

Закваска Leaven	Органолептические показатели Organoleptic indicators	
	Вкус, запах Taste, smell	Вкус, запах Taste, smell
DSS-275	Вкус и запах – умеренно выраженный сырный, вкус кисловатый, слегка пряный Taste and smell – moderately pronounced cheesy, sour taste, slightly spicy	Тесто плотное, однородное слегка ломкое на изгибе. На разрезе сыр имеет неравномерно расположенный рисунок равномерный по всей массе, состоящий из глазков неправильной, угловатой и щелевидной формы, расположенных по всей массе сыра The dough is dense, uniform, slightly brittle on a bend. In the section, the cheese has an unevenly distributed pattern uniform throughout the mass, consisting of irregular, angular and slit-like eyes located throughout the mass of cheese
MOS 066 C	Запах – слабо выраженный сырный, вкус кисловатый, слегка пряный с легкой горечью Smell – mild cheesy, sour taste, slightly spicy with a slight bitterness	Тесто плотное, однородное слегка ломкое на изгибе. На разрезе сыр имеет неравномерно расположенный рисунок равномерный по всей массе, состоящий из глазков неправильной, угловатой и щелевидной формы, расположенных по всей массе сыра The dough is dense, uniform, slightly brittle on a bend. In the section, the cheese has an unevenly distributed pattern uniform throughout the mass, consisting of irregular, angular and slit-like eyes located throughout the mass of cheese

Таблица 4.

Влияние заквасок на технологические показатели производства сыра «Мелкорисунчатый 2»

Table 4.

The influence of sourdough on the technological parameters of the production of "Melkorisunchatyj 2" cheese

Показатели. Indicators	Закваска Leaven	
	DSS-275	MOSS-066
Количество натурального молока, кг Quantity of natural milk, kg	4020	4000
Количество обезжиренного молока, кг Quantity of skimmed milk, kg	5610	5620
Массовая доля жира в молоке, % Mass fraction of fat in milk, %	3,9	3,9
Массовая доля белка в молоке, % Mass fraction of protein in milk, %	3,0	3,0
Массовая доля жира в обезжиренном молоке, % Mass fraction of fat in skim milk, %	0,05	0,05
Массовая доля белка в обезжиренном молоке, % Mass fraction of protein in skim milk, %	3,0	3,0
Количество нормализованной смеси, кг Quantity of normalized mixture, kg	5610	5620
Массовая доля жира нормализованной смеси, % Mass fraction of fat in the mixture, %	2,8	2,8
Продолжительность свертывания, мин. Duration of coagulation, min.	35	35
Кислотность сыворотки на разрезе сгустка (pH) The acidity of the whey in the cutting of the clot (pH)	12°Т (6,37)	12°Т (6,35)
Кислотность сыворотки после второго нагревания (pH) The acidity of the whey after the second heating (pH)	13°Т (6,32)	13°Т (6,28)
Кислотность сыворотки в конце обработки сырного зерна (pH) The acidity of the whey at the end of processing cheese curd (pH)	14°Т (6,15)	14°Т (6,10)
Продолжительность прессования при минимальном давлении, мин. Duration of pressing, min	200	180

Результаты использования различных заквасок при производстве сыра «Мелкорисунчатый 2» (таблица 4) свидетельствуют о том, что при производстве данного продукта закваски сработали наоборот.

При использовании закваски DSS-275 продолжительность прессования при минимальном давлении была на 20 минут больше, чем при использовании закваски MOS 066 C, а активная кислотность (pH) сыворотки данной партии была на 0,02, 0,04 и 0,05 единицы выше.

Это говорит о том, что при использовании для производства сыра «Мелкорисунчатый 2»

закваски DSS-275 процесс свертывания молока идет медленнее, а кислотность сыворотки снижается не так интенсивно. В результате чего, для достижения необходимого уровня влажности продолжительность прессования пришлось увеличить на 20 минут, но даже это не позволило достичь оптимального результата, дальнейшее увеличение продолжительности прессования приводило к образованию чрезмерно уплотненного верхнего слоя.

Степень влияния заквасок различных производителей на выход и качество сыра «Мелкорисунчатый 2» представлена в таблице 5.

Таблица 5.

Влияние заквасок на выход и качество сыра «Мелкорисунчатый 2»

Table 5.

The influence of starter cultures on the yield and quality of "Melkorisunchatyj 2" cheese

Показатели Indicators	Закваска Leaven	
	DSS-275	MOS 066 C
Масса сыра после прессования, кг The mass of cheese after pressing, kg	528	511
Затраты сырья на единицу продукции, кг Raw material costs per unit of production, kg	10,6	11,0
Кислотность отпрессованного сыра (pH) Acidity of pressed cheese (pH)	5,40	5,35
Массовая доля влаги в отпрессованном сыре, % Mass fraction of moisture in pressed cheese, %	47,6	46,0
Массовая доля жира в сухом веществе сыра, % Mass fraction of fat in the dry matter of cheese, %	44,8	45,5
Массовая доля влаги в готовом продукте, % Mass fraction of moisture in the finished product, %	45,6	44,1
pH в готовом продукте pH in the finished product	5,3	5,2

Как видно из таблицы 5, затраты сырья на единицу продукции при использовании закваски DSS-275 были на 0,4 кг или 3,4% ниже чем при использовании закваски MOS 066 C. Активная кислотность отпрессованного сыра с закваской DSS-275 была также выше на 0,5, чем при использовании закваски MOS 066 C. Массовая доля влаги в продукте приготовленном

с применением закваски MOS 066 C на 1,5 п.п. ниже, чем в сыре приготовленном с закваской DSS 275.

Содержание жира в готовом сыре при использовании закваски DSS-275 было на 0,7 п.п. ниже, чем при использовании закваски MOS 066 C, а содержание влаги на 1,5 п.п. выше, чем при использовании закваски MOS 066 C.

Таблица 6.

Органолептическая оценка сыра «Мелкорисунчатый 2»

Table 6.

The organoleptic evaluation of "Melkorisunchatyj 2" cheese

Закваска Leaven	Органолептические показатели Organoleptic indicators	
	Вкус, запах Taste, smell	Вкус, запах Taste, smell
DSS-275	Вкус и запах – выраженный сырный, слегка кисловатый, без посторонних привкусов и запахов Taste and smell – pronounced cheesy, slightly sour, without extraneous smacks and smells	Тесто нежное, пластичное, однородное по всей массе. На разрезе сыр имеет глазки неправильной, угловатой и щелевидной формы, равномерно расположенные по всей массе сыра The dough is tender, plastic, uniform throughout the mass. On the cut, the cheese has eyes of irregular, angular and slit-like shape, evenly distributed throughout the mass of cheese
MOS 066 C	Вкус и запах – выраженный сырный, слегка кисловатый, без посторонних привкусов и запахов Taste and smell – pronounced cheesy, slightly sour, without extraneous smacks and smells	Тесто нежное, пластичное, однородное по всей массе. На разрезе сыр имеет глазки неправильной, угловатой и щелевидной формы, равномерно расположенные по всей массе сыра The dough is tender, plastic, uniform throughout the mass. On the cut, the cheese has eyes of irregular, angular and slit-like shape, evenly distributed throughout the mass of cheese

Оценка эффективности проводимых исследований является важнейшим элементом, характеризующим их целесообразность. Конечным результатом производственной деятельности как производителей, так и переработчиков сырья является получение прибыли, которая является резервом возможностей предприятий по совершенствованию своих технологий производства.

Сравнительный анализ эффективности переработки молока в разрабатываемые сыры представлен в таблице 7.

Как видно из анализа эффективности производства сыров, закваски оказали существенное влияние на выход сыра с 1 т. сырья. Уровень производства сыра «Мелкорисунчатый 1» с использованием закваски DSS-275 был на 18,7% выше, чем с закваской MOS 066 C.

Таблица 7.

Оценка влияния заквасок на выход и качество сыра

Table 7.

The assessment of the influence of starter cultures on the yield and quality of cheese

Показатели Indicators	Сыр Cheese			
	«Мелкорисунчатый 1»		«Мелкорисунчатый 2»	
	DSS-275	MOS 066 C	DSS-275	MOS 066 C
Количество нормализованной смеси, кг Number of normalized mix, kg	5850	5788	5610	5620
Масса сыра после прессования, кг Mass of cheese after pressing, kg	542	526	528	511
Выход сыра с 1 т. сырья, кг Yield of cheese 1 ton of raw materials, kg	107,9	90,9	94,1	90,9

При производстве сыра «Мелкорисунчатый 2» разница в показателях была менее существенна. Выход сыра изготовленного с использованием закваски DSS-275 был на 3,5% выше, чем изготовленного с закваской MOS 066 С, но нельзя при этом забывать, что качество сыра и соблюдение органолептических параметров страдали при применении закваски DSS-275.

Заключение

Исследования по производству «Мелкорисунчатого» сыра с использованием разных видов заквасок и апробация их результатов в условиях предприятия ООО «Починокмолоко», Смоленской области показали что, при производстве сыров с содержанием жира в сухом

веществе продукта 36–37%, массовой долей влаги в готовом продукте не более 50% (сыр «Мелкорисунчатый 1») лучше использовать закваски в состав которых входят термофильные молочнокислые стрептококки и лактобактерии типа закваски прямого внесения DSS-275 фирмы «Chr. Hansen» (Дания). При производстве сыров плотной консистенции с массовой долей влаги в готовом продукте не более 45% и содержанием жира в сухом веществе продукта не менее 45% (сыр «Мелкорисунчатый 2») обосновано применение заквасок в состав которых входят мезофильные и мезофильно-термофильные штаммы молочнокислых бактерий типа закваски прямого внесения MOS 066 С фирмы «Sacco s.r.l» (Италия).

Литература

- 1 Валиев Р.Р., Исмагилова А.М., Пономарев В.Я. Сравнительный анализ заквасок для производства сыра // Инновационные технологии в науке и образовании: сборник статей X Международной научно-практической конференции. 2019. С. 127–129.
- 2 Капленко А.Н., Евдокимов И.А., Капленко Н.Н., Шрамко М.И. и др. Закваски прямого внесения для производства рассольных сыров // Сыроделие и маслоделие. 2015. № 2. С. 30–33.
- 3 Свириденко Г.М., Шухалова О.М. Кислотообразующая активность заквасочных микроорганизмов – основной критерий подбора культур в состав бактериальных заквасок для ферментируемых молочных продуктов // Научные подходы к решению актуальных вопросов в области переработки молока: сборник конференции. 2019. С. 209–215.
- 4 Каган Я.Р., Иркитова А.Н. Каталог бактериальных препаратов и заквасок, реализуемых в РФ на рынке ингредиентов, необходимых при производстве сыров. Барнаул: ГНУ СибНИИС Россельхозакадемии, 2010. 84 с.
- 5 Свириденко Г.М., Шухалова О.М., Сорокина Н.П., Кучеренко И.В. Особенности процесса кислотообразования лактококков // Молоко и молочная продукция: актуальные вопросы производства: материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 155–159.
- 6 Сорокина Н.П., Кураева, Кучеренко И.В. Бактериальные закваски для производства сыров // Сыроделие и маслоделие. 2016. № 4. С. 26–31.
- 7 Тетерева Л.И., Мордвинова В.А., Оносовская Н.Н., Лепилкина О.В. и др. Органолептическая оценка продуктов сыроделия по новому межгосударственному стандарту // Сыроделие и маслоделие. 2016. № 6. С. 36–38.
- 8 Kitchenko L.M. Improvement of small hard cheese technology aimed at production in minor cheese-making enterprises // Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhyts'kyi. 2017. V. 19. № 80. P. 25–28.
- 9 Tabla R., Gómez A., Rebollo J.E., Roa I. Salt influence on surface microorganisms and ripening of soft ewe cheese // J. Dairy Res. 2015. № 82 (2). P. 215–221.
- 10 Akhtayeva S., Akishev Z., Khassenov B. Proteolytic enzymes in cheese making // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. 2018. № 1. P. 10–16.
- 11 Slyvka I., Tsisaryk O. Biotechnological aspects of constructing of bacterial preparation for production of brine cheese // Technology of production and processing of livestock products. 2015. № 1 (116). P. 120–126.
- 12 Mahony J., McDonnell B., Casey E., Van Sinderen D. Phage-host interactions of cheese-making lactic acid bacteria // Annual Review of Food Science and Technology. 2016. V. 7. P. 267–285.

References

- 1 Valiev R.R., Ismagilova A.M., Ponomarev V.Ya. Comparative analysis of starter cultures for cheese production // Innovative technologies in science and education: collection of articles of the X International scientific and practical conference. 2019. pp. 127–129. (in Russian).
- 2 Kaplenko A.N., Evdokimov I.A., Kaplenko N.N., Shramko M.I. et al. Starter cultures of direct application for the production of brine cheeses. Cheesemaking and butter making. 2015. no. 2. pp. 30–33. (in Russian).
- 3 Sviridenko G.M., Shukhalova O.M. Acid-forming activity of starter microorganisms is the main criterion for selecting cultures for bacterial starter cultures for fermented dairy products. Scientific approaches to solving pressing issues in the field of milk processing: conference proceedings. 2019. pp. 209–215. (in Russian).
- 4 Kagan Ya.R., Irkitova A.N. A catalog of bacterial preparations and starter cultures sold in the Russian Federation on the market of ingredients necessary for the production of cheese. Barnaul, GNU SibNIIS Russian Agricultural Academy, 2010. 84 p. (in Russian).
- 5 Sviridenko G.M., Shukhalova O.M., Sorokina N.P., Kucherenko I.V. Features of the process of acid formation of lactococci. Milk and dairy products: current issues of production: materials of the international scientific and practical conference. 2018. pp. 155–159. (in Russian).
- 6 Sorokina N.P., Kuraeva, Kucherenko I.V. Bacterial starter cultures for the production of cheese. Cheesemaking and butter making. 2016. no. 4. pp. 26–31. (in Russian).

- 7 Tetereva L.I., Mordvinova V.A., Onosovskaya N.N., Lepilkina O.V. et al. Organoleptic evaluation of cheese-making products according to the new interstate standard. Cheese-making and butter-making. 2016. no. 6. pp. 36–38. (in Russian).
- 8 Kitchenko L.M. Improvement of small hard cheese technology aimed at production in minor cheese-making enterprises. Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhyts'kyi. 2017. vol. 19. no. 80. pp. 25–28.
- 9 Tabla R., Gómez A., Rebollo J.E., Roa I. Salt influence on surface microorganisms and ripening of soft ewe cheese. J. Dairy Res. 2015. no. 82 (2). pp. 215–221.
- 10 Aktayeva S., Akishev Z., Khassenov B. Proteolytic enzymes in cheese making. Eurasian Journal of Applied Biotechnology. 2018. no. 1. pp. 10–16.
- 11 Slyvka I., Tsisaryk O. Biotechnological aspects of constructing of bacterial preparation for production of brine cheese. Technology of production and processing of livestock products. 2015. no. 1 (116). pp. 120–126.
- 12 Mahony J., McDonnell B., Casey E., Van Sinderen D. Phage-host interactions of cheese-making lactic acid bacteria. Annual Review of Food Science and Technology. 2016. vol. 7. pp. 267–285.

Сведения об авторах

Наталья В. Романова к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии переработки сельскохозяйственной продукции, Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Большая Советская, 10/2, г. Смоленск, 214000, Россия, romanovanv0403@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9198-1657>

Елена В. Иванова к.т.н., кафедра технологии переработки сельскохозяйственной продукции, Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Большая Советская, 10/2, г. Смоленск, 214000, Россия, fedja06@email.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3590-104X>

Сергей Е. Терентьев к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии переработки сельскохозяйственной продукции, Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Большая Советская, 10/2, г. Смоленск, 214000, Россия, sgsha.nauka@mail.ru

Information about authors

Natalia V. Romanova Cand. Sci. (Agric.), associate professor, agricultural processing technology department, Smolensk State Agricultural Academy, Bolshaia Sovetskaia street, 10/2, Smolensk, 214000, Russia, romanovanv0403@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9198-1657>

Elena V. Ivanova Cand. Sci. (Engin.), agricultural processing technology department, Smolensk State Agricultural Academy, Bolshaia Sovetskaia street, 10/2, Smolensk, 214000, Russia, fedja06@email.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3590-104X>

Sergei E. Terentev Cand. Sci. (Agric.), associate professor, agricultural processing technology department, Smolensk State Agricultural Academy, Bolshaia Sovetskaia street, 10/2, Smolensk, 214000, Russia, sgsha.nauka@mail.ru

Вклад авторов

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

Contribution

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 22/01/2020	После редакции 01/02/2020	Принята в печать 10/02/2020
Received 22/01/2020	Accepted in revised 01/02/2020	Accepted 10/02/2020

Инновационные способы переработки биотходов птицеводства

Василий Н. Попов¹ pvn@vsuet.ru  0000-0003-1294-8686
 Ольга С. Корнеева¹ korneeva-olgas@ya.ru  0000-0002-2863-0771
 Олег Ю. Искусных¹ oleisk@ya.ru
 Анна Ю. Искусных² annaiskus@ya.ru

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

² Воронежский государственный медицинский университет ул. Студенческая 10, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В работе представлен обзор методов переработки и утилизации куриного помета. Птицефабрики являются источником образования помета в количестве гораздо большем основной продукции. В помете содержится до 80% органического вещества, много микроэлементов, все незаменимые аминокислоты, регуляторы роста, витамины, азот и фосфор. По федеральному каталогу отходов свежий куриный помет относится к 3-ему классу опасности. В свежем помете, в значительном количестве содержатся семена сорных растений, яйца гельминтов и патогенных микроорганизмов. Помет является источником ядовитых газов - аммиака, сероводорода, метана, окиси углерода. Без переработки помет становится источником загрязнения окружающей среды. Утилизация куриного помета для многих хозяйств является трудноразрешимым вопросом. Современные направления по переработке и использованию птичьего помета: 1) Прямое внесение в почву без дополнительной обработки, 2) Переработка пассивным и активным компостированием, 3) Вермикомпостирование, 4) Переработка с помощью личинок домашней мухи, 5) Обезвоживание и сушка (механическая, термическая, вакуумная), 6) Пиролиз при $t = 450-550\text{ }^{\circ}\text{C}$, 7) Плазменная газификация, 8) Технология термической деполимеризации, 9) Прямое сжигание в паровых и водогрейных котлах, 10) Микробиологическая конверсия, 11) Анаэробное сбраживание в метантенках с образованием биогаза, 12) Помет как составляющая комбикормов для крупного рогатого скота. Рассмотренные технологии утилизации птичьего помета в полной мере не способствуют сохранению окружающей среды и ведению производства. На современном этапе промышленность нуждается в экологически чистой и экономически выгодной биотехнологии переработки помета, которая позволяет превратить органические отходы в ценное сырье для получения кормов, горючих материалов, удобрений, субстратов для химической и микробиологической промышленности. Будущее утилизации отходов за природоподобными технологиями, т.к. в природе все необходимые механизмы переработки уже есть.

Ключевые слова: помет, компостирование, переработка, биотехнология, утилизация, микробиология, биогаз, экология

Innovative ways to process poultry waste

Vasily N. Popov¹ pvn@vsuet.ru  0000-0003-1294-8686
 Olga S. Korneeva¹ korneeva-olgas@ya.ru  0000-0002-2863-0771
 Oleg Yu. Iskusnykh¹ oleisk@ya.ru
 Anna Yu. Iskusnykh² annaiskus@ya.ru

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

² Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, 10, Studencheskaya Street, 394036 Voronezh, Russia

Abstract. This paper provides an overview of methods for processing and recycling chicken droppings. Poultry farms are a source of litter formation in an amount much larger than the main products. The litter contains up to 80% organic matter, many trace elements, all essential amino acids, growth regulators, vitamins, nitrogen and phosphorus. According to the Federal waste catalog, fresh chicken droppings belong to the 3rd hazard class. Fresh dung contains a significant amount of weed seeds, helminth eggs and pathogenic microorganisms. Dung is a source of toxic gases-ammonia, hydrogen sulfide, methane, carbon monoxide. Without recycling, manure becomes a source of environmental pollution. Disposal of chicken droppings is a difficult issue for many farms. Modern trends in the processing and use of poultry manure: 1) direct application to the soil without additional treatment, 2) Processing by passive and active composting, 3) Vermicomposting, 4) Processing with the help of housefly larvae, 5) Dehydration and drying (mechanical, thermal, vacuum), 6) Pyrolysis at $t = 450-550\text{ }^{\circ}\text{C}$, 7) Plasma gasification, 8) thermal depolymerization Technology, 9) Direct combustion in steam and hot water boilers, 10) Microbiological conversion, 11) anaerobic digestion in Methane tanks with the formation of biogas, 12) Dung as a component of compound feed for cattle. The considered technologies of utilization of bird droppings do not fully contribute to the preservation of the environment and production. At the present stage, the industry needs an environmentally friendly and cost-effective biotechnology for processing manure, which makes it possible to turn organic waste into valuable raw materials for obtaining feed, fuels, fertilizers, and substrates for the chemical and microbiological industries. The future of waste management is in nature-like technologies, because in nature, all the necessary processing mechanisms are already in place.

Keywords: litter, composting, recycling, biotechnology, recycling, microbiology, biogas, ecology

Введение

Птицеводство в России является экономически выгодным производством, обеспечивающим население мясом птицы, яйцами и продуктами их переработки. Птицефабрики

являются источником образования помета в количестве гораздо большем основной продукции (более 25 млн тонн в год). В год одна птица (курица) дает около 250 шт. яиц (16–17 кг) и выделяет до 50–60 кг помета влажностью в среднем около 70%.

Для цитирования

Попов В.Н., Корнеева О.С., Искусных О.Ю., Искусных А.Ю. Инновационные способы переработки биотходов птицеводства // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 194–200. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-194-200

For citation

Popov V.N., Korneeva O.S., Iskusnykh O.Yu., Iskusnykh A.Yu. Innovative ways to process poultry waste. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 194–200. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-194-200

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

Птичий помет – продукт выделения птиц, серо-зеленый комковатый коллоидный субстрат, в частицах помета содержится от 30 до 80% органического вещества.

Помет является источником ядовитых газов – аммиака, сероводорода, метана, окиси углерода, загрязняющих атмосферу и неблагоприятно влияющих на состояние озонового слоя.

В свежем помете, как правило, в значительном количестве содержатся семена сорных растений, яйца гельминтов, он является благоприятной средой для развития патогенных микроорганизмов (1). По данным Всемирной организации здравоохранения более 100 видов различных возбудителей болезней животных и человека могут успешно развиваться в этой среде. В помете также содержатся медикаменты, используемые для дезинфекции птичников.

Внесение в почву помета без предварительного карантинирования и переработки не разрешается. Известно, что при попадании в почву свежего помета возбудитель сальмонеллеза сохраняет жизнеспособность до 5 мес, туберкулеза – 17 мес. Почва при внесении такого помета в значительной степени обсеменяется микрофлорой, что создает экологическую и санитарную опасность. По федеральному классификационному каталогу отходов (ФККО) свежий куриный помет относится к 3-ему классу опасности, а перепревший уже относится к 4 классу опасности и является ценным органическим удобрением, содержащим все необходимые питательные вещества для роста и развития растений.

В помете содержится: азот (N) – 1,6%, фосфор (P) – 1,5%, калий (K) – 0,8%, кальций (Ca) – 2,4%, магний (Mg) – 0,7%, сера (S) – 0,4%, а также микроэлементы: медь, марганец, кобальт, цинк, бор, все незаменимые аминокислоты, регуляторы роста – ауксины, многие витамины (каротин, В 12, никотиновая кислота, витамин К, витамин Е и др.) (2). Азота и фосфора в помете в несколько раз больше, чем в навозе КРС и свиней.

Обсуждение

Проблема переработки отходов птицеводства стоит особенно остро, она неотделима от проблем плодородия почвы и экологической безопасности. При несвоевременной переработке помет становится источником загрязнения окружающей среды (атмосферы, водоемов, почв, подземных вод). Утилизация куриного помета для многих хозяйств является трудноразрешимым вопросом, который требует существенных материальных затрат и наличия свободных площадей.

Одно из наиболее распространенных решений – использование помета в качестве удобрения или для их производства. Однако, этот ресурс используется только на 30%, что объясняется отсутствием эффективных технологий такого производства, так как одни из них приводят к потере ценных веществ, другие – недостаточно полно обеззараживают.

Основные современные направления по переработке и использованию птичьего помета:

1. Прямое внесение в почву без дополнительной обработки.

Наиболее простой и дешевый способ, почти не использующийся на данный момент, т. к. вызывает ряд экологических проблем, связанных с заражением почвы, поверхностных и подземных вод. Свежий помет является источником аммиака и сероводорода, в нем содержатся семена сорных растений, яйца гельминтов, антибиотики, пестициды, соли тяжелых металлов.

2. Переработка пассивным и активным компостированием.

Этот способ отличает простота использования, он широко распространен и востребован из-за дефицита в почве органики, что является интегральным показателем ее плодородия. При пассивном компостировании за 6 месяцев реутилизируются неусвоенные птицей питательные вещества кормов. При интенсивном компостировании с введением специальных микроорганизмов или химических реагентов (фосфоритной муки, суперфосфата, карбоната кальция) за 6–10 сут.

Компостирование – преобразование органических отходов разложением, увеличивающий скорость природной минерализации. Компостирование может протекать как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Анаэробное компостирование с участием мезофильных и термофильных бактерий протекает быстрее. При компостировании используют различные наполнители – торф, опилки, солома и т. д. Недостатками процесса компостирования является значительная длительность процесса и существенное загрязнение окружающей среды.

Компостирование навоза и помета – один из перспективных и экономичных методов. Главный фактор, влияющий на интенсивность компостирования – соотношение С к N (C:N). Эффективное протекание процесса компостирования возможно при соотношении C:N равном 20–30:1. В бесподстильном навозе углерода недостаточно (5–10:1). Тогда как в подстильном показатель близок к оптимальному (19:1). Добавление углеродсодержащих субстратов (торфа, соломы, опилок и т. д.) позволяет оптимизировать процесс компостирования.

В сельском хозяйстве используют три основных способа компостирования-площадочный, очаговый, послойный (наиболее эффективный и широко распространенный).

При компостировании протекают процессы ферментации органических веществ, обусловленные деятельностью аэробной микрофлоры, одновременно протекает минерализация до простых соединений и гумификация с образованием сложных органических веществ, устойчивых к разложению. На разных стадиях компостирования наблюдается интенсивное развитие мезофильной микрофлоры и активизация окислительных процессов. При этом происходит саморазогрев компостируемого материала. При температурах выше 55 °С наступает полная дегельминтизация и теряют всхожесть семена сорных растений. Продолжительность этой стадии зависит от многих условий и составляет примерно 12–14 недель. Процесс заметно ускоряется при положительных температурах, оптимальной влажности и в аэробных условиях. Затем происходит повышение температуры до 80 °С, при которой мезофилы гибнут и начинают размножаться термофильные бактерии, происходят процессы синтеза гумусовых соединений.

Зрелый компост – однородная рассыпчатая масса, которая содержит до 20% гумуса.

Пассивное компостирование – наиболее известная и распространенная технология. Органическая смесь помета и подстилочного материала вывозится на поле и через полгода происходит созревание смеси. Образуется компост, используемый в качестве удобрения. Недостатки технологии-неприятный запах, загрязнение почвы и вод гельминтами, появление сорных растений. При клеточном бесподстилочном содержании птицы для компостирования помета требуется добавление наполнителя, что делает процесс дороже. Данный способ требует значительных площадей под компостирование и в целом его нельзя назвать перспективным.

Интенсивное компостирование позволяет получить готовый компост в буртах всего за неделю. При этом способе значительно сокращаются используемые площади, но требуются дополнительные затраты на приобретение микробиологических и химических препаратов, организацию продувки буртов подогретым воздухом. При пониженных температурах этот процесс возможен только в закрытых помещениях, что делает его экономически несостоятельным (3).

3. Вермикомпостирование – способ переработки помета калифорнийским (дождевым) червем *Eisenia foetida* Andrei в вермикомпост. Процесс осуществляют в ящиках, контейнерах на стеллажах и грядках с наполнителями (песком, почвой) при регулярном добавлении

органики и насыщении воздухом. Его продолжительность 1–3 мес. при $t = 20\text{--}28\text{ }^{\circ}\text{C}$, влажности 75–80% и $\text{pH} = 5\text{--}8$.

Вермикомпост по содержанию гумуса превосходит навоз и помет в 4–8 раз, при этом повышение гумуса на 1% повышает урожайность зерновых на 5–6 ц/га. Черви содержат от 68 до 82% белка и являются кормом для рыб и птицы.

Черви перерабатывают органику быстрее микроорганизмов. Они поглощают вместе с почвой растительные остатки, простейших, микроорганизмы грибы, водоросли, переваривают их и выделяют вместе с копролитами гумус, аминокислоты, ферменты, витамины, биологически активные вещества, подавляющие патогенную микрофлору. Органическая масса приобретает гранулярную форму и запах почвы, обеззараживается.

Недостатками вермикомпостирования является возможность использования только перепревшего в компост помета, большие затраты ручного труда, отсутствие специализированных средств механизации, необходимость утепления в холода, все это повышает себестоимость вермикомпоста. Вермикультивирование – экологически целесообразный метод, получивший широкое распространение в Европе, Азии, Австралии.

4. Переработка с помощью личинок домашней мухи (*Musca domestica* L.). Эту технологию считают экологически чистой, она рассчитана на производство биогумуса и белковую биомассу личинок. При этом процесс осуществляется быстро – за 5–6 суток из 1 т помета можно получить 640–700 кг биогумуса и 60–100 кг биомассы личинок.

Биогумус при дозе внесения 3–5 т/га (что ниже дозы внесения традиционной органики в 8–10 раз) повышает в 1,2–1,5 раза урожайность, при этом погибают нематоды и другие вредители. Цена биогумуса на мировом рынке в зависимости от влажности \$/т 400–1500. Биомасса личинок (содержание белка 48–52%) служит кормом для рыбы и птицы. Из куколок, личинок и мух можно получать высококачественный хитин и хитозан для пищевой, парфюмерной, медицинской и фармацевтической промышленности (4).

Недостатки те же, что и при вермикомпостировании. В данном случае оборудование для механизации процесса не разработано и не выпускается.

5. Обезвоживание, сушка.

А) Механическая сушка в пресс-фильтрах или центрифугирование. Нативный клеточный помет (КП) на ряде птицефабрик имеет высокую влажность (твердый до 80%, полужидкий – до 90% и жидкий – до 97%) обусловленную его гидросмывом или разбавлением водой твердого помета в помехохранилищах для облегчения его загрузки насосами в транспортные средства.

Поэтому, в случае переработки такого помета его необходимо обезвоживать. Обезвоживать необходимо также подстилочный помет перед его сжиганием. Утилизация образующихся при этом сильнозагрязненных стоков (БПК порядка 15 г/л) также представляет серьезную проблему.

Б) Термическая сушка. Сушка помета при высоких температурах способствует его обеззараживанию, при этом сырой помет превращается в сыпучее вещество, не имеющее неприятного запаха. Его можно вносить в почву любыми машинами, предназначенными для разбрасывания минеральных удобрений. Наиболее распространены сушилки барабанного типа, в которых помет сушат в потоке топочных газов, имеющих температуру 600–1100 °С. Разработаны конструкции таких сушилок производительностью от 0,5 до 10 т/ч. Система BPS для сушки и измельчения биоматериала применяется во многих странах мира, в США, Японии, Корее и т. д.

В России разработаны сушилки барабанного типа УСПП-1 производительностью 1 т/ч по сухому продукту и УСПП-03 производительностью до 3 т/ч. Комплекты используются на ряде птицефабрик и зарекомендовали себя с положительной стороны. Зарубежные установки не находят в РФ применения из-за их высокой стоимости и малой производительности.

В) Вакуумная сушка. Технология является инновационной, затраты на получение сухого помета будут напрямую зависеть от влажности пометной массы. Технология позволяет вести обработку при щадящих температурах, что позволяет сохранить ценные компоненты удобрения. Достоинством метода является экологическая безопасность производства, необходимость минимальной площади застройки, высокое качество удобрения.

6. Пиролиз при $t = 450\text{--}550\text{ }^{\circ}\text{C}$ с производством газообразного и жидкого топлива, а также минерального сорбента. Недостатки: низкий КПД = 74,7%; необходимость предварительного высушивания помета; предназначен только для подстилочного помета; отсутствие отечественного производства соответствующего крупнотоннажного оборудования. Кроме того, полученная пиролизная масса более токсична, чем сам помет и нуждается в захоронении.

7. Плазменная газификация. Технология позволяет перерабатывать отходы сельскохозяйственного производства и получать дополнительную тепловую и электрическую энергию. Степень переработки достигает 99,7%, образование токсических веществ минимально. Применение низкотемпературной плазмы – одно из перспективных направлений в области утилизации

отходов, т. к. при этом достигается высокая степень обезвреживания канцерогенных веществ, на которые установлены жесткие нормы ПДК в воздухе, воде и почве.

Процесс основан на использовании дуговой плазмы в качестве источника нагрева для высокотемпературной газификации органической или другой углеродсодержащей компоненты. Плазмообразующим газом является водяной пар. Процесс нечувствителен к влажности субстрата, в газе отсутствуют окислы азота и кислород, поэтому он не взрывоопасен. Синтезированный газ может быть использован для автономного энергоснабжения, а значит можно сделать процесс энергонезависимым. Данная технология способна разрушить любые органические и биологические материалы, сократив объем отходов.

8. Технология термической деполимеризации (TDP) позволяет из органических и углеводородных отходов птицеводства получить твердое, жидкое и газообразное топливо, химикаты и удобрения. Первая стадия обработки проходит при температурах 250–350 °С, вторая – при 500–700 °С. Впервые TDP-установка была запущена в США. Благодаря ей можно получать масла, схожие с дизельным топливом. Ученые продемонстрировали также возможность использования куриного помета в твердооксидных топливных элементах (SOFC) для получения водорода и электричества.

9. Прямое сжигание в паровых и водогрейных котлах. Из 1 т подстилочного помета на отечественном оборудовании можно получить до 2-х Гкал тепловой энергии или 3 т пара или до 600 кВт/час электроэнергии, а из золы произвести минеральный кондиционер почвы. Сжигание обладает высокой производительностью, позволяет существенно снизить объемы отходов и затраты на их дальнейшее обращение.

Однако, работа дорогостоящих установок по переработке помета путем прямого сжигания сопровождается такими проблемами, как высокая степень минерализации, низкая температура плавления и летучесть зольно-шлаковых компонентов, приводящие к коксованию в теплообменниках, дымовых трубах, образованию газонепроницаемой пленки из расплава золы на поверхности топлива, высокая степень коррозии котлового и теплообменного оборудования. При прямом сжигании в воздух выделяются токсины, а выход золы составляет около 10% от исходной массы, поэтому технология сжигания помета нуждается в дальнейшем совершенствовании.

10. Микробиологическая конверсия. Известно, что использование смешанных консорциумов микроорганизмов позволяет перерабатывать сложные органические субстраты,

которые не поддаются утилизации с помощью монокультур. Использование биотехнологических препаратов на основе консорциумов эффективных микроорганизмов способствует очистке стоков, почв, сельскохозяйственных угодий является актуальным и востребованным. Определенный консорциум микроорганизмов может быть адаптирован и для переработки птичьего помета. Включение в состав удобрений экологически безопасных микробиологических компонентов способствует ускоренной минерализации и разложению органического вещества [5].

В основе метода биоконверсии отходов лежит специально подобранный микробный препарат с определенным соотношением групп микроорганизмов разных трофических групп с наличием целлюлозолитических, протеолитических, амилолитических ферментов, обладающих антибактериальными, азотфиксирующими, термотолерантными свойствами [6].

При этом подбираются штаммы с высоким деструктивным потенциалом по отношению к липидам, белкам, углеводам. Для микробиологической обработки птичьего помета используют ассоциации микроорганизмов: *Endomycopsis fibuligera*, *Erwinia sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Alcaligenes sp.* [7]. Показана обеззараживающая и антигельминтная активность микроорганизмов родов *Bacillus* и *Trichoderma*, под их воздействием исчезал аммиачный запах помета, значительно снижалась его влажность [8].

Поиск эффективных микроорганизмов-деструкторов органических отходов птицефабрик, создание полноценных консорциумов микроорганизмов и их внедрение-один из наиболее перспективных методов борьбы с органическими отходами сельхозпроизводства.

11. Анаэробное сбраживание в метантенках с образованием биогаза (анаэробная биоконверсия). Стандартная биогазовая установка – герметически закрытая камера с теплообменником, оснащенная устройствами ввода и вывода сырья, а также для отвода образующегося газа. В основу работы биогазовой установки заложены процессы сбраживания и разложения органических веществ под воздействием анаэробных метаногенных ассоциаций бактерий, при температурах среды 15–20 °С – для психрофильных, 30–40 °С – для мезофильных, 50–70 °С – для термофильных бактерий. Высокой эффективностью обладают культуры *Clostridium thermocellum*, *Methanobacterium thermoformicum*, *Bacillus megaterium*, *Methylomonas methanica* [9–11].

Биогаз образуется в ходе биологического процесса анаэробной ферментации. Преимущественно он состоит из метана (50–87%) и углекислого газа (13–50%) с примесями водорода,

сероводорода, аммиака и др. газов. В результате очистки от примесей (сепарирования) получают биометан – аналог природного газа. Теплотворная способность биогаза составляет 4700–6000 ккал/м³ и зависит от содержания метана. Из биогаза получают электроэнергию, а оставшаяся фракция используется как удобрение. Термофильный процесс требует больших затрат тепла, но имеет наиболее высокую скорость распада, более высокий выход биогаза и наименее вреден для окружающей среды.

Данная технология уменьшает требуемые объемы хранилищ, значительно снижает выброс парниковых газов в атмосферу, отходы переработки используются как удобрения. Биогаз активно получают во всем мире. По сравнению с другими энергоносителями биогаз обладает преимуществами возобновляемости, наличием источников сырья, снижением парникового эффекта [12].

Недостатки технологии: неэффективность в холодное время года; отсутствие в РФ производства высокопроизводительного оборудования; невозможность обрабатывать пастообразный клеточный помет без разведения водой; необходимость дорогостоящей аэробной доочистки стоков выходящих из метантенков; необходимость выделения, обезвоживания и доочистки образующегося метана, взрывоопасность.

12. Помет как составляющая комбикормов для крупного рогатого скота.

Известно, что в животноводческую продукцию переходит только около 15–17% всей энергии кормов, около 27% идет на их переваривание и усвоение и более 50% переходит в помет и навоз, поэтому они могут выступать перспективным кормовым резервом. Пищеварительный тракт жвачных животных позволяет эффективно извлекать питательные вещества из корма и это делает возможным использование птичьего помета в качестве добавки к естественному рациону КРС. Необработанный помет из-за характерного запаха, неприятного вкуса и наличия в нем патогенной и условно-патогенной микрофлоры в этих целях применять нельзя. Сушка и термообработка позволяют устранить запахи и уничтожить микрофлору и открывают широкие возможности по использованию куриного помета. Подкормка в виде подготовленного куриного помета позволяет значительно увеличить привес животных при откорме, уменьшив затраты на обеспечение этого привеса. Как и в случае применения помета в качестве удобрений, требования, обеспечивающие широкое использование те же: низкая цена и удобство использования [13]. Зарубежный опыт показал эффективность использования помета в комбикормах для КРС, овец, свиней, бройлеров

и др. животных, в том числе до 20–30% снижение затрат на корма. В рационах с высоким содержанием грубого корма молодняк КРС использует его в качестве источника протеина лучше, чем др. источники небелкового азота. Импульсные технологии позволяют выделять из куриного помета высококачественные протеины для медицинского использования [14].

Заключение

Рассмотренные технологии утилизации птичьего помета в полной мере не способствуют сохранению окружающей среды и ведению производства. На современном этапе промышленности нуждается в экологически чистой и

экономически выгодной технологии. Использование биотехнологических методов позволяет превратить органические отходы в ценное сырье для получения кормов, горючих материалов, удобрений, субстратов для химической и микробиологической промышленности [15, 16].

Многие ученые сходятся во мнении, что будущее утилизации отходов за природоподобными технологиями, т. к. в природе все необходимые механизмы переработки уже есть. Необходимо разрабатывать и изучать новые идеи и новыетехнологии, а при оценке их конкурентоспособности учитывать показатели производительности процессов, ресурсоемкость и экологичность.

Литература

- 1 Алиева А.К., Дмитриченко М.И., Пеленко В.В. Микробиологическая безопасность и контроль качества продуктов птицеводства реализуемых в торговых сетях Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1. С. 290–296. doi: 10.20914/2310-1202-2017-1-290-296
- 2 Башкиров В.Н., Халитов А.З., Грачев А.Н., Тунцев Д.В. и др. Исследование термохимического метода переработки куриного помета и определение материального баланса продуктов // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 1. С. 105–107.
- 3 Иванов А.Н., Белов В.В. Способы и установки для утилизации птичьего помета // Образование и наука: современные тренды. 2017. С. 151–167.
- 4 Курченко В.П., Буга С.В., Петрашкевич Н.В., Буткевич Т.В. и др. Технологические основы получения хитина и хитозана из насекомых // Труды БГУ. 2016. Т. 11. № 1. С. 110–126.
- 5 Завалин А.А., Чеботарь В.К., Ариткин А.Г., Сметов Д.Б. Биологизация минеральных удобрений как способ повышения эффективности их использования // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 9.
- 6 Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Логинов О.Н. Разработка эффективной микробной композиции для биоконверсии отходов птицеводства // Экобиотех. 2018. Т.1. № 1. С. 33–38.
- 7 Седых В.А., Карауш П.Ю. Перспективы создания органических удобрений с заданными свойствами на основе птичьего помета (обзор) // Плодородие. 2010. № 6. С.14–16.
- 8 Сидоренко М.Л., Бузолева Л.С., Слепцова Н.А., Бойко А.Н. Определение деструктивного потенциала штаммов микроорганизмов по отношению к куриному помету // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (162).
- 9 Занина И.А., Молев М.Д., Костромина Е.И., Рожкова О.В. Утилизация техногенных ресурсов с использованием микробной биоконверсии // Инженерный вестник Дона. 2015. Т. 38. № 4–1.
- 10 Kim J.M., Lim W.J., Suh H.J. Feather-degrading Bacillus species from poultry waste // Process Biochemistry. 2001. V. 37. № 3. P. 287–291.
- 11 Ramzan N., Ashraf A., Naveed S., Malik A. Simulation of hybrid biomass gasification using Aspen plus: A comparative performance analysis for food, municipal solid and poultry waste // Biomass and Bioenergy. 2011. V. 35. № 9. P. 3962–3969.
- 12 Dong X., Tollner E. W. Evaluation of Anammox and denitrification during anaerobic digestion of poultry manure // Bioresource Technology. 2003. V. 86. № 2. P. 139–145.
- 13 Дерканосова А.А. Анализ перспективы производства отечественных кормовых препаратов // Вестник ВГУИТ. 2012. № 2. С. 194–196. doi: 10.20914/2310-1202-2012-2-194-196
- 14 Хазан М.А., Месхи Б.Ч., Павлов А.В. Экологическая необходимость и экономическая целесообразность переработки куриного помета // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2005. № S9.
- 15 Shevtsov A.A., Drannikov A.V., Derkanosova A.A., Borodovicyn A.M. et al. Preparation and application of fodder vitamin additive choline chloride B4 on the basis of dried beet pulp in premix composition // International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences. 2017. V. 6. № 1. P. 217–226.
- 16 Vasilenko V.N. et al. Energy-efficient press for oil-bearing crops // Russian Engineering Research. 2017. V. 37. № 4. P. 330–331.
- 17 Drannikov A.V., Derkanosova A.A., Korotaeva A.A., Orinicheva A.A. et al. Study of feed protein supplement with the properties of phytobiotics // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 2020. V. 422. № 1. P. 012086. doi: 10.1088/1755-1315/422/1/012086

References

- 1 Alieva A.K., Dmitrichenko M.I., Pelenko V.V. Microbiological safety and quality control of poultry products sold in retail chains of St. Petersburg and the Leningrad Region. Proceedings of VSUET. 2017. vol. 79. no. 1. pp. 290–296. doi: 10.20914/2310-1202-2017-1-290-296 (in Russian).
- 2 Bashkirov V.N., Halitov A.Z., Grachev A.N., Tuntsev D.V. et al. Study of the thermochemical method for processing chicken manure and determination of the material balance of products. Bulletin of Kazan Technological University. 2012. vol. 15. no. 1. pp. 105–107. (in Russian).

- 3 Ivanov A.N., Belov V.V. Methods and installations for the utilization of bird droppings. Education and science: modern trends. 2017. pp. 151–167. (in Russian).
- 4 Kurchenko V.P., Buga S.V., Petrashkevich N.V., Butkevich T.V. et al. Technological foundations of obtaining chitin and chitosan from insects. Transactions of BSU. 2016. vol. 11. no. 1. pp. 110–126. (in Russian).
- 5 Zavalin A.A., Chebotar V.K., Aritkin A.G., Smetov D.B. Biologization of mineral fertilizers as a way to increase the efficiency of their use. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2012. no. 9. (in Russian).
- 6 Kuzina E.V., Rafikova G.F., Loginov O.N. Development of an effective microbial composition for bioconversion of poultry waste. Ecobiotech. 2018. vol. 1. no. 1. pp. 33–38. (in Russian).
- 7 Sedykh V.A., Karaush P.Yu. Prospects for creating organic fertilizers with desired properties based on bird droppings (review). Fertility. 2010. no. 6. pp. 14–16. (in Russian).
- 8 Sidorenko M.L., Buzoleva L.S., Sleptsova N.A., Boyko A.N. Determination of the destructive potential of microorganism strains in relation to chicken droppings. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2018. no. 4 (162). (in Russian).
- 9 Zanina I.A., Molev M.D., Kostromina E.I., Rozhkova O.V. Utilization of technogenic resources using microbial bioconversion. Engineering Bulletin of the Don. 2015. vol. 38. no. 4–1. (in Russian).
- 10 Kim J.M., Lim W.J., Suh H.J. Feather-degrading *Bacillus* species from poultry waste. Process Biochemistry. 2001. vol. 37. no. 3. pp. 287–291.
- 11 Ramzan N., Ashraf A., Naveed S., Malik A. Simulation of hybrid biomass gasification using Aspen plus: A comparative performance analysis for food, municipal solid and poultry waste. Biomass and Bioenergy. 2011. vol. 35. no. 9. pp. 3962–3969.
- 12 Dong X., Tollner E. W. Evaluation of Anammox and denitrification during anaerobic digestion of poultry manure. Bioresource Technology. 2003. vol. 86. no. 2. pp. 139–145.
- 13 Derkanosova A.A. Analysis of the prospects for the production of domestic feed preparations. Proceedings of VSUET. 2012. no. 2. pp. 194–196. doi: 10.20914/2310-1202-2012-2-194-196 (in Russian).
- 14 Khazan M.A., Meskhi B.Ch., Pavlov A.V. Ecological need and economic feasibility of processing chicken manure. News of higher educational institutions. North Caucasus region. Natural Sciences. 2005. no. S9. (in Russian).
- 15 Shevtsov A.A., Drannikov A.V., Derkanosova A.A., Borodovitsyn A.M. et al. Preparation and application of fodder vitamin additive choline chloride B4 on the basis of dried beet pulp in premix composition. International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences. 2017. vol. 6. no. 1. pp. 217–226.
- 16 Vasilenko V.N. et al. Energy-efficient press for oil-bearing crops. Russian Engineering Research. 2017. vol. 37. no. 4. pp. 330–331.
- 17 Drannikov A.V., Derkanosova A.A., Korotaeva A.A., Orinicheva A.A. et al. Study of feed protein supplement with the properties of phytobiotics. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 2020. vol. 422. no. 1. pp. 012086. doi: 10.1088/1755-1315/422/1/012086

Сведения об авторах

Василий Н. Попов д.б.н., профессор, ректор, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, pvn@vsuet.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1294-8686>

Ольга С. Корнеева д.б.н., профессор, проректор, зав. кафедрой 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>

Олег Ю. Искусных к.б.н., соискатель, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, Воронеж, 39406, Россия, oleisk@ya.ru

Анна Ю. Искусных к.б.н., ассистент, кафедра биохимии, Воронежский государственный медицинский университет, ул. Студенческая 10, г. Воронеж, 394036, Россия, annaiskus@ya.ru

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Vasily N. Popov Dr. Sci. (Biol.), professor, rector, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, pvn@vsuet.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1294-8686>

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>

Oleg Yu. Iskusnykh Cand. Sci (Biol.), applicant, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, oleisk@ya.ru

Anna Yu. Iskusnykh Cand. Sci (Biol.), assistant, biochemistry department, Voronezh State Medical University, 10 Studentskaya str. Voronezh, 394036, Russia, annaiskus@ya.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 03/02/2020	После редакции 15/02/2020	Принята в печать 24/02/2020
Received 03/02/2020	Accepted in revised 15/02/2020	Accepted 24/02/2020

Ресурсосберегающие термодинамические циклы в технологии хранения жидкого углеводородного топлива

Александр А. Шевцов¹ shevalol@rambler.ru  0000-0003-2599-5692Сергей А. Шевцов² shevtsov_sa@bk.ruВладислав А. Кошелев¹

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

² Воронежский институт – филиал Ивановской пожарно-спасательной академии государственной противопожарной службы МЧС России, ул. Краснознаменная, 231, Воронеж, 394052, Россия

Аннотация. Предложены ресурсосберегающие термодинамические циклы по материальным и энергетическим потокам в технологии хранения жидкого углеводородного топлива в резервуарах с использованием парокомпрессионного теплового насоса, обеспечивающие снижение потерь топлива, образовавшегося в результате испарения. Тепловой насос укомплектован двухсекционным испарителем, рабочая и резервная секции которого попеременно работают в режимах конденсации и регенерации. Пары углеводородного топлива из резервуара отводятся в секцию испарителя, работающую в режиме конденсации. Вода, содержащаяся в парах топлива, конденсируется на теплообменной поверхности в виде ледяной корки, а отделившееся от воды сконденсированное топливо отводится в промежуточный сборник с возвратом в резервуар для хранения. Теплота конденсации хладагента в конденсаторе используется для нагрева промежуточного теплоносителя, который направляется на размораживание секции испарителя, работающей в режиме регенерации. После этой секции отработанный промежуточный теплоноситель возвращается в конденсатор в режиме замкнутого термодинамического цикла. Вода, образовавшаяся при размораживании, направляется на стадию биологической очистки. Таким образом, создаются реальные условия повышения энергетической эффективности и экологической безопасности технологии хранения жидкого углеводородного топлива в резервуарах с максимальной конденсацией паров, образующихся в результате испарения.

Ключевые слова: углеводородное топливо, ресурсосбережение, экологическая безопасность, технология хранения, испарение топлива, конденсация паров, парокомпрессионный насос, термодинамические циклы

Resource-saving thermodynamic cycles in liquid hydrocarbon fuel storage technology

Alexander A. Shevtsov¹ shevalol@rambler.ru  0000-0003-2599-5692Sergey A. Shevtsov² shevtsov_sa@bk.ruVladislav A. Koshelev¹

¹ Military Training and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina", st. Old Bolsheviks, 54a, Voronezh, 394064, Russia

² Voronezh Institute – a branch of the Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia, Red-Unknown st., 231, 394052 Voronezh, Russia

Abstract. Resource-saving thermodynamic cycles for material and energy flows in the technology of storing liquid hydrocarbon fuel in tanks using a vapor compression heat pump are proposed, which reduce the loss of fuel resulting from evaporation. The heat pump is equipped with a two-section evaporator, the working and reserve sections of which alternately operate in condensation and regeneration modes, respectively. Vapors of hydrocarbon fuel from the tank are discharged to the evaporator section operating in condensation mode. The water contained in the fuel vapor condenses on the heat ex-change surface in the form of an ice crust, and the condensed fuel separated from the water is discharged into an intermediate tank and returned to the storage tank. The condensation heat of the refrigerant in the condenser is used to heat the intermediate coolant, which is sent to defrost the section of the evaporator operating in the regeneration mode. After this section, the spent intermediate coolant is returned to the condenser in the closed thermodynamic cycle mode. The water formed during defrosting is sent to the biological treatment stage. Thus, real conditions are created for increasing the energy efficiency and environmental safety of the technology for storing liquid hydrocarbon fuel in tanks with maximum condensation of the vapors resulting from evaporation.

Keywords: hydrocarbon fuel, resource saving, environmental safety, storage technology, fuel evaporation, vapor condensation, vapor compression pump, thermodynamic cycles

Для цитирования

Шевцов А.А., Шевцов С.А., Кошелев В.А. Ресурсосберегающие термодинамические циклы в технологии хранения жидкого углеводородного топлива // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 201–206. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-201-206

For citation

Shevtsov A.A., Shevtsov S.A., Koshelev V.A. Resource-saving thermodynamic cycles in liquid hydrocarbon fuel storage technology. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 201–206. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-201-206

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

Введение

Требования к экологической и промышленной безопасности производственных объектов и технологических процессов нефтяной отрасли постоянно растут, поэтому необходимость в совершенствовании технологий хранения жидкого углеводородного топлива, обеспечивающих сокращение потерь, остается в центре внимания специалистов отрасли [1–6].

Основным видом потерь нефти и нефтепродуктов, полностью не устранимых на современном уровне развития средств транспорта и хранения углеводородов, являются потери от испарения из резервуаров и других емкостей (авто- и железнодорожных цистерн, топливных баков автомобилей и др.) [4–6].

Ущерб, наносимый этими потерями, состоит не только в уменьшении количества топливных ресурсов, стоимости теряемых продуктов и снижении качества топлива, но и в отрицательных экологических последствиях, которые являются результатом загрязнения окружающей среды. [7].

Известные способы сокращения потерь углеводородного топлива от испарения объединяют общие недостатки: низкая степень сокращения потерь, они сложные и дорогостоящие, не обеспечивают выполнение требований пожарной безопасности объектов защиты по величине пожарного риска [4–6].

Анализ резервов эффективности наиболее перспективных технологий хранения жидкого углеводородного топлива показал целесообразность реализации компрессионных систем, позволяющих существенно сократить естественные потери нефтепродуктов от испарения [7].

В химической технологии все более широкое применение находят тепловые насосы (ТН), которые позволяют довести эксплуатацию оборудования до высокого энергетического совершенства в отношении рационального использования энергоносителей [8–12].

Идеология создания ТН базируется на масштабном опыте разработки холодильных машин (ХМ), что не всегда оправдано, поскольку температурные режимы работы, охлаждаемые и нагреваемые среды, рабочие тела и термодинамические циклы при совместной выработке тепла и холода в общем случае различаются. Это делает необходимым разработку и использование универсальных подходов анализа и поиска решений по повышению эффективности ТН и теплоснабжающих систем на их основе. Повышение эффективности теплонасосных установок за счет совершенствования их термодинамических

циклов и схем может составить основу современных исследований в области сокращения потерь при хранении жидкого углеводородного топлива в резервуарах [5].

Цель работы – повышение энергетической эффективности и экологической безопасности технологии хранения жидкого углеводородного топлива в резервуарах. Предусматривается максимальная конденсация паров, образующихся в результате испарения, посредством замкнутых ресурсосберегающих термодинамических циклов.

Обсуждение

В соответствии с поставленной целью замкнутые ресурсосберегающие термодинамические циклы в технологии хранения жидкого углеводородного топлива осуществлялись с использованием парокомпрессионного теплового насоса по следующей схеме (рисунок 1).

Схема содержит: резервуар с жидким углеводородным топливом 1; компрессор 2; конденсатор теплового насоса 3, двухсекционный испаритель с секциями 4,5; терморегулирующий вентиль 6; промежуточный сборник 7; теплообменник-утилизатор 8; насосы 9, 10, 11; потоки: жидкого углеводородного топлива 0.1; паров углеводородов 1.0; сконденсированного углеводородного топлива 2.0; топлива, отделенного от остатков воды 2.1; талой воды со следами углеводородов 3.0; хладагента 4.0; промежуточного теплоносителя 5.0.

Исходное углеводородное топливо по линии 0.1 поступает в резервуар 1 на хранение. Пары топлива, образующиеся при наполнении резервуара и из-за суточных колебаний температуры окружающего воздуха, по линии 1.0 направляются в рабочую секцию двухсекционного испарителя 4, работающую в режиме конденсации, где происходит конденсация паров топлива посредством рекуперативного теплообмена с кипящим хладагентом.

Процесс конденсации жидкого углеводородного топлива сопровождается образованием ледяной корки на теплообменной поверхности рабочей секции испарителя из замерзающей воды, содержащейся в парах нефтепродукта. Пары нефтепродуктов достигают температуры «точки росы», и сконденсированное жидкое углеводородное топливо, освободившееся от значительной части влаги, по потоку 2.0 отводится в промежуточный сборник 7, где происходит отделение остатков воды от нефтепродукта при отстаивании с последующим его возвратом по потоку 2.1 с помощью насоса 10 в резервуар 1.

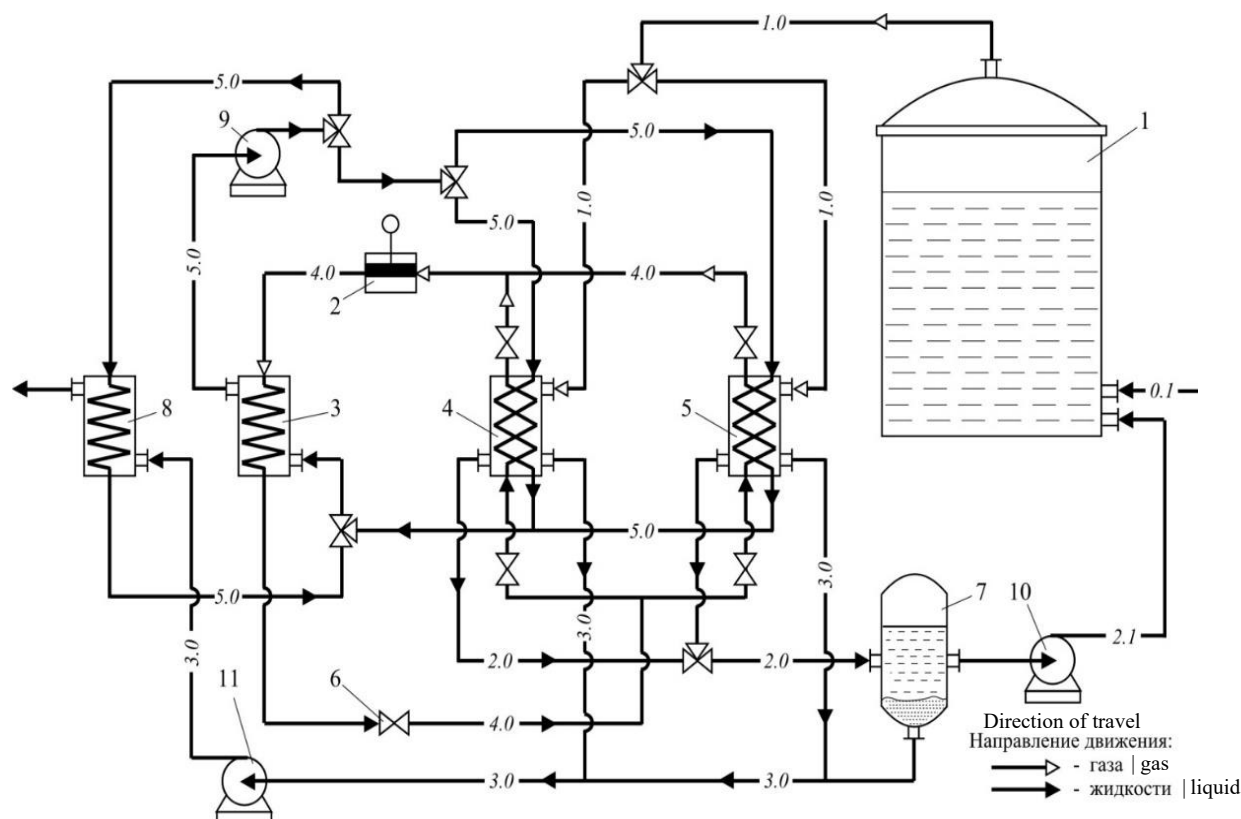


Рисунок 1. Технологическая схема применения парокомпрессионного теплового насоса при хранении жидкого углеводородного топлива в резервуарах

Figure 1. Technological scheme of applying a vapor compression heat pump for storing liquid hydrocarbon fuel in tanks

Для реализации технологии хранения жидкого углеводородного топлива в резервуарах используется парокомпрессионный тепловой насос, включающий компрессор 2, конденсатор 3, терморегулирующий вентиль 6 и двухсекционный испаритель с рабочей 4 и резервной 5 секциями, которые попеременно работают в режимах конденсации и регенерации.

Парокомпрессионный тепловой насос работает по следующему термодинамическому циклу. Хладагент, в качестве которого используется Хладон 13B1 CF₃ Br с температурой кипения -57,8 °С и критической температурой 66,9 °С, сжимается в компрессоре 2 до давления конденсации и по замкнутому контуру рециркуляции 4.0 направляется в конденсатор 3. Конденсируясь, он отдает теплоту промежуточному теплоносителю – тосолу. Затем хладагент направляется в терморегулирующий вентиль 6, где дросселируется до заданного давления. С этим давлением хладагент поступает в секцию испарителя 4, работающую в режиме конденсации, где он кипит с выделением холода, который посредством рекуперативного теплообмена используется для конденсации паров углеводородного топлива. При снижении интенсивности процесса конденсации смеси паров топлива и воды рабочая секция 4 переключается из контура

рециркуляции хладагента теплового насоса 4.0 на режим регенерации, а резервная секция 5 переключается на режим конденсации, выполняя функции рабочей секции. Такая организация переключения секций позволяет обеспечить непрерывность и максимальную эффективность процесса конденсации паров топлива. Пары хладагента после рабочей секции по замкнутому циклу 4.0 направляются в компрессор 2, сжимаются до давления конденсации и термодинамический цикл повторяется.

В технологии предусмотрена подготовка промежуточного теплоносителя, в качестве которого используется Тосол А40. Тосол нагревается в конденсаторе 3 теплового насоса за счет теплоты конденсации хладагента. Нагретый тосол отводится из конденсатора по двум потокам 5.0, один из которых подается на размораживание секции испарителя 5, работающей в режиме регенерации, а второй – направляется в теплообменник-утилизатор 8 для предварительного нагрева воды. При этом поток воды, образовавшейся при оттайке ледяной корки на теплообменной поверхности резервной секции испарителя, и поток воды со следами углеводорода, образовавшейся при осаждении в промежуточном сборнике 7, объединяются и с помощью

насоса 11 отводятся через теплообменник-утилизатор 8 на стадию биологической очистки. Потоки отработанного промежуточного теплоносителя после резервной секции испарителя и теплообменника-утилизатора объединяются и возвращаются в конденсатор 3 с образованием замкнутого термодинамического цикла.

Для оперативного управления термодинамическими циклами необходимо непрерывно определять давление насыщенного пара жидкого углеводородного топлива и через него с минимальным количеством косвенных измерений устанавливать расход топлива, возвращаемого в резервуар, исключая возможные потери при хранении.

Давление насыщенных паров компонентов, входящих в состав жидкого углеводородного топлива, функционально связано с концентрацией паров нефтепродуктов и зависит от соотношения фаз «газ-жидкость» и температуры в резервуаре. Текущее значение насыщенного пара жидкого углеводородного топлива можно определить по эмпирической формуле, предложенной Н.И. Тихоновым [4]:

$$P_{\text{НП}} = P_{38} \left[\frac{14}{10 + \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{ж}}}} \right]^{0,31} \cdot 10^{4,0283 - \frac{1252}{T}},$$

где T – температура жидкости, К; P_{38} – давление насыщенного пара при температуре $t = 38^\circ\text{C}$, кПа; $V_{\text{п}}$ – объем газовой фазы, м^3 ; $V_{\text{ж}}$ – объем жидкой фазы, м^3 .

По расчетному и измеренному значению насыщенного пара целесообразно вырабатывать сигнал отклонения, который в системах управления позволит сформировать управляющее

воздействие на мощность привода компрессора теплового насоса. В этом случае создаются условия для реализации ресурсосберегающих термодинамических циклов, которые позволяют рационально использовать рабочее тело (хладагент) в обратном цикле Карно парокомпрессионного теплового насоса, промежуточный хладагент в контуре рециркуляции обеспечить возврат жидкого углеводородного топлива по замкнутому термодинамическому циклу в резервуар с минимальными потерями от испарения.

Заключение

Предлагаемая технология хранения жидкого углеводородного топлива в резервуарах позволяет:

- повысить энергетическую эффективность за счет рационального подключения к схеме парокомпрессионного теплового насоса;
- обеспечить рекуперацию и утилизацию энергии теплоносителей и, как следствие, снизить удельные энергозатраты на реализацию технологии;
- повысить пожарную безопасность, исключив образование взрывопожароопасных концентраций паров углеводородного топлива с воздухом за счет их полной конденсации;
- повысить качество топлива, возвращаемого в резервуар для хранения, за счет удаления из него максимального количества воды;
- обеспечить экологическую безопасность за счет организации замкнутых термодинамических циклов по материальным и энергетическим потокам, исключая выброс вредных веществ в атмосферу, и отвода воды со следами углеводородов на биологическую очистку;
- исключить финансовые потери, связанные с испарением жидкого углеводородного топлива при хранении в резервуарах.

Литература

- 1 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22.08.2008 № 123-ФЗ (в ред. от 10.07.2012 № 117-ФЗ, 02.07.2013-ФЗ).
- 2 Кузнецов Е.В. Методы сокращения потерь светлых нефтепродуктов при проведении технологических операций на нефтебазах // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 2. С. 316–322.
- 3 Александров А.А., Архаров И.А. Моторные топлива. Современные аспекты безопасного хранения и реализации в городах-мегаполисах. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 352 с.
- 4 Дьяков К.В., Левин Р.Е., Земенков Ю.Д. Сверхнормативные потери от испарения при хранении в резервуарах // Нефтегазовое дело. 2017. № 1. С. 184–189.
- 5 Зоря Е.И., Лощенкова О.В. Оценка общедоступных технологий и методов определения потерь нефтепродуктов от испарения из резервуаров при хранении // Экологический вестник России. 2018. № 1. С. 24–31.
- 6 Голомянов А.И., Гладченков В.М. Борьба с потерями от испарения легкокипящих нефтепродуктов // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: материалы X региональной науч.-практ. конф. Новосибирский гос. аграрный ун-т, 2018. С. 72–75.
- 7 Артёмов В.А. Анализ способов уменьшения потерь нефтепродуктов при хранении // Сб. материалов IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2013. URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/section076.html>

8 Пат. 2693046, RU, C11C 3/04, C11C 3/10, C10L 1/02, C07C 67/03. Способ управления процессом переработки масличных семян в биодизельное топливо / Шевцов С.А., Ткач В.В., Тertychnaya Т.Н., Сердюкова Н.А. № 2018126879; Заявл. 20.07.2018; Оpubл. 31.05.2019. Бюл. № 19.

9 Шевцов С.А., Каргашиллов Д.В., Хабибов М.У. Особенности проектирования резервуарных установок сжиженных углеводородных газов в системах автономного газоснабжения с учетом оценки пожарного риска // Пожарная безопасность. 2016. № 3. С. 150–155.

10 Пат. 2622948, RU, B01D 5/00, F25J 3/00 Способ конденсации паров нефтепродуктов / Шевцов С.А., Каргашиллов Д.В., Гаврилов А.М., Шуткин А.Н., Быков И.А. № 2016136785, Заявл. 13.09.2016; Оpubл. 21.06.2017, Бюл. № 18.

11 Yunus I.S., Wichmann J. Wördenweber R. Lauersen K.J. et al. Synthetic metabolic pathways for photobiological conversion of CO₂ into hydrocarbon fuel // Metabolic Engineering. 2018. V. 49. P. 201–211. doi: 10.1016/j.ymben.2018.08.008

12 Zhang X., Tang W., Zhang Q., Wang T. et al. Hydrodeoxygenation of lignin-derived phenolic compounds to hydrocarbon fuel over supported Ni-based catalysts // Applied Energy. 2018. V. 227. P. 73–79. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.08.078

References

1 Technical regulation on fire safety requirements: Feder. Law of August 22, 2008 No. 123-FZ (as amended on July 10, 2012 No. 117-FZ, July 2, 2013-FZ). (in Russian).

2 Kuznetsov E.V. Methods for reducing losses of light oil products during technological operations at oil depots. Mountain Information and Analytical Bulletin. 2008. no. 2. pp. 316–322. (in Russian).

3 Alexandrov A.A., Arkharov I.A. Motor fuels. Modern aspects of safe storage and sale in megalopolises. Moscow, Publishing House of MSTU. N.E. Bauman, 2011. 352 p. (in Russian).

4 Dyakov K.V., Levin R.E., Zemenkov Yu.D. Excessive evaporation losses during storage in tanks. Oil and Gas Business. 2017. no. 1. pp. 184–189. (in Russian).

5 Zorya E.I., Loshchenkova O.V. Evaluation of generally available technologies and methods for determining the loss of oil products from evaporation from reservoirs during storage. Ecological Bulletin of Russia. 2018. no. 1. pp. 24–31. (in Russian).

6 Golomyanov A.I., Gladchenkov V.M. The fight against losses from evaporation of low-boiling oil products. State and innovations of technical service of machinery and equipment: materials of the X regional scientific-practical. conf. Novosibirsk state agricultural university, 2018. pp. 72–75. (in Russian).

7 Artyomenko V.A. Analysis of ways to reduce losses of oil products during storage. Youth and Science: a collection of materials of the 9th All-Russian Scientific and Technical Conference of students, graduate students and young scientists with international participation, dedicated to the 385th anniversary of the founding of Krasnoyarsk. Krasnoyarsk, Siberian Federal University, 2013. Available at: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/section076.html> (in Russian).

8 Shevtsov S.A., Tkach V.V., Tertychnaya T.N., Serdyukova N.A. The method of controlling the process of processing oilseeds into biodiesel. Patent RF, no. 2693046, 2019.

9 Shevtsov S.A., Kargashilov D.V., Khabibov M.U. Design features of reservoir installations of liquefied petroleum gases in autonomous gas supply systems taking into account fire risk assessment. Fire safety. 2016. no. 3. pp. 150–155. (in Russian).

10 Shevtsov S.A., Kargashilov D.V., Gavrilov A.M., Shutkin A.N., Bykov I.A. Method for condensation of oil product vapors. Patent RF, no. 2622948, 2017.

11 Yunus I.S., Wichmann J. Wördenweber R. Lauersen K.J. et al. Synthetic metabolic pathways for photobiological conversion of CO₂ into hydrocarbon fuel. Metabolic Engineering. 2018. vol. 49. pp. 201–211. doi: 10.1016/j.ymben.2018.08.008

12 Zhang X., Tang W., Zhang Q., Wang T. et al. Hydrodeoxygenation of lignin-derived phenolic compounds to hydrocarbon fuel over supported Ni-based catalysts. Applied Energy. 2018. vol. 227. pp. 73–79. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.08.078

Сведения об авторах

Александр А. Шевцов д.т.н., профессор, кафедра 208 общепрофессиональных дисциплин, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия, shevalol@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2599-5692>

Сергей А. Шевцов д.т.н., профессор, кафедра пожарной безопасности объектов защиты и государственного надзора, Воронежский институт – филиал Ивановской пожарно-спасательной академии государственной противопожарной службы МЧС России, 394052 Воронеж, ул. Краснознаменная, 231, shevtsov_sa@bk.ru

Information about authors

Alexander A. Shevtsov Dr. Sci. (Engin.), department of 208 general professional disciplines, Military Training and Scientific Center of the Air Force “Air Force Academy named after Professor N.Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina, st. Old Bolsheviks, 54a, Voronezh, 394064, Russia, shevalol@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2599-5692>

Sergey A. Shevtsov Dr. Sci. (Engin.), professor, department of Fire Safety of Protection Objects and State Supervision, Voronezh Institute - a branch of the Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia, 394052 Voronezh, ul. Red-Unknown, 231, shevtsov_sa@bk.ru

Владислав А. Кошелев курсант, кафедра 208 общепрофессиональных дисциплин, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия

Vladislav A. Koshelev cadet, department of 208 general professional disciplines, Military Training and Scientific Center of the Air Force “Air Force Academy named after Professor N. Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina, st. Old Bolsheviks, 54a, Voronezh, 394064, Russia

Вклад авторов

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

Contribution

All authors were equally involved in writing 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 06/02/2020	После редакции 15/02/2020	Принята в печать 25/02/2020
Received 06/02/2020	Accepted in revised 15/02/2020	Accepted 25/02/2020

Модифицированные дисперсные наполнители – натрий кремнефтористый и полифосфат аммония, их свойства и влияние на эпоксидную матрицу

Николай А. Яковлев	¹	reddeade@rambler.ru	 0000-0002-7466-0162
Елена В. Плакунова	¹	elena.plakunowa@ya.ru	 0000-0003-0588-5859
Антон С. Мостовой	¹	mostovoy19@rambler.ru	 0000-0003-2828-9988
Андрей С. Щербаков	²	gassmed7@gmail.com	 0000-0002-5376-7470

¹ Энгельсский технологический институт (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы, 17, 413100, Россия

² Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. / г. Саратов, ул. Политехническая, 77, 410054, Россия

Аннотация. Изучена структура и свойства полифосфата аммония и натрия кремнефтористого, используемых в качестве дисперсных наполнителей для эпоксидных композиций. Изучена морфология наполнителей по отдельности и в матрице эпоксидного композита при помощи сканирующей электронной микроскопии с детектором рентгеновского энергодисперсионного анализа. В связи с тем что натрий кремнефтористый является побочным продуктом при производстве фосфорной кислоты, определен размер его частиц методом ситового анализа и статистически рассчитаны параметры частиц, при этом был произведен сравнительный анализ исследуемого наполнителя с широко используемым в производстве композиционных материалов полифосфатом аммония, который в то же время не модифицировался поверхностно-активным веществом 3-аминопропилтриэтоксисиланом. Исследование морфологии и свойств является определяющим фактором, описывающим размер и вид частиц, что влечет за собой возможность регулирования технологических параметров, таких как динамическая вязкость системы, устойчивость к различным нагрузкам, поэтому существует возможность получения высоконаполненных композитов, имеющих высокие физико-механические характеристики. В связи с этим определено влияние изученных наполнителей на свойства полимерных композиционных материалов. Исследованы механизмы взаимодействия модифицирующей добавки 3-аминопропилтриэтоксисилана с эпоксидным олигомером и влияние аппретирования на свойства натрия кремнефтористого и полифосфата аммония, процессы, образования монослойного гетерофункционального поверхностно-активного вещества.

Ключевые слова: аппретирование, морфология, агрегация, распределение частиц, дисперсный наполнитель, натрий кремнефтористый, полифосфат аммония

Surface modification of dispersed fillers (silicofluoride sodium and ammonium polyphosphate). Their properties and influence on an epoxy matrix

Nikolay A. Yakovlev	¹	reddeade@rambler.ru	 0000-0002-7466-0162
Elena V. Plakunova	¹	elena.plakunowa@ya.ru	 0000-0003-0588-5859
Anton S. Mostovoy	¹	mostovoy19@rambler.ru	 0000-0003-2828-9988
Andrey S. Shcherbakov	²	gassmed7@gmail.com	 0000-0002-5376-7470

¹ Engels Institute of Technology (branch) Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 17 Svobody square, Engels, 413100, Russia

² Yuri Gagarin State Technical University of Saratov 77 Politechnicheskaya street, Saratov, 410054, Russia

Abstract. The structure and properties of ammonium polyphosphate and sodium silicofluoride used as dispersed fillers for epoxy compositions were studied. The morphology of the fillers was studied separately and in an epoxy composite matrix using scanning electron microscopy with an X-ray energy dispersive analysis detector. Due to the fact that sodium silicofluoride is a by-product in the production of phosphoric acid, its particle size was determined by sieve analysis and particle parameters were statistically calculated, while a comparative analysis of the studied filler with ammonium polyphosphate widely used in the production of composite materials, which at the same time, was performed time was not modified by the surfactant 3-aminopropyltriethoxysilane. The study of morphology and properties is a determining factor describing the size and type of particles, which entails the possibility of controlling technological parameters, such as the dynamic viscosity of the system, resistance to various loads, therefore, it is possible to obtain highly filled composites having high physical and mechanical characteristics. In this regard, the influence of the studied fillers on the properties of polymer composite materials is determined. The mechanisms of interaction of the modifying additive of 3-aminopropyltriethoxysilane with an epoxy oligomer and the effect of sizing on the properties of sodium silicofluoride and ammonium polyphosphate, processes, and the formation of a monolayer heterofunctional surfactant are studied.

Keywords: impregnation, morphology, aggregation, particle distribution, dispersed filler, silicofluoride sodium

Для цитирования

Яковлев Н. А., Плакунова Е. В., Мостовой А.С., Щербаков А.С. Модифицированные дисперсные наполнители – натрий кремнефтористый и полифосфат аммония, их свойства и влияние на эпоксидную матрицу // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 207–212. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-207-212

For citation

Yakovlev N.A., Plakunova E.V., Mostovoy A.S., Shcherbakov A.S. Surface modification of dispersed fillers (silicofluoride sodium and ammonium polyphosphate). Their properties and influence on an epoxy matrix. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 207–212. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-207-212

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

Введение

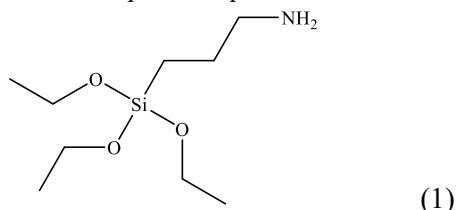
Наполнители полимерных композиционных материалов (ПКМ) способны изменять процесс структурообразования, влияя на кинетику отверждения или вступая в химическое взаимодействие с ПКМ. В зависимости от типа наполнителя может наблюдаться его неравномерное распределение в матрице, что связано с полидисперсностью частиц, различной плотностью и другими факторами. Поэтому существует необходимость модификации таких наполнителей путем аппретирования различными агентами для улучшения химического взаимодействия между наполнителем и полимерной матрицей [1–4]. Вещества, задающие структуру, свойства и протяженность слоя между поверхностью наполнителя и матрицей, относятся к аппретам [5].

В то же время замасливатели, а также специально синтезированные аппретирующие вещества на основе amino-, винил-, эпокси-, хлорсиланов определяют прочность соединений «матрица – наполнитель», зависящих от используемого кремнийорганического соединения.

При этом есть сведения о том, что наиболее высокие показатели адгезионной прочности в стеклопластиках достигаются при использовании эпoxисилана ЭС-1 (глицидоксипропилтриэтоксисилан) и аминсилана – АГМ-9 (γ -аминопропилтриэтоксисилан), наносимых на волокна в виде аппретов [6].

Материалы и методы

Для модификации наполнителей, применяемых в эпoxидных композициях, был выбран аминфункциональный аппрет АГМ-9, состоящий из гамма-аминопропилтриэтоксисилана, с первичной аминогруппой, взаимодействующей с эпoxидным олигомером, улучшая смачиваемость и распределение наполнителей в полимерной матрице:



В работе применялся дисперсный наполнитель полифосфат аммония (ПФА), который зачастую используется в качестве пламезамедляющей добавки, является термически стабильным, с началом деструкции $T = 700$ °C потери массы достигают 40 %, сам процесс деструкции эндотермичен, что уменьшает передачу теплового потока к полимеру [7].

Структура полифосфата аммония и кремнефтористого натрия была определена методом СЭМ («Aspex EXplorer») диапазоном определяемых частиц до 30 нм, с детектором EDX-элементного анализа), что позволило определить их влияние на перенос напряжений при нагрузке в композите (рисунок 1),

следуя данным, ПФА (рисунок 1, б) имеет несимметричную форму частиц в виде нерегулярного многогранника. Наполнитель НКФ (Балаковский филиал АО «Апатит») (рисунок 1, а) относится к побочному продукту при переработке фторфосфатного сырья на стадии получения фосфорной кислоты. В связи с тем что ранее гексафторсиликат натрия не использовался в качестве наполнителя для эпoxидных композиций, получен патент на изобретение, в котором при различных соотношениях приведены отличительные особенности таких ПКМ [8].

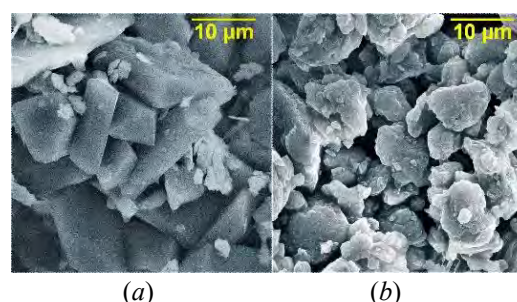


Рисунок 1. Данные СЭМ $\times 5000$: а – частицы кремнефтористого натрия; б – частицы полифосфата аммония

Figure 1. Data SEM $\times 5000$: a – silicofluoride sodium particles; b – particles of ammonium polyphosphate

Инфракрасные спектры исследуемых образцов регистрировали на приборе «IRTracer-100» фирмы Shimadzu, Япония.

Для определения распределения по размерам частиц порошков НКФ, ПФА исследуемую пробу разделяли на несколько фракций просеиванием навески через набор сит с размером отверстий от 0,50 до 0,04 мм.

Полидисперсность может быть описана двумя показателями: степенью неоднородности K (1) и средним диаметром частиц. Коэффициент неоднородности рассчитывался по формуле

$$K = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (2)$$

где d_{60} и d_{10} – диаметр частиц, мкм. Установленный эквивалентный диаметр частиц d_s для каждого из наполнителей определяли по формуле (2) [9] для гранул агломерационной шихты:

$$d_s = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \log d_i}{\sum_{i=1}^n g_i}, \quad (2)$$

где g_i – массовая доля отдельных фракций, %; d_i – среднелогарифмический размер отдельных фракций, мкм; n – число фракций.

Результаты

Данные ИК-спектров (рисунок 2) позволили более подробно оценить возможность наполнителей влиять на процессы структурообразования и горения эпoxидного композита. Для ПФА на отчается пик колебаний связи NH группы с $\nu = 3350$ см⁻¹, группа фосфорной

кислоты $R_n(\text{HO})_{3-n}\text{PO}$ с $\nu = 2300\text{--}2000\text{ см}^{-1}$ и оксид фосфора PO_3 , $\nu = 960\text{ см}^{-1}$. Анализ данных ИК-спектроскопии НКФ показал наличие интенсивности пиков связей SiF (750 см^{-1}) и NaF (500 см^{-1}).

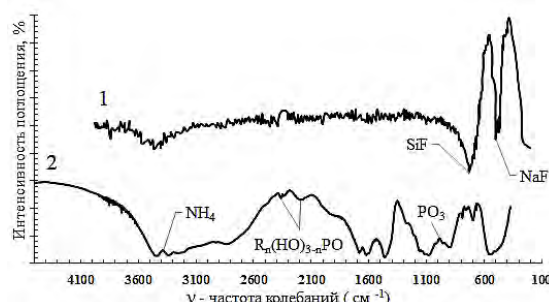


Рисунок 2. Данные ИК-спектроскопии: 1 – НКФ; 2 – ПФА

Figure 2. Data IES: 1 – silicofluoride sodium; 2 – ammonium polyphosphate.

В связи с тем что НКФ является побочным продуктом, методом энергодисперсионного анализа – EDX (рисунок 3) был подтвержден его количественный и качественный состав, выделяющий присутствие на спектре фонового максимума таких элементов, как F, Na и Si.

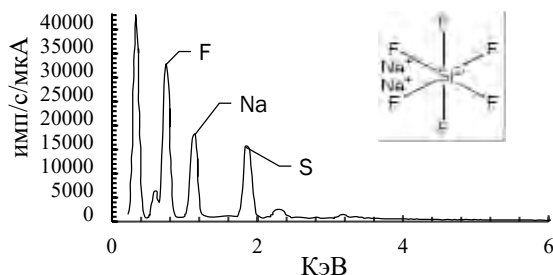


Рисунок 3. ЭДС-спектр НКФ

Figure 3. EDX-SSF spectra

Известно [10], что одним из вариантов снижения агломерации частиц наполнителей, а также для улучшения взаимодействия наполнителей и олигомера является его модификация активными силанами. В зависимости от концентрации для модификации наполнителей был подобран 2 %-ный раствор АГМ-9.

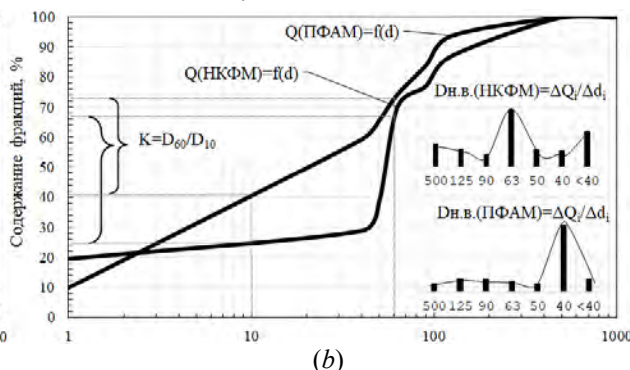
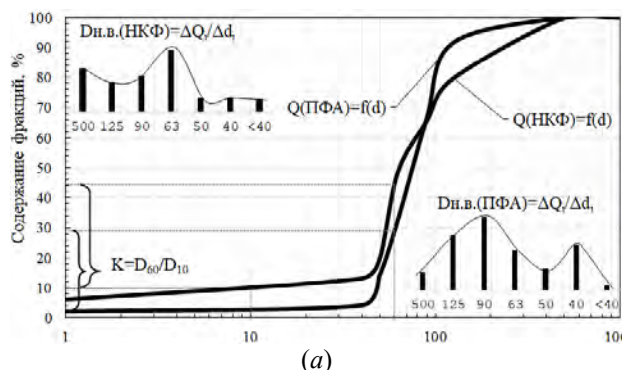
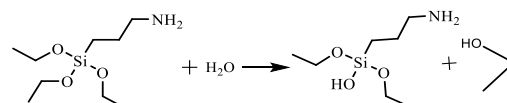


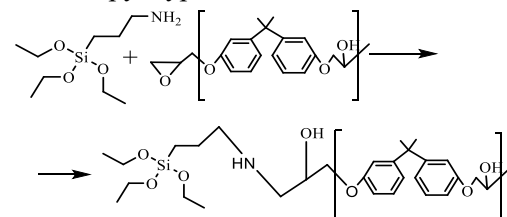
Рисунок 4. Интегральные кривые распределения частиц: а – немодифицированные наполнители; б – модифицированные АГМ-9 наполнители (НКФМ и ПФАМ)

Figure 4. Integral particle distribution curves: a – unmodified fillers; b – modified AGM-9 fillers (SSFM and APPM)

Получение раствора АГМ-9 происходило при гидролизе CH_3COOH до $\text{pH} = 4\text{--}5$. В результате реакции образуется аминопропилдиэтоксисилан с гидроксильной группой R-OH , имеющей низкую стабильность, и этанол, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.



При совмещении аппретированных НКФ и ПФА с эпоксидным олигомером образующаяся при модификации на наполнителях пленка аминосилана взаимодействует с аминными группами эпоксидного олигомера, тем самым иницируя процесс формирования трехмерной сетчатой структуры:



Эффект модификации можно представить путем статистического анализа гранулометрического состава, полученного методом ситового рассева, и определения насыпной плотности наполнителей до и после аппретирования.

Данные анализа гранулометрического состава позволили определить показатели размеров частиц модифицированных наполнителей. Геометрические размеры уменьшились на 112% для АППМ (модифицированного АГМ-9) и на 24% – для НКФМ соответственно. Присутствующая в исходных наполнителях полидисперсность минимальна, с размером частиц от 40 до 50 мкм. Более детальную информацию о параметрах частиц наполнителя показали кривые интегрального и дифференциального распределения (рисунок 4) гранулометрического состава НКФ и ПФА до и после аппретирования. Критерием отсутствия полидисперсности при этом является разность коэффициента неоднородности и всего объема исследуемого наполнителя.

Данные СЭМ (рисунок 5) демонстрируют, что после нанесения аминосилана на наполнители частицы в матрице имеют характерную особенность, заключающуюся в упорядоченном и равномерном распределении по всему объему связующего.

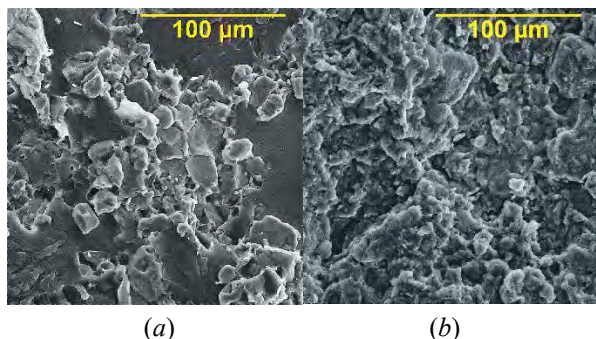


Рисунок 5. Данные СЭМх1000 поверхности эпоксидного композита: *a* – ЭД-20 + ПО-300 + НКФ + ПФА; *b* – ЭД-20 + ПО-300 + НКФМ + ПФАМ

Figure 5. Data SEMx1000 epoxy composite surface microstructure: *a* – ED-20 + PO-300 with non-modified fillers; *b* – ED-20 + PO-300 with modified fillers

Монолитная структура модифицированных эпоксидных систем с модифицированными наполнителями ЭД-20 + ПО-300 + 2,5 ПФА + 2,5 НКФ мас. ч. в сравнении с исходными подтверждает эффективность нанесения АГМ-9 на НКФ и ПФА.

Обсуждение

По результатам СЭМ определено, что частицы НКФ имеют чешуйчатую форму с размером частиц, определенных при микроскопическом анализе, 8–16 мкм также присутствуют мелкие агломераты, которые отличаются включениями в виде мелких частиц, характеризующимися высокой скоростью седиментации в полимере. Плотность частиц натрия кремнефтористого составляет 1,312 г/см³, так как плотность эпоксидного олигомера около $\approx 1,2$ г/см³, следовательно, [10] наполнитель будет служить концентратором напряжений в объеме матрицы.

Стоит отметить, что показатель упаковки наполнителей также увеличивается с 1,112 до 1,609 для НКФ и с 0,806 до 1,198 г/см³ для АПП. Учитывая природу наполнителей, насыпная плотность возрастает за счет мелких частиц, которые распределяются в пространстве между более крупными, а также из-за деформирования частиц при стремлении к более свободному и выгодному расположению.

Максимальный объем наполнителя $\varphi_{\max}$, который можно ввести в полимер для НКФ, составляет по сравнению с модифицированным $0,593 < 0,689$, а для ПФА $0,627 < 0,711$, следовательно, аппретирование изменяет размер и

форму частиц наполнителя. Согласно [4] отклонение от сферической формы, а также агрегация частиц приводят к снижению $\varphi_{\max}$.

Дисперсность наполнителей влияет на процессы распределения в межузловой сетке полимера и параметры формирования структуры наполненных композиций, как следствие, численное описание процесса структурообразования упаковок дискретных сред определяется функцией, описывающей объемные доли частиц, $Q = f(d)$ и дифференциальными кривыми наиболее вероятного размера частиц $D_{n.b.} = \Delta Q_i / \Delta d_i$. Степень полидисперсности не превышает 5 % для всех исследуемых наполнителей за исключением незначительного отклонения исходного полифосфата аммония, где $K = 17,27$ %.

Анализ полученных статистических данных свидетельствует о происходящем при модификации снижении эквивалентного диаметра частиц с 16 и 28 для НКФ и ПФА соответственно до 11,5 мкм для всех модифицированных наполнителей.

Следует отметить, что процесс аппретирования НКФ проходит в несколько стадий. Одна из них заключается в том, что стабилизаторы дисперсной системы, гидрофобизирующие поверхность частиц, могут приводить к образованию флоккул (контролируемая флокуляция), но в последствии с ростом количества флоккул происходит пептизация наполнителя, усиливаемая, последующим диспергированием частиц на планетарной мельнице.

Вторая связана с тем, что модификатор сорбирует наполнитель в объеме, а образовавшиеся слои вследствие коагуляции аминосилана на поверхности наполнителя образуют мостики с родственными группами как для наполнителя, так и для связующего. Последующая дефлокуляция при этом связана со снижением удельной межфазной энергии между частицами (снижение адгезии при сближении частиц между собой).

Заключение

Полученные путем модификации наполнители имеют высокий порог введения относительно немодифицированных, следовательно, служат усилителями матрицы эпоксидного олигомера. После совмещения аппретированных НКФ и ПФА с эпоксидным олигомером – ЭД-20 образующийся в процессе модификации сорбционный слой аминосилана, имеющий функциональную гидроксильную группу, взаимодействует с эпоксидной группой, тем самым, инициируя процесс формирования трехмерной сетчатой структуры эпоксидного олигомера.

Используемые модифицированные наполнители имеют показатель размера частиц 12 для ПФА и 18 мкм – для НКФ. Показатель упаковки и максимальный вводимый объем по сравнению с исходными наполнителями повысился. В свою очередь, модифицированным наполнителям в полимерном связующем характерна плотная текстура и схожесть формы частиц.

В работе определена важная роль наполнителя при создании полимерного композита на основе эпоксидной смолы, так как аппретирующее изменение размера и формы частиц полифосфата аммония и натрия кремнефтористого.

Полученные модифицированные наполнители представляют собой склонные к диспергированию частицы с абсорбционным слоем АГМ-9.

Благодарности

Авторы выражают благодарность за помощь в исследовании морфологии образцов методом сканирующей электронной микроскопии в СГТУ им. Ю.А. Гагарина, доценту кафедры «ХИМ», к.т.н. К.Б. Костину.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20–33–70002.

Литература

- 1 Li Y., Li Z., Gao Y., Li L. et al. Influences of (3-aminopropyl) triethoxysilane on the tribological behaviors of basalt fiber/acrylonitrile-butadiene rubber composites under dry friction and water-lubricated conditions // Journal of Applied Polymer Science. 2020. V. 137. № 15.
- 2 Хорохордин А.М., Хорохордина Е.А., Рудаков О.Б. Эпоксидные композиции в строительстве (обзор) // Научный Вестник ВГАСУ. 2017. № 1(14). С. 7–18.
- 3 Нгуен В.Н., Малаховский С.С., Костромина Н.В., Ивашкина В.Н. Влияние кремнийорганического модификатора на процесс отверждения эпоксидного олигомера // Успехи в химии и химической технологии. 2018. Т. 32. № 6 (202). С. 106–108.
- 4 Стегно Е.В., Лалаян В.М., Грачев А.В., Владимиров Л.В. и др. Ориентационные эффекты в гибридных полимерных смесях // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. № 11. С. 2–8.
- 5 Букетов А.В., Кулинич В.Г., Сметанкин С.А., Андрейчук В.А. и др. Влияние модификатора C₁₃ H₁₂ Cl₂ N₂ на адгезионные свойства эпоксидной матрицы // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». 2017. № 60. С. 69–74.
- 6 Петрова Г.Н., Бейдер Э.Я. Разработка и исследование аппретирующих составов для термопластичных углепластиков // Труды ВИАМ. 2016. № 12 (48). С. 65–73.
- 7 Mostovoy A.S., Kadykova Yu. A., Bekeshev A.Z., Tastanova L.K. Effect of Finely Dispersed Chromite on the Physicochemical and Mechanical Properties of Modified Epoxy Composites // Journal of Applied Polymer Science. 2018. V. 135 (35). P. 1–8.
- 8 Пат. 2648069, RU, C08L 63/02, C09D 163/02, C09D 5/18. Композиция на основе эпоксидной диановой смолы / Яковлев Н.А., Плакунова Е.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (СГТУ имени Гагарина Ю.А.). № 2017121715; Заявл. 20.06.2017; Опубл. 22.03.2018, Бюл. № 9.
- 9 Веттегрень В.И., Башкарев А.Я., Суслов М.А. Влияние формы частиц наполнителя на прочность полимерного композита // Журнал технической физики. 2007. Т. 77. № 6. С. 135–138.
- 10 Pat. no. 2007/0184358, US, G03F 7/405. Micro-patterned SiO₂/TiO₂ films through photo and chemical reactions / Ding X.; Fries D.P.; Assignee University of South Florida. no. 11/539,987; Appl. 10.10.2006; Publ. 24.11.2007.

References

- 1 Li Y., Li Z., Gao Y., Li L., Yang, Y. Influences of (3-aminopropyl) triethoxysilane on the tribological behaviors of basalt fiber/acrylonitrile-butadiene rubber composites under dry friction and water-lubricated conditions. Journal of Applied Polymer Science. 2020. vol. 137. no. 15.
- 2 Khorokhordin A.M., Khorokhordina E.A., Rudakov O.B. Epoxy compositions in construction (review). Scientific Herald of the Voronezh State Technical University. 2017. no. 1 (14). pp. 7–18. (in Russian).
- 3 Nguyen V.N., Malakhovsky S.S., Kostromina N.V., Ivashkina V.N. The effect of an organosilicon modifier on the curing process of an epoxy oligomer. Advances in Chemistry and Chemical Technology. 2018. vol. 32. no. 6 (202). pp. 106–108. (in Russian).
- 4 Stegno E.V., Lalayan V.M., Grachev A.V., Vladimirov L.V. et al. Orientation effects in hybrid polymer mixtures. All materials. Encyclopedic reference book. 2017. no. 11. pp. 2–8. (in Russian).
- 5 Buketov A.V., Kulinich V.G., Smetankin S.A., Andreichuk V.A. et al. Effect of the C₁₃ H₁₂ Cl₂ N₂ modifier on the adhesive properties of an epoxy matrix. Interuniversity collection “Science notes”. 2017. no. 60. pp. 69–74. (in Russian).
- 6 Petrova G.N., Bader E.Y. Development and research of sizing compositions for thermoplastic carbon plastics. VIAM Proceedings. 2016. no. 12 (48). pp. 65–73. (in Russian).
- 7 Mostovoy A.S., Kadykova Yu. ., Bekeshev A.Z., Tastanova L.K. Effect of Finely Dispersed Chromite on the Physicochemical and Mechanical Properties of Modified Epoxy Composites. Journal of Applied Polymer Science. 2018. vol. 135 (35). pp. 1–8.
- 8 Yakovlev N.A.; Plakunova E.V. Composition based on epoxy resin. Patent RF, no. 2648069, 2018.
- 9 Vettegren V.I., Bashkarev A. Ya., Suslov M.A. The effect of the shape of the filler particles on the strength of the polymer composite. Journal of technical physics. 2007. vol. 77. no. 6. pp. 135–138. (in Russian).
- 10 Ding X., Fries D.P. Micro-patterned SiO₂/TiO₂ films through photo and chemical reactions. Patent US, no. 2007/0184358, 2007.

Сведения об авторах

Николай А. Яковлев инженер, лаборатория современных методов исследования функциональных материалов и систем, Энгельсский технологический институт (филиал) «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», 413111 РФ Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы, 17, reddeade@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7466-0162>

Елена В. Плакунова к.т.н., доцент, кафедра технологии и оборудования химических, нефтегазовых и пищевых производств, Энгельсский технологический институт (филиал) «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», 413111 РФ Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы, 17, elena.plakunova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0588-5859>

Антон С. Мостовой к.т.н. заведующий кафедрой, кафедра естественных и математических наук, Энгельсский технологический институт (филиал) «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», 413111 РФ Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы, 17, mostovoy19@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2828-9988>

Андрей С. Щербаков аспирант, кафедра химии и химической технологии, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, ул. Политехническая, 77, 410054, РФ, gassmed7@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5376-7470>

Вклад авторов

Николай А. Яковлев обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провел эксперимент, выполнил расчёты, написал рукопись

Елена В. Плакунова принимала участие в методической части экспериментов, написании статьи и обработке результатов

Антон С. Мостовой консультация в ходе исследования, принял участие в написании статьи

Андрей С. Щербаков корректировал рукопись до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Nikolay A. Yakovlev engineer, laboratory of modern research methods for functional materials and systems, Engels Institute of Technology (branch) Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 17 Svobody square, Engels, 413100, Russia, reddeade@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7466-0162>

Elena V. Plakunova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology and equipment of chemical, oil and gas and food production department, Engels Institute of Technology (branch) Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 17 Svobody square, Engels, 413100, Russia, elena.plakunova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0588-5859>

Anton S. Mostovoy Cand. Sci. (Engin.), head of department, natural and mathematical sciences department, Engels Institute of Technology (branch) Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 17 Freedom square, Engels, 413100, Russia, mostovoy19@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2828-9988>

Andrey S. Shcherbakov graduate student, chemistry and chemical technology department, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 77 Politechnicheskaya street, Saratov, 410054, Russia, gassmed7@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5376-7470>

Contribution

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

Elena V. Plakunova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Anton S. Mostovoy consultation during the study

Andrey S. Shcherbakov correct manuscript before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 27/01/2020	После редакции 05/02/2020	Принята в печать 14/02/2020
Received 27/01/2020	Accepted in revised 05/02/2020	Accepted 14/02/2020

Сравнительная оценка эффективности коагуляционных методов при извлечении биологически активных компонентов из высококонцентрированных стоков

Владимир И. Корчагин	¹	kvi-vgt@rambler.ru	 0000-0001-7212-1627
Юлия Н. Дочкина	¹	dochkina.j.n@ya.ru	 0000-0001-9113-1564
Екатерина А. Денисова-Барабаш	¹	denisova2819@mail.ru	 0000-0002-6766-8916
Алина А. Плякина	¹	alina.plyakina7@gmail.com	 0000-0001-7848-2685

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

Аннотация. Характерной особенностью высококонцентрированных стоков является наличие ценных компонентов – биологически активных веществ, которые являются вторичными сырьевыми ресурсами. Проанализирована эффективность способов физико-химической коагуляции и электрокоагуляции в отношении высококонцентрированных сточных вод предприятия птицеперерабатывающей промышленности, а также предотвращение вторичного загрязнения стока, подаваемого на биологическую очистку. Объектами исследования были выбраны: сток птицефабрики (взвешенные вещества 1770,0 мг/дм³, сухой остаток 1920,0 мг/дм³, химическое потребление кислорода (ХПК) 1769,0 мгО₂/дм³), в качестве коагулянта – хлорид железа (III) FeCl₃, железные растворимые электроды. В задачи исследования входило определение эффективности очистки стоков изучаемыми способами (физико-химическая коагуляция и электрокоагуляция) по изменению приоритетных показателей: взвешенных веществ, сухого остатка, химического потребления кислорода, железа, хлоридов, массы выпавшего осадка. В результате испытаний высококонцентрированных стоков с показателем общей загрязненности по ХПК не менее 1700,0 мгО₂/дм³ установлено, что при физико-химической коагуляции хлоридом железа (III) FeCl₃ в концентрации 0,75 г/дм³ содержание приоритетных показателей снижалось не менее чем на 60%. В то время как эффективность электрокоагуляции в отношении снижения концентрации приоритетных показателей составляла не менее 70%. Содержание соединений железа в сточных водах при использовании электрохимической коагуляции составляла 2,08 мг/дм³, что на 34% ниже, чем после обработки стока хлоридом железа (III) FeCl₃ в концентрации 0,75 г/дм³. Концентрация хлоридов ожидаемо не изменилась. В результате обработки стока в процессе коагуляции (III) FeCl₃ происходит вторичное загрязнение обработанного стока и выделенных продуктов железом и хлоридами. Данный аспект может негативно сказаться на последующей биологической очистке сточных вод, а также привести к снижению качества выделенного продукта и ограничению сфер его использования. Электрокоагуляция является более предпочтительным способом выделения ценных компонентов по отношению к физико-химической коагуляции.

Ключевые слова: сточные воды птицефабрик, высококонцентрированный сток, физико-химическая коагуляция, электрокоагуляция, очистка сточных вод

Comparative evaluation of the coagulation methods effectiveness in the extraction of biologically active components from highly concentrated effluents

Vladimir I. Korchagin	¹	kvi-vgt@rambler.ru	 0000-0001-7212-1627
Julia N. Dochkina	¹	dochkina.j.n@ya.ru	 0000-0001-9113-1564
Ekaterina A. Denisova-Barabash	¹	denisova2819@mail.ru	 0000-0002-6766-8916
Alina A. Plyakina	¹	alina.plyakina7@gmail.com	 0000-0001-7848-2685

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

Abstract. A characteristic feature of highly concentrated effluents is the presence of valuable components – biologically active substances, which are secondary raw materials. The effectiveness of physico-chemical coagulation and electrocoagulation methods in relation to highly concentrated wastewater from a poultry processing enterprise, as well as the prevention of the secondary pollution of the effluent supplied to biological treatment, were analyzed in the work. The objects of the study included poultry stock (suspended solids 1770.0 mg / dm³, dry residue 1920.0 mg / dm³, chemical oxygen demand (COD) 1769.0 mg O₂ / dm³), iron (III) FeCl₃ chloride, iron soluble electrodes as the coagulant. The objectives of study involved determination of wastewater treatment effectiveness by the studied methods (physico-chemical coagulation and electrocoagulation) with the priority indicators changing: suspended solids, dry residue, chemical consumption of oxygen, iron, chlorides, and the precipitated residue mass. As a result of testing of highly concentrated effluents with a COD index of at least 1700.0 mg O₂ / dm³, it was found out that during physico-chemical coagulation with FeCl₃ at a concentration of 0.75 g / dm³, the content of priority indicators decreased by no less than 60%, while the effectiveness

Для цитирования

Корчагин В.И., Дочкина Ю.Н., Денисова-Барабаш Е.А., Плякина А.А. Сравнительная оценка эффективности коагуляционных методов при извлечении биологически активных компонентов из высококонцентрированных стоков // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 213–218. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-213-218

For citation

Korchagin V.I., Dochkina Ju.N., Denisova-Barabash E.A., Plyakina A.A. Comparative evaluation of the coagulation methods effectiveness in the extraction of biologically active components from highly concentrated effluents. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 213–218. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-213-218

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

of electrocoagulation in relation to reducing the concentration of priority indicators was at least 70%. The content of iron compounds in wastewater with the application of electrochemical coagulation was 2.08 mg / dm³, which is 34% lower than after treatment of the effluent with iron (III) chloride FeCl₃ at a concentration of 0.75 g / dm³. The chloride concentration did not change. As a result of the treatment of the effluent during the coagulation of (III) FeCl₃, the secondary contamination of the treated effluent and the isolated products with iron and chlorides took place. This aspect may adversely affect the subsequent biological wastewater treatment, as well as lead to a decrease in the quality of the isolated product and its use limitation. Electrocoagulation is a more preferred way of isolating valuable components in relation to physico-chemical coagulation.

Keywords: poultry farm waste water, highly concentrated waste water, physico-chemical coagulation, electrocoagulation, waste water treatment

Введение

Мясо- и птицеперерабатывающие предприятия являются одними из самых крупных потребителей воды в сельскохозяйственных регионах. В то же время объем недостаточно очищенных сточных вод с такого производства с каждым годом возрастает, при этом показатель общей загрязненности – химическое потребление кислорода (ХПК) превышает оптимальный показатель на сброс – 600 мг О₂/дм³.

Известно [1], что биохимическое окисление является основным способом при очистке стоков с перерабатывающих сельхозпродукцию предприятий, однако поступление на линию биологической очистки стоков с высоким содержанием биологически активных загрязнений (жиры – 56 мг/дм³; сырой протеин – 1,36%; взвешенные вещества – 780 мг/дм³; ХПК – 1200 мг/дм³ и БПК₅ 350 мг/дм³) снижает эффективность работы очистных сооружений [2], возникает необходимость в проведении эффективного предварительного извлечения биологически активных веществ перед их подачей на линию биологической очистки.

В источнике [3] показано, что стоки мясо- и птицеперерабатывающих предприятий загрязнены биологически активными компонентами и характеризуются показателем: общей загрязненности ХПК в пределах 1800–12500 мгО₂/дм³ и показателем биологического потребления кислорода (БПК) 650–5100 мгО₂/дм³, при этом отмечаются высокие значения по взвешенным веществам – 410–12000 мг/дм³. Такие стоки относятся к высококонцентрированным и представляют практический интерес в качестве вторичных сырьевых ресурсов природного происхождения.

Использование в качестве реагента биофлокулянта, содержащего бактерии рода *Pseudomonas Bacillus* [4], и хлорида полиалюминия в концентрации 140 мг/дм³ [5] может обеспечить необходимую очистку и извлечь из стоков биологически активные вещества. Однако содержание химических реагентов обеспечивает необходимую степень очистки, но приводит к вторичному загрязнению стоков

и извлекаемых загрязнений, что исключает их использование в качестве вторичных ресурсов.

Традиционный метод – физико-химическая коагуляция с использованием солей позволяет достичь необходимую степень предварительной очистки, при этом устраняет запахи, привкусы, работает при низких температурах и в широкой области pH среды, не требует больших площадей и высоких затрат. Наиболее оптимальными коагулянтами являются соединения железа и алюминия [6].

Процесс коагуляции хоть и является эффективным, но не позволяет достичь требуемых норм по качеству воды. Для достижения этих норм применяются дополнительные методы обработки в электрических полях [7].

Анализ научных разработок указывает на преобладание электрохимических методов извлечения биологически активных компонентов из высококонцентрированных стоков. Преимущества данного способа заключаются в эффективном извлечении загрязняющих веществ из стока за короткий промежуток времени, отсутствии вторичного загрязнения, универсальности как для органических, так и для неорганических соединений. Суть метода заключается в том, что для растворения материала анода используют электрохимическую деструкцию молекул воды с последующим получением гидроксидов металлов [8].

Известно [9], что гидроксиды металлов обладают высокими сорбционными свойствами, в результате чего на их поверхности остаются извлекаемые частицы. На степень электрокоагуляции влияет состав электрода. Широко распространено использование алюминиевых электродов при извлечении загрязняющих веществ из стоков различного производства, в том числе химического [10]. Наиболее оптимальный металл при обработке пищевых стоков – железо или его соединения, а важными параметрами процесса являются: расположение электродов, величина градиента потенциала, объем обрабатываемой воды [11]. Также перспективным является использование электродов ОРТА и ОКТА [12].

Цель работы – сравнительный анализ эффективности очистки методами физико-химической коагуляции и электрокоагуляции сточных вод птицефабрики по показателям взвешенных веществ, сухому остатку и ХПК, являющихся высококонцентрированными.

Основная задача – извлечение биологически активных компонентов при минимальном вторичном загрязнении, выявление способа обработки сточных вод перед сбросом на линию биологической очистки.

Материалы и методы

Объектом исследования является сточная вода птицеперерабатывающего предприятия, в состав приоритетных загрязнителей которой входят: жиры, взвешенные вещества, органические соединения.

В качестве коагулянта использовался хлорид железа (III) FeCl_3 . Тип используемых электродов – железные растворимые.

Массу выпавшего до и после очистки осадка определяли путем взвешивания. Определение содержания взвешенных веществ проводили в соответствии с ПНДФ 14.1:2:4.254–2009. Количество сухого остатка определяли в соответствии с ПНДФ 14.1:2:4.261–2010. Определение концентрации железа проводили в соответствии с ПНДФ 14.1:2:3.2–95. Для определения показателя химического потребления кислорода руководствовались ПНД Ф 14.1:2.100–97. Определение содержания хлоридов в анализируемых пробах

проводили в соответствии с ПНД Ф 14.1:2:3.96–97. Определение содержания жиров в анализируемых пробах проводили в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.122–97.

Результаты и обсуждение

С целью выявления оптимального метода извлечения биологически активных компонентов из высококонцентрированного стока птицеперерабатывающего предприятия было проведено сравнение методов физико-химической коагуляции и электрокоагуляции.

На первоначальном этапе провели подбор типа и дозировки коагулянта. В качестве целевого коагулянта был выбран хлорид железа (III) FeCl_3 в концентрации $0,75 \text{ г/дм}^3$. Продолжительность коагуляции составила 1–2 мин, время оседания образовавшихся хлопьев 5–6 мин. Общее время коагуляции с момента добавления реагента до полного выпадения осадка не более 15 мин. В результате коагуляции наблюдалось светло-оранжевое окрашивание стока соединениями окисленного железа (таблица 1). Средняя эффективность по изучаемым показателям составила $60 \pm 5\%$. Однако стоит отметить, что концентрация железа и хлоридов резко увеличилась, что может привести к вторичному загрязнению не только сточных вод, подающихся на биологическую очистку, но и осадка.

Таблица 1.

Показатели очистки стока коагуляцией при использовании FeCl_3 с концентрацией $0,75 \text{ г/дм}^3$

Table 1.

Indicators of wastewater treatment by coagulation when using FeCl_3 with a concentration of 0.75 г/дм^3

Показатель Indicator	До очистки Before treatment	После очистки After treatment	Эффективность, % Efficiency, %
Взвешенные вещества, мг/дм^3 Suspended matter, mg/dm^3	1770,0	638,0	63,9
Сухой остаток, мг/дм^3 Dry residue, mg/dm^3	1920,0	878,0	54,3
Железо, мг/дм^3 Ferrum, mg/dm^3	1,75	2,78	-
ХПК, $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ COD, mgO_2/dm^3	1769,0	840,0	52,5
Хлориды, мг/дм^3 Chlorides, mg/dm^3	132,05	250,0	-
Жиры, мг/дм^3 Fats, mg/dm^3	150,0	54,0	64,0

Для определения эффективности извлечения целевых компонентов из стока методом электрокоагуляции провели электролиз с использованием растворимого железного анода. Под действием электрического тока происходило растворение металла, наступала интенсивная коагуляция. При взаимодействии высвобожденного

железа с гидроксидными группами образовался гидрат оксида железа в виде хлопьев.

Электрокоагуляция осуществлялась при плотности тока $80\text{--}180 \text{ А/м}^2$ и напряжении 6–9 В. Средняя эффективность по изучаемым показателям составила $70 \pm 5\%$ (таблица 2).

Таблица 2.

Показатели очистки стока электрокоагуляцией железными анодами

Table 2.

Indicators of wastewater treatment by electrocoagulation with iron anodes

Показатель Indicator	До очистки Before treatment	После очистки After treatment	Эффективность, % Efficiency, %
Взвешенные вещества, мг/дм ³ Suspended matter, mg/dm ³	1770,0	460,2	74,0
Сухой остаток, мг/дм ³ Dry residue, mg/dm ³	1920,0	691,2	64,0
Железо, мг/дм ³ Ferrum, mg/dm ³	1,75	2,08	-
ХПК, мгО ₂ /дм ³ COD, mgO ₂ /dm ³	1769,0	654,53	63,0
Хлориды, мг/дм ³ Chlorides, mg/dm ³	132,05	132,0	-
Жиры, мг/дм ³ Fats, mg/dm ³	150,0	49,0	67,33

При исследовании влияния продолжительности электрокоагуляционной очистки было выявлено, что скорость извлечения биологически активных загрязнений имеет наибольшее значение в первые 10 мин, а дальнейшая обработка практически не оказывает влияния на эффективность извлечения.

Было установлено, что физико-химическая коагуляция с использованием хлорида железа (III) FeCl₃ в концентрации 0,75 г/дм³ и электрокоагуляция железными анодами эффективнее осуществляется в щелочной среде, наиболее высокие показатели были отмечены в пределах pH 9–10. Зависимость эффективности коагуляции и электрокоагуляции от pH среды по отношению к высококонцентрированному стоку, загрязненному биологически активными загрязнениями, по показателю ХПК представлена на рисунке 1.

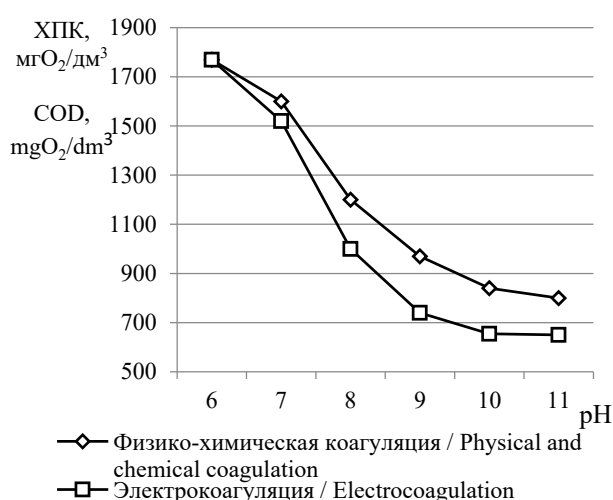


Рисунок 1. Зависимость эффективности извлечения биологически активных компонентов от pH

Figure 1. Dependence of the efficiency of extraction of biologically active components on pH

Следует отметить, что содержание соединений железа в сточных водах при использовании электрохимической коагуляции составляло 2,08 мг/дм³, что на 34% ниже, чем после обработки стока хлоридом железа (III) FeCl₃ в концентрации 0,75 г/дм³. Концентрация хлоридов ожидаемо не изменилась.

Важным показателем эффективности извлечения биологически активных компонентов из высококонцентрированного стока птицеперерабатывающего предприятия является масса выпавшего осадка. В результате электрокоагуляционного извлечения образовалось осадка (3,53 г) на 43% больше, чем при физико-химической коагуляции (2,47 г), что может свидетельствовать о более высокой эффективности извлечения методом электрокоагуляции по отношению к физико-химической коагуляции.

Закключение

Значительный расход коагулянта, вторичное загрязнение сточных вод и осадков, сложность их хранения и последующей утилизации не позволяют рекомендовать химическую коагуляцию как метод извлечения биологически активных компонентов из высококонцентрированных сточных вод птицеперерабатывающего предприятия.

Метод электрокоагуляции может быть применен для обработки сточных вод, содержащих биологически активные компоненты. Компактность установок, снижение вторичного загрязнения, более высокая, чем у физико-химической коагуляции, эффективность позволяют рекомендовать электрокоагуляцию как метод извлечения биологически активных компонентов из высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающего предприятия.

Литература

- 1 Студеникина Л.Н., Дочкина Ю.Н., Шелкунова М.В., Корчагин В.И. Оценка эффективности иммобилизации активного ила на композитных материалах «полиэтилен: полисахариды» // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 356–360.
- 2 Дочкина Ю.Н., Студеникина Л.Н., Корчагин В.И., Шпомер Е.Ю. и др. Определение максимально допустимой концентрации загрязнений стоков по гидрохимическим показателям активного ила // Проблемы и инновационные решения в химической технологии (ПИРХТ-2019). 2019. С. 344–345.
- 3 Трефилов М.Л. Особенности очистки стоков пищевой промышленности // Молодежь и наука. 2015. № 3. С. 57.
- 4 Брындина Л.В., Полянский К.К. Модифицированные биосорбенты для очистки сточных вод // Химия, физика и механика материалов. 2018. С. 76–84.
- 5 Makhlay K., Tseitlin M., Raiko V. A study of wastewater treatment conditions for the poultry meat processing enterprise // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. P. 15–20.
- 6 Джантанова Н.В., Лазурина Л.П. Изучение возможности интенсификации процесса коагуляции при очистке сточных вод // Моделирование и прогнозирование развития отраслей социально-экономической сферы. 2019. С. 188–190.
- 7 Ghernaout D., Elboughdiri N. Electrochemical Technology for Wastewater Treatment: Dares and Trends // Open Access Library Journal. 2020. С. 1–17.
- 8 Харламова Т.А., Колесников А.В., Силос О.В., Алафердов А.Ф. и др. Перспективные электрохимические процессы в технологиях обезвреживания сточных вод. Ч.III. Электрокоагуляция // Гальванотехника и обработка поверхности. 2015. С. 47–57.
- 9 Каратаев О.Р., Шамсутдинова З.Р., Хафизов И.И. Очистка сточных вод электрохимическими методами // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 22. С. 21–23.
- 10 Sadik M.A. Removal of Reactive Dye from Textile Mill Wastewater by Leading Electro-Coagulation Process Using Aluminum as a Sacrificial Anode // Scientific Research Publishing. 2019. P. 182–193.
- 11 Лыскова К.Ю. Применение безреагентной электрокоагуляции для повышения надежности систем подготовки питьевой воды // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. 2018. С. 187–189.
- 12 Игнаткина Д.О., Поздняков А.П., Москвичева А.В., Москвичева Е.В. и др. Теоретическое обоснование применимости электрохимического метода обработки сточных вод для предприятий пищевой промышленности // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. С. 88–96.

References

- 1 Studenikina L.N., Dochkina Yu.N., Shelkunova M.V., Korchagin V.I. Evaluation of the effectiveness of immobilization of active sludge on composite materials “polyethylene: polysaccharides”. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 356–360. (in Russian).
- 2 Dochkina Yu.N., studenikina L.N., Korchagin V.I., Shpomer E.Yu. et al. Determination of the maximum permissible concentration of runoff pollution by hydrochemical indicators of active silt. Problems and innovative solutions in chemical technology (PIRHT 2019). 2019. pp. 344–345. (in Russian).
- 3 Trefilov M.L. Features of waste water treatment in the food industry. Youth and science. 2015. no. 3. pp. 57. (in Russian).
- 4 Bryndina L.V., Polyansky K.K. Modified biosorbents for wastewater treatment. Chemistry, physics and mechanics of materials. 2018. pp. 76–84. (in Russian).
- 5 Makhlay K., Tseitlin M., Raiko V. A study of wastewater treatment conditions for the poultry meat processing enterprise. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. pp. 15–20. (in Russian).
- 6 Dzhantanova N.V., Lazurina L.P. Studying the possibility of intensification of the coagulation process in wastewater treatment. Modeling and forecasting of the development of social and economic sectors. 2019. pp. 188–190. (in Russian).
- 7 Ghernaout D., Elboughdiri N. Electrochemical Technology for Wastewater Treatment: Dares and Trends. Open Access Library Journal. 2020. pp. 1–17.
- 8 Kharlamova T.A., Kolesnikov A.V., Silos O.V., Alaferdov A.F. et al. Perspective electrochemical processes in wastewater treatment technologies. Part III. Electrocoagulation. Electroplating and surface treatment. 2015. pp. 47–57. (in Russian).
- 9 Karataev O.R., Shamsutdinova Z.R., Hafizov I.I. Wastewater Treatment by electrochemical methods. Bulletin of the technological University. 2015. vol. 18. no. 22. pp. 21–23. (in Russian).
- 10 Sadik M.A. Removal of Reactive Dye from Textile Mill Wastewater by a Leading Electro-Coagulation Process Using Aluminum as a Sacrificial Anode. Scientific Research Publishing. 2019. pp. 182–193.
- 11 Lyskova K.Yu. the Use of reagent-free electrocoagulation to improve the reliability of drinking water treatment systems. Scientific and technical progress: current and promising directions of the future. 2018. pp. 187–189. (in Russian).
- 12 Ignatkina D.O., Pozdnyakov A.P., Moskvicheva A.V., Moskvicheva E.V. et al. Theoretical justification of the applicability of the electrochemical method of waste water treatment for food industry enterprises. Bulletin of the Volgograd state University of architecture and construction. Series: Construction and architecture. 2019. pp. 88–96. (in Russian).

Сведения об авторах

Владимир И. Корчагин д.т.н., профессор, заведующий кафедрой, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kvi-vgt@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7212-1627>

Information about authors

Vladimir I. Korchagin Dr. Sci. (Engin.), professor, head of department, industrial ecology, chemical and petrochemical production equipment department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kvi-vgt@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7212-1627>

Юлия Н. Дочкина аспирант, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, dochkina.j.n@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9113-1564>

Екатерина А. Денисова-Барабаш магистрант, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, denisova2819@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6766-8916>

Алина А. Плякина студент, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alina.plyakina7@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7848-2685>

Julia N. Dochkina graduate student, industrial ecology, chemical and petrochemical production equipment department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, dochkina.j.n@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9113-1564>

Ekaterina A. Denisova-Barabash master student, industrial ecology, chemical and petrochemical production equipment department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, denisova2819@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6766-8916>

Alina A. Plyakina student, industrial ecology, chemical and petrochemical production equipment department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, alina.plyakina7@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7848-2685>

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 01/02/2020	После редакции 10/02/2020	Принята в печать 18/02/2020
Received 01/02/2020	Accepted in revised 10/02/2020	Accepted 18/02/2020

Применение люминофора из фосфогипса в качестве люминесцентного наполнителя для полимеров

Роман П. Медведев ¹	rstal555@gmail.com	 0000-0003-2599-0373
Юлия С. Подковырина ²	yuliya.podkovyrina@bk.ru	 0000-0001-5464-7481
Алина А. Скорынина ²	alinaskorynina@gmail.com	 0000-0001-9844-0220

¹ ООО АН Полимер, ул. Просвещения, 155, г. Новочеркасск, 346428, Россия

² Международный исследовательский институт интеллектуальных материалов Южного федерального университета, ул. А. Сладкова, 178/24, Ростов-на-Дону, 344090, Россия

Аннотация. В современной России и странах СНГ актуальной экологической проблемой являются отходы фосфогипса. Данный продукт получается при производстве фосфорной кислоты и является многотоннажным малоперерабатываемым отходом. По данным открытых источников, его перерабатывают в 20 раз меньше чем производят. Попытки применения при производстве цемента, в строительстве, в сельскохозяйственном назначении не приводят к кардинальному перелому и он по-прежнему накапливается. В связи с этим является актуальной тема переработки и использования фосфогипса. В современном мире есть спрос на яркие люминесцентные цвета, краски, товары народного потребления. Анализ литературы показал, что люминофоры можно изготавливать из разных химических веществ, в том числе из сульфидов металлов. Цель работы – изучить возможность получения люминофора из фосфогипса и применения его в качестве наполнителя-пигмента для полимерных изделий. Получен люминофор из фосфогипса методом восстановления фосфогипса органическим веществом. Данный люминофор изучали в полиэтиленовой, полипропиленовой, полистирольной и других полимерных матрицах. Показано, что он совместим с полиолефинами, полистиролом, поливинилхлоридом, нитроцеллюлозными матрицами; не совместим с эпоксидными матрицами. Показано, что при температуре плавления полимеров данный люминофор не разлагается, своих свойств не теряет. В результате работы сделаны выводы о возможности получения дешёвого люминофорного наполнителя, который совместим со многими промышленными полимерами. Данный люминофор можно использовать в игрушках, при изготовлении специальной люминесцентной краски и товаров народного потребления.

Ключевые слова: полимеры, композиты, фосфогипс, люминофор, люминесценция, отходы

The use of the phosphor of phosphogypsum as a filler for fluorescent polymers

Roman P. Medvedev ¹	rstal555@gmail.com	 0000-0003-2599-0373
Yulia S. Podkovyrina ²	yuliya.podkovyrina@bk.ru	 0000-0001-5464-7481
Alina A. Skorynina ²	alinaskorynina@gmail.com	 0000-0001-9844-0220

¹ AN Polymer, Prosveshcheniya st., 155, Novocherkassk, 346428, Russia

² The Smart Materials Research Institute Southern Federal University, Sladkova st. 178/24, Rostov-on-Don, 344090, Russia

Abstract. In modern Russia and the CIS countries, phosphogypsum waste is an urgent environmental problem. This product is obtained in the production of phosphoric acid and is a large tonnage of low-recyclable waste. According to open sources, it is processed 20 times less than it is produced. Attempts to use it in cement production, in construction, in agricultural purposes do not lead to a cardinal fracture and it is still accumulating. In this regard, the topic of processing and use of phosphogypsum is an urgent topic. In the modern world there is a demand for bright luminescent colors, paints, consumer goods. An analysis of the literature showed that phosphors can be made from various chemicals, including metal sulfides. The purpose of the work is to study the possibility of obtaining a phosphor from phosphogypsum and its use as a filler-pigment for polymer products. The phosphor was obtained from phosphogypsum by the reduction of phosphogypsum with an organic substance. This phosphor was studied in polyethylene, polypropylene, polystyrene and other polymer matrices. It is shown to be compatible with polyolefins, polystyrene, polyvinyl chloride, nitrocellulose matrices; not compatible with epoxy matrices. It is shown that at the melting temperature of polymers this phosphor does not decompose, does not lose its properties. As a result of the work, conclusions were drawn about the possibility of obtaining a cheap phosphor filler, which is compatible with many industrial polymers. This phosphor can be used in toys, in the manufacture of special luminescent paint and consumer goods.

Keywords: polymers, composites, phosphogypsum, phosphor, luminescence, waste.

Введение

В современном мире высок спрос на яркие и необычные цвета. Данные цвета получают с использованием органических и неорганических веществ. Активное использование приостанавливают цены на данное сырьё. По данным открытых источников цена органического люминофора составляет 5000–10000 р/кг, неорганического – от 4500 р/кг. Данные цены

обусловлены не коммерческим спросом и не торговой маркой, а сложностью изготовления и дороговизной сырья. Поэтому для развития отечественной люминесцентной отрасли, для реализации стратегического направления импортозамещения необходимо искать более дешёвые компоненты, которые могут быть одновременно люминофорами и дешёвыми наполнителями для удешевления килограмма продукции.

Для цитирования

Медведев Р.П., Подковырина Ю.С., Скорынина А.А. Применение люминофора из фосфогипса в качестве люминесцентного наполнителя для полимеров // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 219–224. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-219-224

For citation

Medvedev R.P., Podkovyrina Yu.S., Skorynina A.A. The use of the phosphor of phosphogypsum as a filler for fluorescent polymers. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 219–224. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-219-224

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

Но несмотря на дороговизну люминесцентных красителей, они находят широкое применение в декоративных и технических целях. Их применяют для создания светодиодов и светящихся дисплеев [1, 2], для технического анализа и контроля качества [3, 4]. Ведутся работы по фундаментальным исследованиям люминесцентных полимерных композиций [5–7].

В [8, 9] описано применение люминесцентного наполнителя для преобразования УФ-диапазона в видимый цвет. Данное направление востребовано и ряд фирм, продающих наполнители для полимеров, предлагает данные люминофоры. Одно из направлений применения люминофоров – это введение их в плёнки для теплиц.

Для более эффективного использования парниковых плёнок необходимо, чтобы пленки преобразовывали УФ-диапазон в видимый, что достигается применением люминофоров.

Люминофоры используют в качестве оптических отбеливателей ПВХ. Многие промышленные продавцы, например, Барс-2, выпускают промышленные люминесцентные отбеливатели для ПВХ и полиолефинов.

Ряд фирм выпускает флуоресцентные игрушки. Фирма Пандао.ру продаёт светящиеся игрушки, компания Люминофор.ру продаёт разные светящиеся полимерные игрушки, полимерные смеси для лепки и др.

Анализируя эти и другие данные, авторы статьи пришли к следующим выводам:

- необходимо синтезировать люминофор, который светится при облучении мягким УФ;
- данный люминофор должен быть экологически нейтральным и для человека не представлять опасности;
- смешиваться с полимерными материалами без изменения своих свойств или полимера (чтоб полимерная матрица или люминофор не разрушались, люминесценция не пропадала, механические свойства полимера не ухудшались);
- должен стоить не более 100 р. за 1 кг люминофора (стоимость люминофора, а не композиции из люминофора и полимера).

В настоящее время в качестве неорганических люминофоров применяются:

- сульфиды 2-й группы подгрупп А и Б элементов таблицы Менделеева и др.;
- вольфраматы и молибдаты ЩЗМ и некоторых других металлов;
- алюминаты металлов;
- производные борной кислоты;
- фосфаты 2-й группы подгрупп А и Б и др.;
- силикаты и др.

Рассмотрев химическое строение вольфраматов, молибдатов, алюминатов, пришли к выводу что они априори не могут быть дешёвыми наполнителями (и люминофорами тоже), так как содержат ионы дорогих металлов.

Рассмотрев строение и свойства производных борной кислоты, пришли к выводу, что они химически неустойчивы, но легко получаемы. Из-за химической неустойчивости велика вероятность негативного влияния на полимер. Например, они могут инициировать распад ПВХ. Дело в том что катализаторами разложения ПВХ являются ионы H^+ [11, 12]. Боратные люминофоры нестойкие и могут распадаться с образованием свободных ионов водорода. По цене они достаточно дороги. Техническая борная кислота с содержанием не менее 95% стоит от 52 р. (есть и более дешёвые по состоянию на 26.08.2019, но там содержание менее 90%, такая для люминофора не пригодится). Для люминофоров [12, 13] необходимо, чтобы реактивы были очень чисты. Борная кислота ОСЧ стоит 1640 р/кг, а ХЧ 160 р/кг.

Силикатные люминофоры обладают хорошей химической стойкостью, но они получают при температурах более 1200 °С градусов и иногда необходимо вводить в реактор водяной пар, что затрудняет техническое оформление процесса [15].

Поэтому решено было работать с фосфатными или сульфидными люминофорами. В пользу фосфатных люминофоров говорит тот факт, что соединения фосфора применяются в качестве антипиренов для полимеров, что очень важно для наполнителя. Но соединения фосфора надо ещё добыть, а вот соединения серы являются промышленным отходом. Например, при производстве фосфорных удобрений образуется сульфат кальция, загрязнённый остатками фосфорной кислоты и поэтому носящий название «фосфогипс». Данные загрязнения не позволяют его использовать в качестве строительного материала и в качестве наполнителя для полимеров/лкм. Но поскольку он дешёвый, 1 кг стоит 80–90 коп., то было решено получать сульфидные люминофоры из него.

Материалы и методы

Был взят фосфогипс производства «Невинномысский азот». ТУ 113–08–418–94. Размер частиц 0,01 мм -1,00 мм (рисунок 1).

Далее его смешали с сахаром, нагрели до 800 °С в течение 60 мин, медленно охладили, получили люминофор. Более подробно процесс описан в [14].

В результате получается белый порошок. Если его облучать УФ-излучением, то он начинает светиться (рисунок 2).

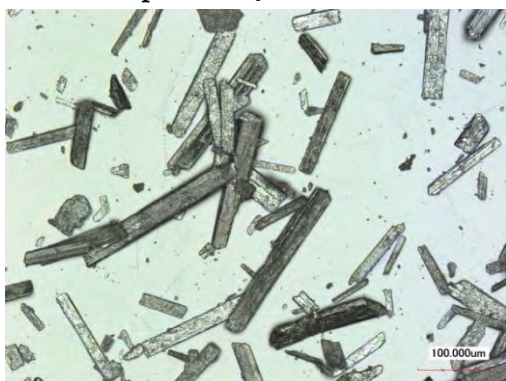


Рисунок 1. Оптическая микроскопия фосфогипса просушенного, необработанного

Figure 1. Optical microscopy of dried and untreated phosphogypsum



Рисунок 2. Внешний вид порошка люминофора при дневном (а) и УФ освещении лампой Camelion FT5 BLACK LIGHT (б)

Figure 2. Appearance of phosphor powder in daylight (a) and UV lighting with Camelion FT5 BLACK LIGHT (b)

После получения люминофора-наполнителя его ввели в разные полимерные материалы.

В качестве полипропилена (ПП) был взят литьевой полипропилен марки LR7175–35.P, производства «Киянлынский завод» полимеров. В качестве полиэтилена низкого давления был взят ПНД ПЭНТ22–12 ТУ 2243–176–00203335–2007, в качестве полиэтилена высокого давления был взят ПВД 11503–070, ГОСТ 16337–77. В качестве представителя полистирольной группы (ПС) был взят вторичный полистирол от переработки одноразовой посуды. Актуальность использования вторичных полимеров большая, и поэтому мы решили попробовать и вторичный полимер, а именно ПС. Данные полимеры смешали с люминофором в количестве 85% полимера 15% люминофора по массе. Специально не добивались однородности, чтобы увидеть распределение люминофора в полимере и светится он или нет, не влияет ли полимер на люминофор. Далее из смеси методом литья на ручной литьевой машине отлили квадраты размером 30×30×3 мм.

Приготовили смесь состава поливинилхлорид (ПВХ) марки С-7059 М, ТУ 2212–012–46696320–2008, 100 м.ч.:

- пластификатор – диоктилфталат (ДОФ), по ГОСТ 8728–88, 50 м.ч.;
- стабилизатор – стеарат кальция (CaSt), ТУ 2232–002–57149839–07, 5 м.ч.;
- люминофор 50 м.ч. Из данной смеси получали стренгу, стренгу разрезали и получали гранулу.

Далее смешали люминофор с эпоксидным двухкомпонентным клеем марки ЭДП производства ООО НПК «СИНТЕК» по ТУ 20.52.10–003–90352719–2017. Соотношение смола / отвердитель 10:1 по массе. Процент люминофора 10, 20, 30% по массе.

Было решено испытать люминофор в качестве наполнителя для красок. Для этого в качестве плёнкообразующего был взят бесцветный лак «Цапон» по ТУ 6–21–090502–2–90. Лак и люминофор смешали в количестве 80:20 по массе (данное соотношение было взято как среднее значение количества наполнителей в краске). Полученную смесь смешали до однородности и нанесли слоем 0,1 мм на стекло.

Испытали в качестве плёнкообразующего материала лак для ногтей марки JEANMISHEL производства NAIL POLISH. Его смешали с люминофором в соотношении 50:50 по массе и нанесли на искусственные ногти в один и два слоя.

Результаты и обсуждение

На рисунке 3 представлены образцы композита из люминофора и ПП № 1, ПНД № 2, ПВД № 3. Как видно, люминофор чётко светится в полимерной матрице. Цвет свечения не изменился.

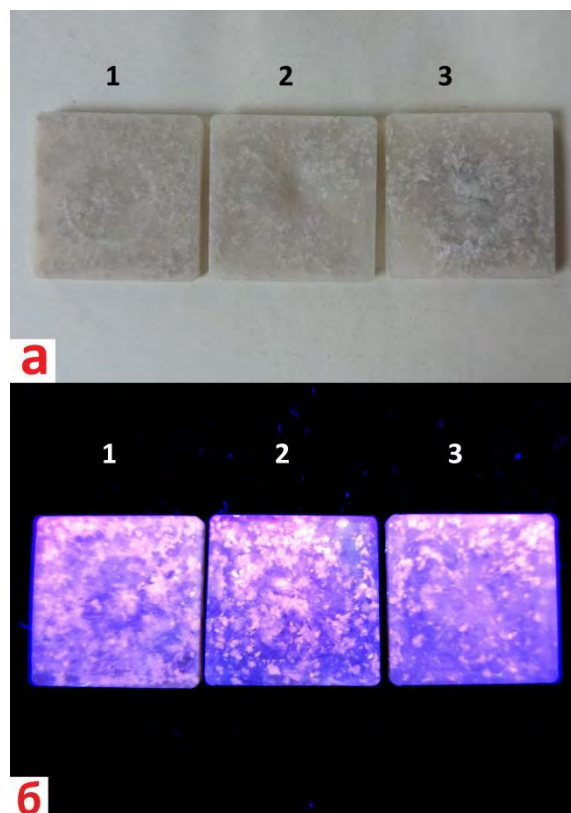


Рисунок 3. Внешний вид композита из люминофора и полиолефиновой матрицы: а – при дневном освещении; б – при освещении лампой Camelion FT5 BLACK LIGHT; № 1 – матрица ПП; № 2 – матрица ПНД; № 3 – матрица ПВД

Figure 3. Appearance of a composite of phosphor and polyolefin matrix: a – in daylight; b – in Camelion FT5 BLACKLIGHT; №1 – matrix PP; №2 – matrix HDPE; №3 – matrix LDPE

Это ожидаемо, так как полиолефины химически малоактивны и поэтому не вступили во взаимодействие с люминофором. На рисунке 4 представлен композит с полистирольной матрицей.

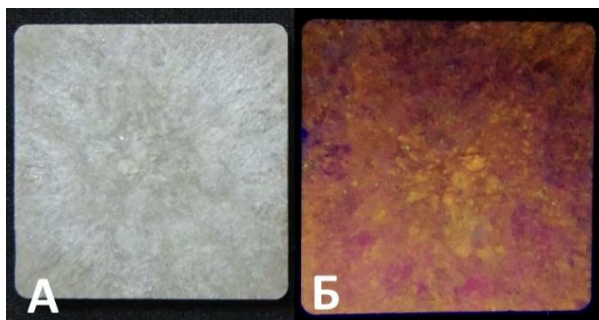


Рисунок 4. Внешний вид композита из люминофора и полистирольной матрицы: *a* – при дневном освещении; *b* – при освещении лампой Camelion FT5 BLACK LIGHT

Figure 4. Appearance of a composite of phosphor and polystyrene matrix: *a* – in daylight; *b* – in Camelion FT5 BLACK LIGHT

Полистирол не вступил в реакцию с люминофором, и мы получили изделие, обладающее люминофорными свойствами.

Рассмотрим композицию люминофора и ПВХ матрицы. На рисунке 5 данная композиция в дневном свете белого цвета, а при облучении УФ начинает светиться жёлтым, жёлто-малиновым цветом. Значит можно сделать вывод что люминофор и ПВХ совместимы. Однако для дальнейшей переработки надо чётко понять, какие будут использованы стабилизаторы, так как разные стабилизаторы ПВХ будут по-разному влиять на люминофор.



Рисунок 5. Внешний вид композита из люминофора и ПВХ матрицы: *a* – при дневном освещении; *b* – при освещении лампой Camelion FT5 BLACK LIGHT

Figure 5. Appearance of a composite of phosphor and PVC matrix: *a* – in daylight; *b* – in Camelion FT5 BLACK LIGHT

Рассмотрим смесь из люминофора и эпоксидного клея. На рисунке 6 представлены данные композиты. Как видно, при освещении дневным светом композиция приобрела серый

цвет. Причём серость увеличивалась при увеличении ввода. При освещении УФ светом композиция не люминесцировала, хотя и наблюдались небольшие участки со слабой люминесценцией.

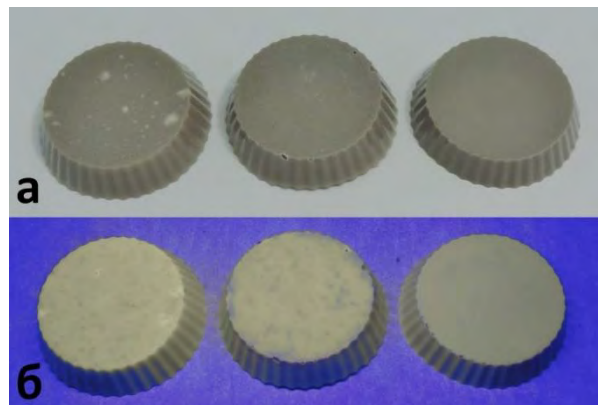


Рисунок 6. Внешний вид композита из люминофора и эпоксидной матрицы: *a* – при дневном освещении; *b* – при освещении лампой Camelion FT5 BLACK LIGHT

Figure 6. Appearance of a composite of phosphor and epoxy matrix: *a* – in daylight; *b* – in Camelion FT5 BLACK LIGHT

Для выяснения, из-за какого компонента клея произошёл данный эффект, мы смешали люминофор по отдельности с каждым компонентом клея ЭДП. Как видно на рисунке 7, люминофор в эпоксидной смоле не потерял свой цвет свечения, а в отвердителе потерял, вступил в реакцию. Голубой цвет люминесценции присущ и чистому отвердителе. Вероятно, данная реакция обусловлена тем, что отвердитель состоит из аминов (точный состав производитель не указывает, но при открытии упаковки чувствуется запах аммиака). Данные амины, свободный аммиак вступают в реакцию с сульфидом кальция и получают другие продукты.

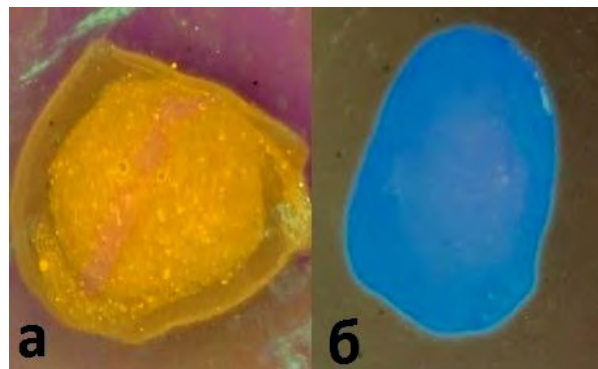


Рисунок 7. Внешний вид смеси: *a* – люминофор + эпоксидная смола; *b* – люминофор + отвердитель при освещении лампой Camelion FT5 BLACK LIGHT

Figure 7. Appearance of the mixture: *a* – phosphor + epoxy; *b* – phosphor + hardener when illuminated with a Camelion FT5 lamp BLACK LIGHT

Далее рассмотрим смесь люминофора и лака Цапон. На рисунке 8 подставлен внешний вид стеклянной пластинки с нанесённой на неё смесью.

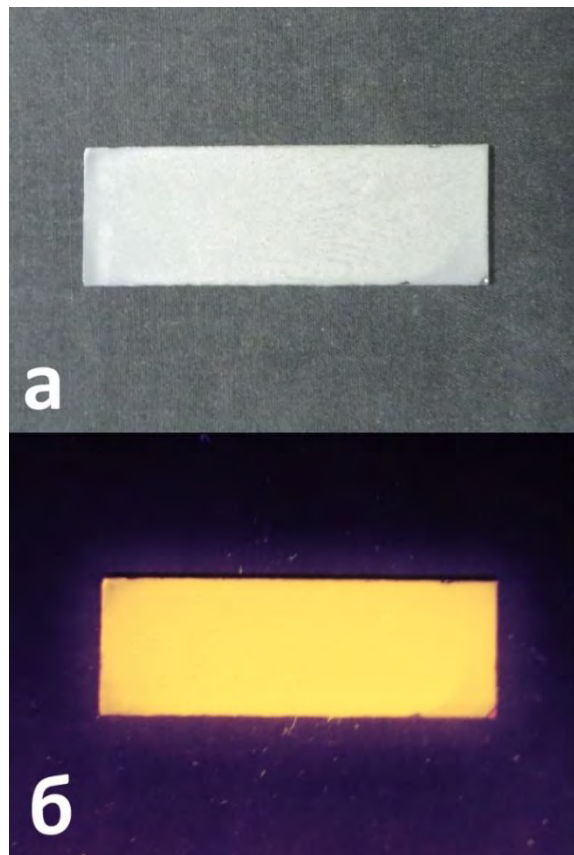


Рисунок 8. Внешний вид пластинки, покрашенной краской из люминофора и лака Цапон: *a* – при дневном освещении; *б* – при освещении лампой Camelion FT5 BLACK LIGHT

Figure 8. The appearance of the plate is painted with paint from the phosphor and of varnish: *a* – in daylight; *b* – in Camelion FT5 BLACK LIGHT

Как видно, данный люминофор успешно может применяться с НЦ лаками и красками. Его свойства не изменяются.

Рассмотрим искусственные ногти, покрытые смесью лака для ногтей и люминофора. На рисунке 9 представлен внешний вид ногтей покрытых и непокрытых лаком при обычном и УФ освещении.

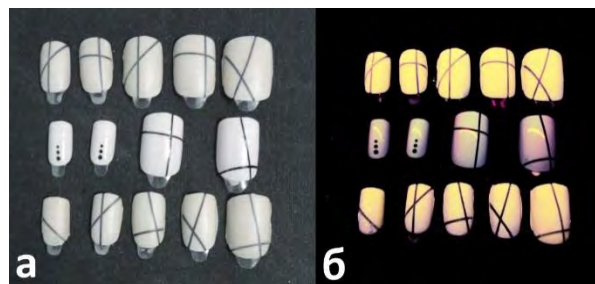


Рисунок 9. Внешний вид искусственных ногтей, покрытых и непокрытых люминофорной смесью: сверху вниз – ногти покрытые двойным слоем, ногти непокрытые, ногти покрытые одинарным слоем; *a* – при дневном освещении; *б* – при освещении лампой Camelion FT5 BLACK LIGHT

Figure 9. Appearance of artificial nails covered and uncoated with phosphor mixture: from top to bottom-nails covered with a double layer, nails not covered, nails covered with a single layer; *a* – in daylight; *b* – in Camelion FT5 BLACK LIGHT

Как видно, данный люминофор не реагирует с лаком для ногтей и может с успехом применяться как наполнитель ногтевого лака.

Заключение

Можно сказать, что разработан люминофор, который можно производить из отходов производства он совместим с рядом полимерных матриц и может использоваться со вторичными полимерами.

Литература

- 1 Суарес Д.А., Беляев В.В. Электропроводность в полупроводниках полимеров // Успехи современной науки. 2016. Т. 8. № 12. С. 137–141.
- 2 Волков В.Г., Гиндин П.Д., Карпов В.В., Митрофанова Ю.С. и др. Ночные монокуляры модульной конструкции для работы в областях спектра 0,8 - 1,8 мкм, 3 - 5 мкм, 8 - 12 мкм // Контант. 2019. Т. 18. № 4. С. 49–52.
- 3 Елфимов Н.В., Бельшина Ю.Н., Клейменов А.В. Способ исследования нефти и нефтепродуктов методом люминесцентного анализа при решении задач диагностики и идентификации загрязнений // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2017. № 2 (23). С. 99–104.
- 4 Полянская Л.М., Пинчук И.П., Степанов А.Л. Сравнительный анализ методов люминесцентной микроскопии и каскадной фильтрации для оценки численности и биомассы бактерий в почве: роль разведения почвенной суспензии // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1216–1219.
- 5 Petrova E.A., Terpinskaya T.I., Fedosyuk A.A., Radchanka A.V. et al. Luminescent quantum dots encapsulated by zwitterionic amphiphilic polymer: surface charge-dependent interaction with cancer cells // Журнал Белорусского государственного университета. Химия. 2018. № 1. С. 3–13.
- 6 Priola E., Bonometti E., Brunella V., Operti L. et al. Luminescent coordination polymers of 2,2'-bipyrimidine and mercury(ii) salts: a structural and computational study // Polyhedron. 2016. V. 104. P. 25–36.
- 7 Gu T.-Y., Dai M., Ren Z.-G., Lang J.-P. et al. Correction to: luminescent zn(ii) coordination polymers for highly selective sensing of cr(iii) and cr(vi) in water // Inorganic Chemistry. 2017. V. 56. № 18. P. 11450.
- 8 Parkhomenko R., Aniskov O., Tsibulevsky Y., Melnik O. et al. Designing a combined device for determining the place of arc discharge // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V. 3. № 5 (93). P. 12–18.
- 9 Иваницкий А.Е., Минич А.С., Буценко Е.С., Гизбрехт А.В. Зависимость фотофизических свойств полимерных светопреобразующих композиций с органическими люминофорами от способа их получения // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 12–16.
- 10 Борукаев Т.А., Шаов А.Х., Хасанов В.В., Мидова З.Х. и др. повышение огнестойкости пвх-пластиков введением различных антипиренов-дымоподавителей // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. 2017. Т. 7. № 1. С. 15–18.

11 Борукаев Т.А., Шаов А.Х., Малкандуев Ю.А. Влияние соединений молибдена на огнестойкость и физико-механические свойства пвх-пластиката // Пластические массы. 2017. № 11-12. С. 35–39.

12 Пат. № 2672747, RU, C09K 11/08. Люминофор, способ получения люминофора и применение люминофора / Фидлер Т., Бихлер Д., Ланге Ш., Ремер Р. и др. № 2016117396; Заявл. 08.10.2014; Опубл. 19.11.2018. Бюл. № 32.

13 Уланов В.Н., Макарова И.А., Кескинова М.В., Огурцов К.А. и др. Технология получения сложных алюмосиликатных люминофоров, активированных европием и марганцем // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. 2019. Т. 10. С. 12–18.

14 Шабельская Р. П. Медведев. Получение люминесцентного неорганического красителя из фосфогипса // Обогащение руд. 2019. №5. С.36–40.

References

1 Suarez D.A., Belyaev V.V. Conductivity in semiconductors of polymers. Advances in modern science. 2016. vol. 8. no. 12. pp. 137–141. (in Russian).

2 Volkov V.G., Gindin P.D., Karpov V.V., Mitrofanova Yu.S. et al. Night-time monoculars of modular design for operation in the spectral regions 0.8 - 1.8 microns, 3 - 5 microns, 8 - 12 microns. Content. 2019. vol. 18. no. 4. pp. 49–52. (in Russian).

3 Elfimov N.V., Belshina Yu.N., Kleimenov A.V. A method for studying oil and oil products by luminescence analysis in solving the problems of diagnosis and identification of pollution. Bulletin of the Voronezh Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia. 2017. no. 2 (23). pp. 99–104. (in Russian).

4 Polyanskaya L.M., Pinchuk I.P., Stepanov A.L. Comparative analysis of luminescent microscopy and cascade filtration methods for estimating the number and biomass of bacteria in soil: the role of dilution of soil suspension. Soil science. 2017. no. 10. pp. 1216–1219. (in Russian).

5 Petrova E.A., Terpinskaya T.I., Fedosyuk A.A., Radchanka A.V. et al. Luminescent quantum dots encapsulated by zwitterionic amphiphilic polymer: surface charge-dependent interaction with cancer cells. Journal of Belarusian State University. Chemistry. 2018. no. 1. pp. 3–13.

6 Priola E., Bonometti E., Brunella V., Operti L. et al. Luminescent coordination polymers of 2,2'-bipyrimidine and mercury(ii) salts: a structural and computational study. Polyhedron. 2016. vol. 104. pp. 25–36.

7 Gu T.-Y., Dai M., Ren Z.-G., Lang J.-P. et al. Correction to: luminescent zn(ii) coordination polymers for highly selective sensing of cr(iii) and cr(vi) in water. Inorganic Chemistry. 2017. vol. 56. no. 18. pp. 11450.

8 Parkhomenko R., Aniskov O., Tsibulevsky Y., Melnik O. et al. Designing a combined device for determining the place of arc discharge. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. vol. 3. no. 5 (93). pp. 12–18.

9 Ivanitsky A.E., Minich A.S., Butsenko E.S., Gizbrecht A.V. Dependence of photophysical properties of polymer light-converting compositions with organic phosphors on the method of their preparation. The successes of modern science. 2018. no. 10. pp. 12–16. (in Russian).

10 Borukaev T.A., Shaov A.Kh., Khasanov V.V., Midova Z.Kh. et al. increasing fire resistance of PVC compounds by introducing various flame retardants, smoke suppressors. News of the Kabardino-Balkarian State University. 2017. vol. 7. no. 1. pp. 15–18. (in Russian).

11 Borukaev T.A., Shaov A.Kh., Malkanduev Yu.A. The effect of molybdenum compounds on fire resistance and physico-mechanical properties of pvc plastic compound. Plastics. 2017. no. 11-12. pp. 35–39. (in Russian).

12 Fidler T., Bichler D., Lange S., Roemer R. et al. Phosphor, method for producing phosphor and the use of a phosphor. Patent RF, no. 2672747, 2018.

13 Ulanov V.N., Keskinova M.V., Ogurtsov K.A., Sychev M.M. The technology for producing complex aluminosilicate phosphors activated by europium and manganese. Mathematical methods in engineering and technology – ММТТ. 2019. Vol. 10. pp. 12–18. (in Russian).

14 Shabelskaya N.P., Medvedev R.P. Obtaining a luminescent inorganic dye from phosphogypsum. Ore dressing. 2019. no. 5. pp. 36–40. (in Russian).

Сведения об авторах

Роман П. Медведев главный технолог, ООО АН Полимер, ул. Просвещения, 155, г. Новочеркасск, 346428, Россия, rstal555@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2599-0373>

Юлия С. Подковырина к.ф.-м.н., инженер-исследователь, Международного исследовательского института интеллектуальных материалов Южного федерального университета, ул. А. Сладкова, 178/24, Ростов-на-Дону, 344090, Россия, yuliya.podkovyrina@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5464-7481>

Алина А. Скорынина аспирант, инженер, Международный исследовательский институт интеллектуальных материалов Южного федерального университета, ул. А. Сладкова, 178/24, Ростов-на-Дону, 344090, Россия, alinaskorynina@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-9844-0220>

Вклад авторов

Роман П. Медведев предложил тему эксперимента, научно обосновал, провёл эксперименты, написал рукопись, несёт ответственность за плагиат.

Юлия С. Подковырина консультация в ходе исследования

Алина А. Скорынина консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Roman P. Medvedev chief technologist, AN Polymer, Prosveshcheniya st., 155, Novocherkassk, 346428, Russia, rstal555@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2599-0373>

Yulia S. Podkovyrina Cand. Sci. (Phys.-Math), engineer-researcher, Smart Materials Research Institute Southern Federal University, Sladkova st. 178/24, Rostov-on-Don, 344090, Russia, yuliya.podkovyrina@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5464-7481>

Alina A. Skorynina graduate student, engineer, Smart Materials Research Institute Southern Federal University, Sladkova 178/24, Rostov-on-Don, 344090, Russia, alinaskorynina@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-9844-0220>

Contribution

Roman P. Medvedev proposed the subject of the experiment, scientifically justified, conducted experiments, wrote a manuscript, and is responsible for plagiarism.

Yulia S. Podkovyrina consultation during the study

Alina A. Skorynina consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 07/02/2020	После редакции 17/02/2020	Принята в печать 25/02/2020
Received 07/02/2020	Accepted in revised 17/02/2020	Accepted 25/02/2020

Влияние катионных поверхностно-активных веществ на физико-механические свойства полимерных композиций

Наталья С. Шмакова¹ shmakova@technopark-slava.ru  0000-0001-6758-7502
 Ирина А. Кирш² irina-kirsh@ya.ru  0000-0003-3370-4226
 Валентина А. Романова² bwal1307@mgupp.ru  0000-0002-7234-2267

¹ АО «Технопарк Слава», Научный проезд, 20, стр 2, г. Москва, 117246, Россия

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

Аннотация. При создании наполненных полимерных композиционных материалов часто возникают трудности, связанные с плохой совместимостью полимеров с модифицирующими добавками. Для решения подобных проблем во многих отраслях промышленности успешно используются поверхностно-активные вещества (ПАВ), однако в переработке полимеров они практически не применяются. Во многом это связано с недостаточным ассортиментом выпускаемых ПАВ, пригодных для введения в полимеры, особенно в пленкообразующие. Анионные и неионогенные ПАВ используются при синтезе и переработке эластомеров, но в производстве пленочных материалов они не применяются. Об использовании же катионных ПАВ данные до сих пор вообще отсутствовали. От других типов ПАВ они отличаются разнообразием строения, числом и взаимным расположением катионных центров и гидрофобных радикалов, а также антимикробными свойствами. Показана перспектива использования четвертичных аммониевых солей для модификации упаковочных материалов. Доказана целесообразность использования катионных ПАВ для модификации полимерных материалов. Показано что, применение четвертичных аммониевых солей улучшает физико-механические свойства пленок на основе полиэтилена и полипропилена. Доказано, что катионные ПАВ технологически совместимы с полиолефинами, что позволяет перерабатывать полимерные композиции методом экструзии. На сегодняшний день для упаковки пищевых продуктов самыми распространенными полимерами являются полиэтилен и полипропилен. Это обусловлено их низкой стоимостью, безопасностью при контакте с пищевыми продуктами, пригодностью к переработке в пленки разной толщины. Всё больше внимания уделяется вопросам создания упаковочных материалов с антимикробными свойствами. Придание таких свойств достигается путем введения антимикробной добавки в расплав полимера. Наиболее целесообразно вводить добавки непосредственно в расплав полимерной композиции при переработке, поскольку, например, в процессе экструзии происходит гомогенизация полимера с добавкой.

Ключевые слова: аммониевые соли, поверхностно-активные вещества, упаковочные материалы, полиэтилен, полипропилен

Influence of cationic surfactants on physical and mechanical properties of polymer compositions

Natalya S. Shmakova¹ shmakova@technopark-slava.ru  0000-0001-6758-7502
 Irina A. Kirsh² irina-kirsh@ya.ru  0000-0003-3370-4226
 Valentina A. Romanova² bwal1307@mgupp.ru  0000-0002-7234-2267

¹ SC "Technopark Slava", Nauchnyi proezd, 20, 2, Moscow, 117246, Russia

² Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe sh., 11, Moscow, 125080, Moscow, Russia

Abstract. When creating filled polymer composite materials, difficulties often arise due to poor compatibility of polymers with modifying additives. To solve such problems, surface-active substances (SAS) are successfully used in many industries, but they are practically not used in polymer processing. This is largely due to the insufficient assortment of surfactants produced that are suitable for introduction into polymers, especially film-forming ones. Anionic and nonionic surfactants are used in the synthesis and processing of elastomers, but they are not used in the production of film materials. As for the use of cationic surfactants, there are still no data at all. They differ from other types of surfactants in a variety of structures, in the number and relative positions of cationic centers and hydrophobic radicals, and also in antimicrobial properties. The prospects of using quaternary ammonium salts for the modification of packaging materials are shown. The expediency of using cationic surfactants for the modification of polymeric materials is proved. It is shown that the use of quaternary ammonium salts improves the physical and mechanical properties of films based on polyethylene and polypropylene. It is proved that cationic surfactants are technologically compatible with polyolefins, which allows the processing of polymer compositions by extrusion. Today, the most common polymers for food packaging are polyethylene and polypropylene. This is due to their low cost, safety in contact with food products, and suitability for processing into films of different thicknesses. More and more attention is being paid to the creation of packaging materials with antimicrobial properties. The imparting of such properties is achieved by introducing an antimicrobial additive into the polymer melt. It is most expedient to introduce additives directly into the melt of the polymer composition during processing, since, for example, during the extrusion process, polymer homogenization with the additive.

Keywords: ammonium salts, surfactants, packaging materials, polyethylene, polypropylene

Для цитирования

Шмакова Н.С., Кирш И.А., Романова В.А. Влияние катионных поверхностно-активных веществ на физико-механические свойства полимерных композиций // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 225–229. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-225-229

For citation

Shmakova N.S., Kirsh I.A., Romanova V.A. Influence of cationic surfactants on physical and mechanical properties of polymer compositions. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 225–229. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-225-229

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

Введение

На сегодняшний день для упаковки пищевых продуктов самыми распространенными полимерами являются полиэтилен и полипропилен. Это обусловлено их низкой стоимостью, безопасностью при контакте с пищевыми продуктами, пригодностью к переработке в пленки разной толщины [1]. Всё больше внимания уделяется вопросам создания упаковочных материалов с антимикробными свойствами. Придание таких свойств достигается путем введения антимикробной добавки в расплав полимера.

Наиболее целесообразно вводить добавки непосредственно в расплав полимерной композиции при переработке, поскольку, например, в процессе экструзии происходит гомогенизация полимера с добавкой [2].

Поверхностно-активные вещества широко известны как добавки, которые используются в процессе синтеза полимеров. Кроме этого, значительную роль они играют при создании композиционных материалов. ПАВ способствуют лучшему диспергированию ингредиентов в матрице полимера, их технологической совместимости, что приводит к улучшению перерабатываемости смесей и модификации физико-механических свойств материалов [3]. Еще одним перспективным направлением в области применения ПАВ в качестве модификатора полиолефинов является создание высоконаполненных биоразлагаемых полимерных композиций. Для улучшения биоразлагаемости в качестве наполнителя часто используется крахмал, однако его введение заметно повышает вязкость расплава, что ухудшает перерабатываемость материала [4,5].

Большинство промышленных ПАВ представляют собой жидкости, пасты или легкоплавкие твердые вещества, что затрудняет их использование в технологии переработки полимеров методом экструзии. Исключение

составляют катионные ПАВ (КПАВ), главные представители которых – четвертичные аммониевые соли (ЧАС), в чистом виде – твердые кристаллические вещества. Ранее было доказано, что ЧАС совместимы с полисахаридами и эластомерами [6–8].

В последнее время среди катионных ПАВ широкое распространение получили соли с двумя гидрофобными радикалами [9]. Как и моночетвертичные соли, они обладают высокой поверхностной активностью [10]. Однако работ по модификации полимеров солями аммония в процессе экструзии недостаточно, что затрудняет вести оценку их влияния на физико-механические свойства полимерной композиции.

Цель работы – изучение влияния четвертичных аммониевых солей на физико-механические свойства упаковочных материалов на основе полиэтилена и полипропилена.

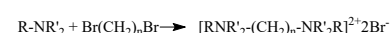
Материалы и методы

Для получения упаковочных материалов были выбраны полиэтилен высокой плотности (ПЭ) марки Hostalen ACP 9255 и полипропилен (ПП) марки HP 52 2H компании Basel. В качестве модификаторов были взяты моно- и бис-четвертичные аммониевые соли.

В работе проводили синтез бис-четвертичных солей путем взаимодействия высших галогеналканов или хлорметиловых эфиров высших спиртов с третичными диаминами по следующей реакции:



Кроме того, в работе проводили синтез солей по другой реакции высших третичных аминов с дибромалканами, бис-хлорметиловыми эфирами гликолей или хлорексом:



В качестве третичных аминов использовали также высшие N-алкил-пиперидины и морфолины. В результате были синтезированы группы ЧАС и исследованы их строение и свойства (таблица 1).

Таблица 1.

Строение и свойства бис-четвертичных солей $[\text{R-NR}'_2-\text{X-NR}'_2-\text{R}]^{2+} 2\text{Hal}^-$

Table 1.

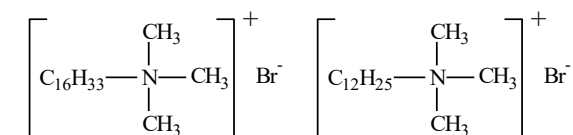
Structure and properties of bis-quaternary salts $[\text{R-NR}'_2-\text{X-NR}'_2-\text{R}]^{2+} 2\text{Hal}^-$

Условные обозначения Name	R	R'2 N	X	Hal	Tпл, °C
1	2	3	4	5	6
ХМ-100	C10 H21	(CH3)2 N	CH2 OCH2	Cl	
ХМ-10	C10 H21 OCH2	(CH3)2 N	CH2 OCH2	Cl	
ХМЭ-10	C10 H21 OCH2	(C2 H5)2 N	CH2 OCH2	Cl	
ХЛ-100	C10 H21	(CH3)2 N	CH2 CH2 OCH2 CH2	Cl	
ХЛ-160	C16 H33	(CH3)2 N	CH2 CH2 OCH2 CH2	Cl	80
ЭД-110	C11 H23	(CH3)2 N	CH2 CH2	Br	165
ЭД-12	C12 H25 OCH2	(CH3)2 N	CH2 CH2	Cl	
ЭД-120	C12 H25	(CH3)2 N	CH2 CH2	Br	167
ЭД-140	C14 H29	(CH3)2 N	CH2 CH2	Br	143

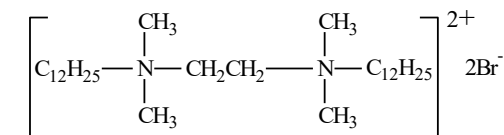
Продолжение таблицы 1 | Continuation of table 1

1	2	3	4	5	6
ЭД-160	C ₁₆ H ₃₃	(CH ₃) ₂ N	CH ₂ CH ₂	Br	140
ЭДЭ-12	C ₁₂ H ₂₅ OCH ₂	(C ₂ H ₅) ₂ N	CH ₂ CH ₂	Cl	
ЭДЭ-120	C ₁₂ H ₂₅	(C ₂ H ₅) ₂ N	CH ₂ CH ₂	Br	182
ЭДЭ-160	C ₁₆ H ₃₃	(C ₂ H ₅) ₂ N	CH ₂ CH ₂	Br	125
МД-120	C ₁₂ H ₂₅	(CH ₃) ₂ N	CH ₂	Br	162
ЭДП-120	C ₁₂ H ₂₅	Пиперидин Piperidine	CH ₂ CH ₂	Br	126
ТМП-120	C ₁₂ H ₂₅	Пиперидин Piperidine	(CH ₂) ₃	Br	150
ЭГ-100	C ₁₀ H ₂₁	(CH ₃) ₂ N	CH ₂ OCH ₂ CH ₂ OCH ₂	Cl	
ЭГ-160	C ₁₆ H ₃₃	(CH ₃) ₂ N	CH ₂ OCH ₂ CH ₂ OCH ₂	Cl	56
ДГ-10	C ₁₀ H ₂₁ OCH ₂	(CH ₃) ₂ N	CH ₂ (OCH ₂ CH ₂) ₂ OCH ₂	Cl	
ДГ-100	C ₁₀ H ₂₁	(CH ₃) ₂ N	CH ₂ (OCH ₂ CH ₂) ₂ OCH ₂	Cl	
ДГЭ-100	C ₁₀ H ₂₁	(C ₂ H ₅) ₂ N	CH ₂ (OCH ₂ CH ₂) ₂ OCH ₂	Cl	
МДЭ-120	C ₁₂ H ₂₅	(C ₂ H ₅) ₂ N	CH ₂	Br	
ПТЭ-120	C ₁₂ H ₂₅	(C ₂ H ₅) ₂ N	(CH ₂) ₄	Br	196
ПТП-120	C ₁₂ H ₂₅	Пиперидин Piperidine	(CH ₂) ₄	Br	168
ПТМ-120	C ₁₂ H ₂₅	Морфолин Morpholine	(CH ₂) ₄	Br	189
ГМ-120	C ₁₂ H ₂₅	(CH ₃) ₂ N	(CH ₂) ₆	Br	185
ГМП-120	C ₁₂ H ₂₅	Пиперидин Piperidine	(CH ₂) ₆	Br	204
ГММ-120	C ₁₂ H ₂₅	Морфолин Morpholine	(CH ₂) ₆	Br	230
ОМЭ-120	C ₁₂ H ₂₅	(C ₂ H ₅) ₂ N	(CH ₂) ₆	Br	119

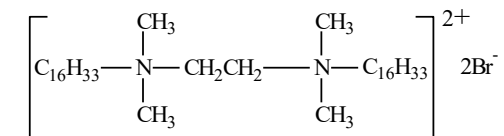
Одним из важных критериев для применения ЧАС в качестве модификатора полимерных материалов является температура плавления и гигроскопичность. На основании исследований установлено, что соли, в составе которых есть алкоксиметильные радикалы, достаточно гигроскопичны, что негативно сказывается на свойствах пленок. Поэтому в качестве объектов исследования были выбраны ТМ-120, ЭД-120, ЭД-160 и образец промышленного производства цетилтриметиламмоний бромид (ЦТАБ) SERVA (Германия). ЦТАБ представляет собой белый порошок с температурой плавления 237 °С, хорошо растворимый в воде. Химические формулы ЧАС:



ЦТАБ ТМ-120



ЭД-120



ЭД-160

Полимерные материалы были изготовлены в Московском государственном университете пищевых производств на лабораторных экструдерах. Полиэтиленовую пленку получали экструзией

с раздувом рукава в температурном интервале 180–200 °С, а полипропиленовую – плоскощелевой экструзией при температуре 220–240 °С.

Испытания физико-механических характеристик проводились на разрывной машине РМ-50 по ГОСТ 14236–81. Испытания проводились в режиме одноосного растяжения при температуре 20±3 °С, скорость деформации – 10 мм/мин. Определение реологических свойств полимерных композиций производилось на приборе ИИРТ методом капиллярной вискозиметрии. Также определялся показатель текучести расплава (ПТР) согласно ГОСТ 11645–80.

Результаты и обсуждение

На первом этапе работы были проведены исследования реологических свойств полимерных композиций при введении ЧАС (рисунок 1).

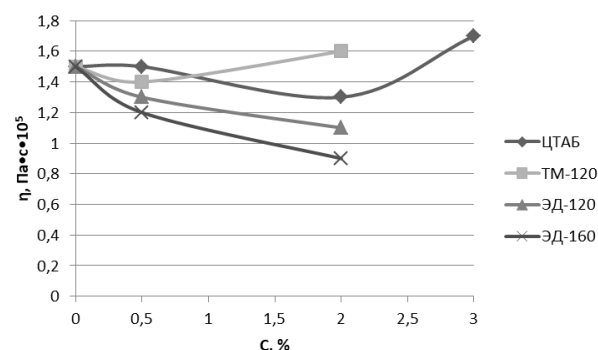


Рисунок 1. Зависимость эффективной вязкости расплава композиции от содержания ЧАС в полиэтилене

Figure 1. Dependence of the effective viscosity of the melt composition on the content of salts in polyethylene

Хорошо заметно, что введение ЧАС практически не изменяет реологических свойств полимерной композиции на основе полиэтилена.

Далее проводили исследования физико-механических свойств полимерных композиций. На рисунке 2 представлена зависимость разрушающего напряжения при разрыве, на рисунке 3 относительного удлинения при разрыве от содержания ЧАС в композиции на основе ПЭВП.

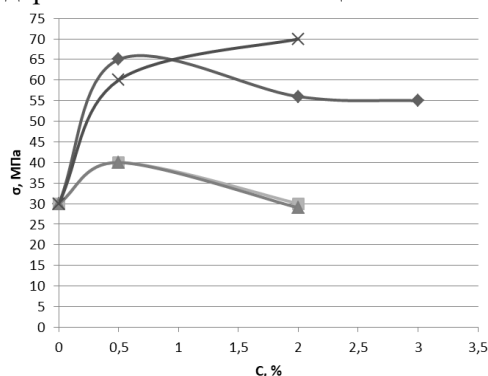


Рисунок 2. Зависимость разрушающего напряжения при разрыве от содержания ЧАС в ПЭВП

Figure 2. Dependence of the breaking stress at break of the concentration of salts in HDPE

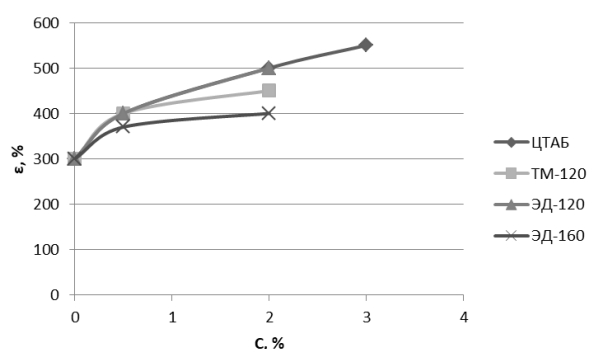


Рисунок 3. Зависимость относительного удлинения при разрыве от содержания ЧАС в ПЭВП

Figure 3. Dependence of elongation at break on salt content in HDPE

Полученные результаты свидетельствуют о том, что введение ЧАС в полиэтилен приводит к резкому увеличению относительного удлинения при разрыве, особенно для композиций на основе полиэтилена и ЦТАБ. Аналогичный эффект влияния ЧАС был отмечен для композиций на основе полипропилена (рисунок 4 и 5).

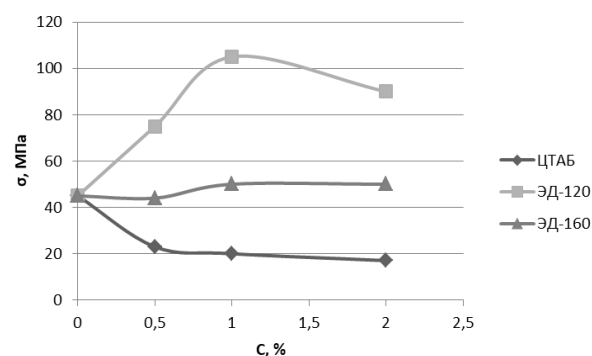


Рисунок 4. Зависимость разрушающего напряжения при разрыве от содержания ЧАС в ПП

Figure 4. Dependence of the breaking stress at break of the salt content in PP

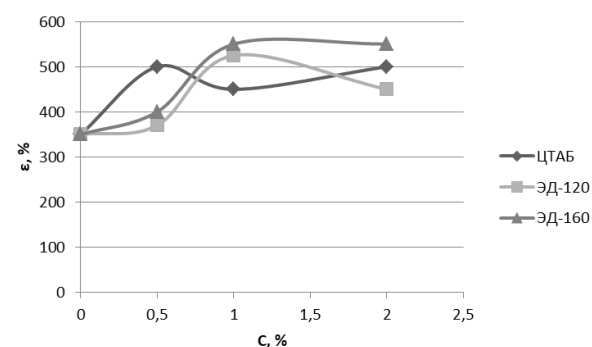


Рисунок 5. Зависимость относительного удлинения при разрыве от содержания ЧАС в ПП

Figure 5. Dependence of elongation at break on salt content in PP

Анализируя полученные результаты, можно выделить наиболее оптимальное содержание модифицирующей добавки ЧАС в полимерной композиции в количестве 1%. Введение 1% ЭД-120 повышает прочность материала в 2,5 раза и увеличивает относительное удлинение при разрыве до 500%. При этом повышение концентрации добавок в полимерном композите до 2% приводит к их снижению.

Закключение

На основании полученных результатов можно отметить, что введение ЧАС в полимерные композиции приводит к увеличению разрушающего напряжения в 1,5–2,0 раза, что хорошо при получении упаковки малой толщины.

Литература

- 1 Кирш И.А., Бутенко Д.С., Зима С.А., Кудряшова И.А. и др. «Активная» упаковка // Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста: I научно-практическая конференция с международным участием. 2018. С. 34–44.
- 2 Уайт Дж.Л., Чой Д.Д. Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины; пер. с англ. Санкт-Петербург, Профессия, 2006. 250 с.
- 3 Майер Г. Возможности химической и физической модификации полимерных материалов // Полимерные материалы. 2017. № 7. С. 10–19.
- 4 Захаров Д., Кирш И.А. Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала // Современное состояние и перспективы развития упаковки в пищевой промышленности: материалы конференции с международным участием. 2018. С. 18–20.
- 5 Тагер А.А. Физикохимия полимеров: 4-е изд., перераб. и доп. М.: Научный мир, 2007. 573 с.

6 Шмакова Н.С., Сдобникова О.А., Панкратов В.А., Канарский А.В. Влияние катионных ПАВ на реологические свойства расплавов эфиров целлюлозы и физико-механические показатели пленочных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 10. С. 204–207.

7 Zhang H., Deng L., Zeeb B., Weiss J. Solubilization of octane in cationic surfactant–anionic polymer complexes: Effect of polymer concentration and temperature // Journal of colloid and interface science. 2015. V. 450. P. 332–338.

8 Zorin V.A., Baurova N.I., Shakurova A.M. Control of microstructure and properties of filled polymer compositions // Polymer Science Series D. 2013. V. 6. № 1. P. 36–40.

9 Холмберг К., Йенссон Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. 2015. 531 с.

10 Oda R., Huc I., Danino D., Talmon Y. Aggregation Properties and Mixing Behavior of Hydrocarbon, Fluorocarbon, and Hybrid Hydrocarbon–Fluorocarbon Cationic Dimeric Surfactants // Langmuir. 2000. V. 16. № 25. P. 9759–9769.

References

1 Kirsh I.A., Butenko D.S., Winter S.A., Kudryashova I.A. et al. “Active” packaging. Advanced food technology. status, trends, growth points: I scientific-practical conference with international participation. 2018. pp. 34–44. (in Russian).

2 White J.L., Choi D.D. Polyethylene, polypropylene and other polyolefins; trans. with eng. St. Petersburg, Professiya, 2006. 250 p. (in Russian).

3 Mayer G. Possibilities of chemical and physical modification of polymeric materials. Polymer materials. 2017. no. 7. pp. 10–19. (in Russian).

4 Zakharov D., Kirsh I.A. Biodegradable polymer materials based on starch. Current status and development prospects of packaging in the food industry: conference materials with international participation. 2018. pp. 18–20. (in Russian).

5 Tager A.A. Physicochemistry of polymers. Moscow, Nauchnyy mir, 2007. 573 p. (in Russian).

6 Shmakova N.S., Sdobnikova O.A., Pankratov V.A., Kanarsky A.V. The effect of cationic surfactants on the rheological properties of melts of cellulose ethers and physical and mechanical properties of film materials. Bulletin of Kazan Technological University. 2013. no. 10. pp. 204–207. (in Russian).

7 Zhang H., Deng L., Zeeb B., Weiss J. Solubilization of octane in cationic surfactant–anionic polymer complexes: Effect of polymer concentration and temperature. Journal of colloid and interface science. 2015. vol. 450. pp. 332–338.

8 Zorin V.A., Baurova N.I., Shakurova A.M. Control of microstructure and properties of filled polymer compositions. Polymer Science Series D. 2013. vol. 6. no. 1. pp. 36–40.

9 Holmberg K., Jensson B., Lindman B. Surfactants and polymers in aqueous solutions. 2015. 531 p. (in Russian).

10 Oda R., Huc I., Danino D., Talmon Y. Aggregation Properties and Mixing Behavior of Hydrocarbon, Fluorocarbon, and Hybrid Hydrocarbon–Fluorocarbon Cationic Dimeric Surfactants. Langmuir. 2000. vol. 16. no. 25. pp. 9759–9769.

Сведения об авторах

Наталья С. Шмакова заместитель руководителя, ТЦКП «Нанотехнологии и наноматериалы», АО «Технопарк Слава», Научный проезд, д.20, стр.2, г. Москва, Россия, shmakova@technopark-slava.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-6758-7502>

Ирина А. Киш д.х.н., профессор, кафедра прикладной механики и инжиниринга технических систем, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, irina-kirsh@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3370-4226>

Валентина А. Романова м.н.с., лаборатория композитных материалов, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, bwal1307@mgupp.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7234-2267>

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. Shmakova deputy head, center of nanotechnology and nanomaterials, SC “Technopark Slava”, Nauchnyi proezd, 20, 2, Moscow, 117246, Russia, shmakova@technopark-slava.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-6758-7502>

Irina A. Kirsh Dr. Sci. (Chem.), professor, applied mechanics and engineering of technical systems department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe sh., 11, Moscow, 125080, Moscow, Russia, irina-kirsh@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3370-4226>

Valentina A. Romanova junior researcher, lab of composite materials, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe sh., 11, Moscow, 125080, Moscow, Russia, bwal1307@mgupp.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7234-2267>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 16/01/2020	После редакции 28/01/2020	Принята в печать 07/02/2020
Received 16/01/2020	Accepted in revised 28/01/2020	Accepted 07/02/2020

Численный анализ циклического процесса адсорбционного разделения синтез-газа

Евгений И. Акулинин	¹	akulinin-2006@yandex.ru	 0000-0002-3816-6204
Олег О. Голубятников	¹	golubyatnikov_ol@mail.ru	 0000-0002-0530-0964
Дмитрий С. Дворецкий	¹	dvoretsky@tambov.ru	 0000-0002-4352-810X
Станислав И. Дворецкий	¹	sdvoretsky@mail.tstu.ru	 0000-0002-7571-3748

¹ Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 392000, Россия

Аннотация. Проведено численное исследование динамики циклического процесса короткоциклового безнагревной адсорбции при разделении синтез-газа и концентрировании водорода. Изучено влияние режимных (давления на выходе компрессора и вакуум-насоса, длительности цикла «адсорбция-десорбция», коэффициента обратного потока) и конструктивных (высоты насыпного слоя адсорбента и внутреннего диаметра адсорбера) параметров установки на степень извлечения и чистоту концентрируемого водорода, производительность установки в заданном диапазоне изменения температуры, состав и давление исходной газовой смеси. Установлено, что при уменьшении содержания водорода от 68 до 48 об. % и одновременном увеличении содержания диоксида углерода в исходной газовой смеси от 27 до 47 об. % требуемое значение чистоты водорода на уровне 99.99 об. % может быть достигнуто за счет уменьшения давления на выходе вакуум-насоса от $0,75 \cdot 10^5$ до $0,5 \cdot 10^5$ Па. При этом увеличивается длительность стадии адсорбции от 120 до 150 с, а степень извлечения водорода снижается от 55 до 52% вследствие увеличения доли потока, отбираемого на регенерацию адсорбента. Повышение температуры исходной газовой смеси от 293 до 323 К приводит к необходимости уменьшения длительности стадии адсорбции от 148 до 42 с из-за уменьшения равновесных концентраций диоксида и монооксида углерода в адсорбенте.

Ключевые слова безнагревная адсорбция, цеолитовый адсорбент NaX, синтез-газ, водород, динамика, математическое моделирование, вычислительный эксперимент.

Numerical study of the dynamics of synthesis gas adsorption separation

Evgeny I. Akulinin	¹	akulinin-2006@yandex.ru	 0000-0002-3816-6204
Oleg O. Golubyatnikov	¹	golubyatnikov_ol@mail.ru	 0000-0002-0530-0964
Dmitry S. Dvoretsky	¹	dvoretsky@tambov.ru	 0000-0002-4352-810X
Stanislav I. Dvoretsky	¹	sdvoretsky@mail.tstu.ru	 0000-0002-7571-3748

¹ Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 392000, Russia

Abstract. A numerical study of the dynamics of pressure swing adsorption process for synthesis gas separation and hydrogen concentration was carried out. The influence of regime parameters (compressor and vacuum pump outlet pressures, duration of the "adsorption-desorption" cycle, backflow coefficient) and design parameters (height of the adsorbent bulk layer and the internal bed diameter) on the recovery and purity of hydrogen, plant performance in a given range of changes in the temperature, composition and pressure of the initial gas mixture was studied. It is found that when the hydrogen content decreases from 68 to 48 vol. % and a simultaneous increase in the carbon dioxide content in the initial gas mixture from 27 to 47 vol. % required hydrogen purity value at 99.99 vol. % can be achieved by reducing the pressure at the outlet of the vacuum pump from $0.75 \cdot 10^5$ to $0.5 \cdot 10^5$ Pa. At the same time, the duration of the adsorption stage increases from 120 to 150 seconds, and the degree of hydrogen extraction decreases from 55 to 52% due to an increase in the proportion of the flow selected for the regeneration of the adsorbent. Increasing the temperature of the initial gas mixture from 293 to 323 K leads to the need to reduce the duration of the adsorption stage from 148 to 42 s due to a decrease in the equilibrium concentrations of carbon dioxide and monoxide in the adsorbent. [Click to enter "Abstract"](#)

Keywords: heatless adsorption, zeolite adsorbent 13X, hydrogen, synthesis, dynamic, mathematical modeling, simulation.

Введение

Циклические адсорбционные процессы и, в частности, короткоциклового безнагревной адсорбция (КБА) являются наиболее распространенным способом разделения газовых смесей и концентрирования в них целевых продуктов. Процессы КБА не предполагают наличия

внешнего источника теплоты, а теплота, выделяемая на стадии адсорбции, используется для осуществления процесса десорбции адсорбтива из адсорбента (регенерации адсорбента).

Циклические адсорбционные процессы широко применяют в промышленности для разделения газовых смесей и концентрирования

Для цитирования

Акулинин Е.И., Голубятников О.О., Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И. Численный анализ циклического процесса адсорбционного разделения синтез-газа // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 230–236. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-230-236

For citation

Akulinin E.I., Golubyatnikov O.O., Dvoretsky D.S., Dvoretsky S.I. Numerical study of the dynamics of synthesis gas adsorption separation. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 230–236. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-230-236

водорода, кислорода, азота, диоксида углерода и других газов. Одной из актуальных задач в области адсорбционного разделения является извлечение водорода с чистотой 99.99 об. % из водородсодержащих технологических потоков и синтез-газа [1–4].

Цель работы – численное исследование системных связей и закономерностей циклических адсорбционных процессов разделения синтез-газа и концентрирования водорода, влияния конструктивных и режимных параметров установки КБА на степень извлечения и чистоту водорода в заданном диапазоне изменения возмущающих воздействий (температуры, состава и давления исходной водородсодержащей смеси).

Описание циклического процесса адсорбционного разделения синтез-газа и концентрирования водорода

Технологический процесс концентрирования водорода методом адсорбционного разделения синтез-газа с циклически изменяющимся давлением осуществляется в четырехадсорберной установке КБА с гранулированным адсорбентом NaX (рисунок 1) [5].

Установка предназначена для концентрирования водорода до 99.99 об. %. Исходная газовая смесь подается в установку после предварительной осушки (стадия осушки в работе не рассматривается). Подъем давления в адсорберах 2а, б, с, d производится открытием управляемых клапанов 3а, б, с, d, через которые газовая смесь подводится к слою адсорбента в адсорберах на стадии адсорбции. Продукционный водород отводится из адсорберов на стадии адсорбции через клапаны 5а, б, с, d и направляется потребителю через ресивер (на рисунке 1 не показан). Противоточная регенерация слоя адсорбента осуществляется путем пропускания продувочной (обогащенной водородом) газовой смеси через клапаны 6а, б, с, d, а через клапаны 4а, б, с, d осуществляется отвод продувочного газа на стадии десорбции (регенерации адсорбента).

Согласованная работа клапанов установки КБА (рисунок 1) осуществляет последовательно в каждом адсорбере цикл «адсорбция-десорбция». Циклограмма изменения давления в одном адсорбере в течение одного цикла продолжительностью 400 с приведена на рисунке 2.

В качестве адсорбентов в установках КБА при осуществлении циклических адсорбционных процессов широко используют гранулированные активные угли и цеолиты СаА, NaX, обладающие наибольшей емкостью и селективностью по CO_2 и СО [3, 4].

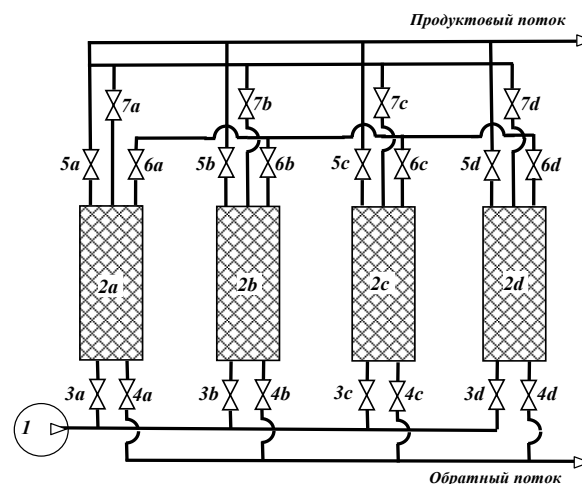


Рисунок 1. Технологическая схема установки КБА разделения синтез-газа и концентрирования водорода
Figure 1. Technological scheme of the PSA unit for synthesis gas separation and hydrogen production

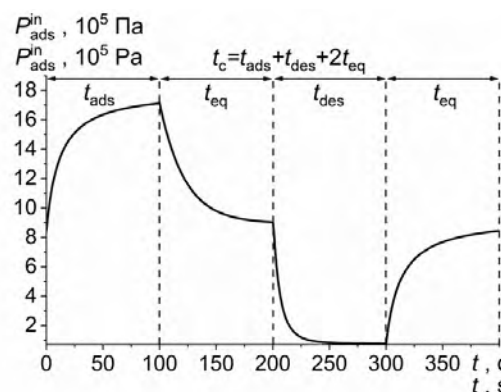


Рисунок 2. Циклограмма изменения давления в адсорбере установки КБА в течение одного цикла «адсорбция–десорбция»
Figure 2. Cyclogram of dynamics pressure in the adsorber of the PSA unit during one cycle "adsorption–desorption"

При адсорбции (десорбции) H_2 , CO_2 и СО цеолитовым адсорбентом в адсорберах 2а, б, в, г установки КБА (рисунок 1) протекают следующие массо- и теплообменные процессы: а) диффузия H_2 , CO_2 и СО в потоке газовой смеси; б) массообмен H_2 , CO_2 , СО и теплообмен между газовой фазой и адсорбентом; в) адсорбция H_2 , CO_2 , СО на поверхности и в микропорах гранул цеолитового адсорбента с выделением теплоты и десорбция H_2 , CO_2 , СО из микропор и с поверхности гранул с поглощением теплоты.

Анализ результатов физического моделирования показал, что диффузия H_2 , CO_2 , СО и распространение теплоты в газовом потоке и гранулированном адсорбенте осуществляется в основном в продольном направлении относительно движения потока газовой смеси в адсорбере (по высоте слоя адсорбента). При этом процесс адсорбции преимущественно CO_2 и СО

адсорбентом осуществляется в смешанно-диффузионной области и определяется коэффициентами внешней массоотдачи и внутренней диффузии, скоростью газовой смеси в слое адсорбента, а также равновесными соотношениями концентраций H_2 , CO_2 и CO в фазах.

При численном анализе процесса концентрирования водорода принимали следующие допущения: 1) исходная газовая смесь – синтез-газ содержит 1 – H_2 с концентрацией 48–68 об. %, 2 – CO_2 с концентрацией 27–47 об. %, 3 – CO с концентрацией 5 об. % является 3-компонентной газовой смесью и рассматривается как идеальный газ, что вполне допустимо при давлении в адсорбере до $200 \cdot 10^5$ Па [6, 7]; 2) диффузия H_2 , CO_2 , CO и распространение теплоты в газовой и твердой фазах осуществляется только в аксиальном направлении движения потока газовой смеси в адсорбере (по высоте адсорбента) [7–9]; 3) в качестве адсорбента используется гранулированный цеолит NaX с диаметром гранул 1,5 мм [4]; 4) адсорбционное равновесие описывается уравнением Дубинина-Радускевича [10]; 5) десорбционные ветви изотерм адсорбции H_2 , CO_2 , CO на цеолите NaX совпадают с адсорбционными [10]; 6) температура газа в ресивере равна температуре газа на выходе из адсорбера, тепловые потери в окружающую среду пренебрежимо малы.

Математическое описание адсорбционного процесса разделения синтез-газа и концентрирования водорода включает дифференциальные

уравнения с частными производными покомпонентного материального баланса компонентов H_2 , CO_2 , CO в потоке газовой фазы и распространения теплоты в газовой и твердой фазах; обыкновенные дифференциальные уравнения кинетики адсорбции–десорбции, изменения скорости потока газовой смеси и давления газовой смеси по высоте насыпного слоя адсорбента [11–14].

Для решения системы дифференциальных уравнений с соответствующими начальными и граничными условиями использовали метод прямых в программной среде Matlab [15, 16]. Анализ точности математической модели проводили с использованием фактической среднеквадратической ошибки между рассчитанными по модели и экспериментальными значениями чистоты водорода на выходе из адсорбера. Фактическая среднеквадратическая ошибка составила 0,15 об. %, что позволяет использовать математическую модель для исследования и оптимизации циклических режимов функционирования установки КБА для разделения синтез-газа и концентрирования водорода [1–4].

Численный анализ циклического процесса адсорбционного разделения синтез-газа

Для исследования влияния режимных и конструктивных параметров установки КБА на показатели эффективности функционирования циклического процесса адсорбционного концентрирования водорода проводили вычислительные эксперименты (таблица 1).

Таблица 1.

Исходные данные для вычислительного эксперимента

Table 1.

Source data for computational experiment

Варьируемые переменные Variables	Диапазон изменения The range of variation	Номинальное значение Nominal value
Длительность стадии адсорбции t_{ads} , с Duration of the adsorption stage t_{ads} , s	10–180	40
Давление на выходе компрессора P^{in} , $\times 10^5$ Па The outlet pressure of the compressor P^{in} , $\times 10^5$ Pa	5–30	17,50
Давление на выходе вакуум-насоса P_{des}^{in} , $\times 10^5$ Па The pressure at the outlet of vacuum-pump P_{des}^{in} , $\times 10^5$ Pa	0,5–1,00	0,75
Коэффициент обратного потока θ , отн. ед. Backflow coefficient θ , [-]	1,25–15,00	5,83
Концентрация компонентов в исходной смеси y^{in} , об. % Concentration of components in the initial mixture y^{in} , vol. %		
H_2	48–68	68
CO_2	27–47	47
CO	5	5
Температура исходной смеси T_g^{in} , К The temperature of the initial mixture T_g^{in} , К	273–323	298
Отношение длины адсорбера к его диаметру L/D_A The ratio of the length of the adsorber to its diameter L/D_A	4–8	6

На рисунке 3 представлены зависимости чистоты продукционного водорода при различных значениях давления на выходе компрессора и длительности стадии адсорбции $t_{ads}=100$ с.

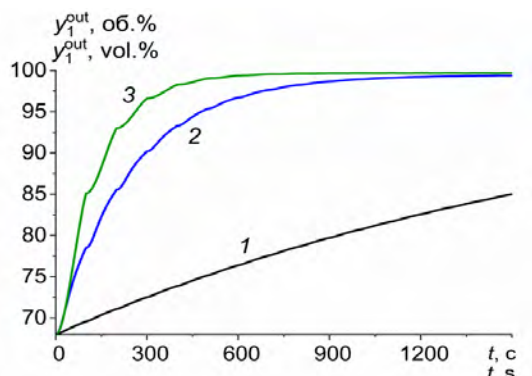


Рисунок 3. Динамика чистоты продукционного водорода в ресивере установки при длительности стадии адсорбции $t_{ads}=100$ с и различных значениях давления на выходе компрессора P^{in} : 1 – $5 \cdot 10^5$ Па; 2 – $17,5 \cdot 10^5$ Па; 3 – $30 \cdot 10^5$ Па

Figure 3. Dynamics of the purity of production hydrogen in the unit receiver at the duration of the adsorption stage $t_{ads}=100$ s and different values of pressure at the compressor outlet P^{in} : 1 – $5 \cdot 10^5$ Pa; 2 – $17,5 \cdot 10^5$ Pa; 3 – $30 \cdot 10^5$ Pa

Анализ рисунка 3 показывает, что увеличение давления на выходе компрессора от $5 \cdot 10^5$ до $30 \cdot 10^5$ Па способствует ускоренному выходу установки на стационарный периодический режим от ~30 до ~10 циклов за счет повышения перепада давлений на впускном клапане данного адсорбера и увеличения расхода исходной газовой смеси на входе в адсорбер установки на стадии адсорбции.

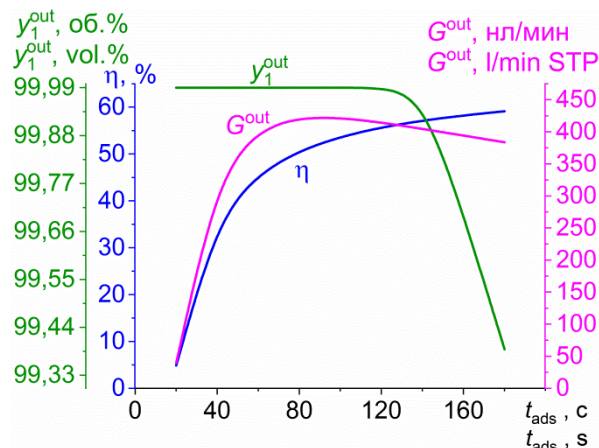
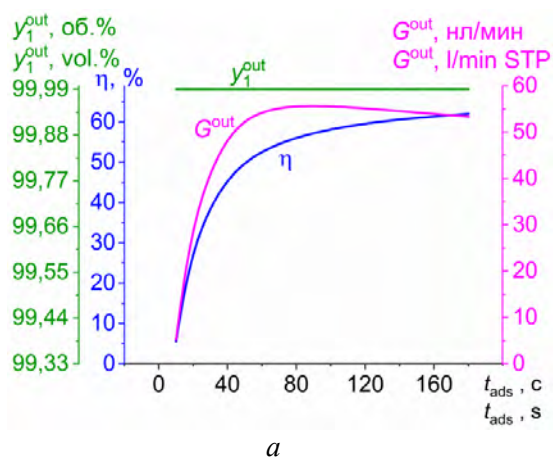


Рисунок 4. Зависимость чистоты продуктового водорода y_1^{out} , степени его извлечения η и производительности установки G^{out} при номинальном режиме работы установки

Figure 4. The dependence of purity of product hydrogen y_1^{out} , recovery η and capacity G^{out} at a nominal regime mode

Анализ графиков зависимостей чистоты продуктового водорода y_1^{out} , степени его извлечения η и производительности установки G^{out} от продолжительности стадии адсорбции t_{ads} при номинальном режиме ее работы (рисунок 4, 5) показывает, что увеличение давления на входе в установку в 1,7 раза приводит к снижению степени извлечения водорода на ~10% и увеличению производительности в 2,5 раза. Этот факт объясняется увеличением равновесной концентрации извлекаемых компонентов в адсорбенте при увеличении давления P^{in} от $5 \cdot 10^5$ до $30 \cdot 10^5$ Па.

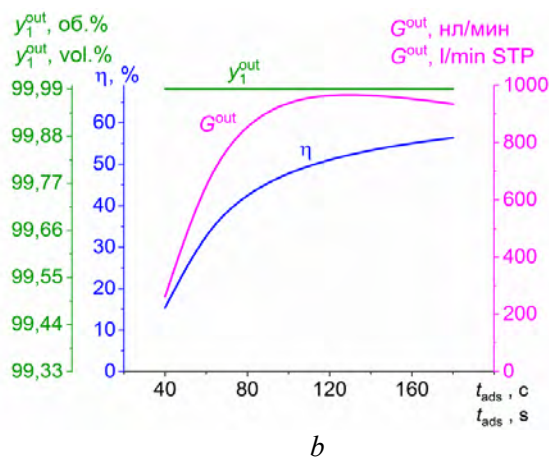


Рисунок 5. Зависимость чистоты продуктового водорода y_1^{out} , степени его извлечения η и производительности установки G^{out} при давлении на выходе компрессора P^{in} : а – $5 \cdot 10^5$ Па; б – $30 \cdot 10^5$ Па

Figure 5. Dependence of the purity of the product hydrogen y_1^{out} , recovery η and capacity G^{out} at the compressor outlet pressure P^{in} : а – $5 \cdot 10^5$ Pa; б – $30 \cdot 10^5$ Pa

Повышение температуры исходной газовой смеси от 293 до 323 К приводит к необходимости уменьшения длительности стадии адсорбции

от 148 до 42 с (рисунок 6, а) из-за уменьшения равновесных концентраций диоксида и монооксида углерода в адсорбенте.

При уменьшении содержания водорода от 68 до 48 об. % и одновременном увеличении содержания диоксида углерода в исходной газовой смеси от 27 до 47 об. % адсорбционная емкость истощается быстрее, а требуемое значение чистоты водорода на уровне 99.99 об. % не достигается (рисунок 6, *b*). При этом производительность установки снижается на ~25%. Расчеты показывают, что увеличение давления на выходе компрессора от $17,5 \cdot 10^5$ до $23,5 \cdot 10^5$ Па позволяет повысить производительность на ~25%, однако степень извлечения водорода при этом снижается относительно номинального режима от 55 до 50%.

Увеличение давления на выходе вакуум-насоса от $0,75 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^5$ Па приводит к уменьшению: длительности стадии адсорбции

от 120 до 50 с, степени извлечения водорода от 55 до 48% (рисунок 7, *b*). Уменьшение давления на выходе вакуум-насоса от $0,75 \cdot 10^5$ до $0,5 \cdot 10^5$ Па приводит к повышению длительности стадии адсорбции от 120 до 150 с, при которой обеспечивается требуемая чистота продуктового водорода $y_1^{\text{out}} = 99.99$ об. %. Степень извлечения водорода при этом снижается от 55 до 52% вследствие увеличения доли потока, отбираемого на регенерацию адсорбента (рисунок 7, *a*). Расчеты показывают, что для увеличения степени извлечения до 55% (при сохранении чистоты водорода 99.99 об. %) в данном режиме необходимо уменьшить коэффициент обратного потока на ~5% относительно его номинального значения.

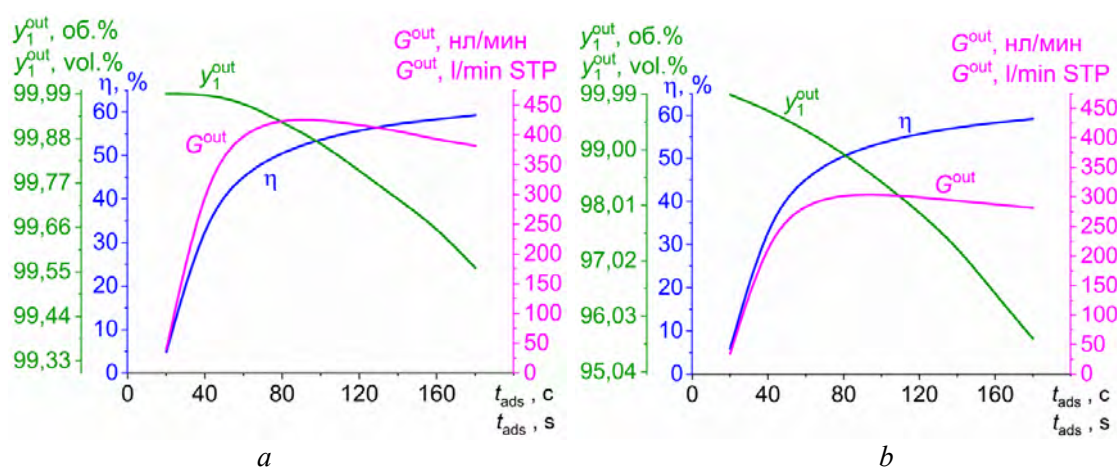


Рисунок 6. Зависимость чистоты продуктового водорода y_1^{out} , степени его извлечения η и производительности установки G^{out} при: *a* – $T_g^{\text{in}} = 323$ К; *b* – $y_1^{\text{in}} = 48$ об. %

Figure 6. Dependence of the purity of the product hydrogen y_1^{out} , recovery η and capacity G^{out} at: *a* – $T_g^{\text{in}} = 323$ K; *b* – $y_1^{\text{in}} = 48$ vol. %

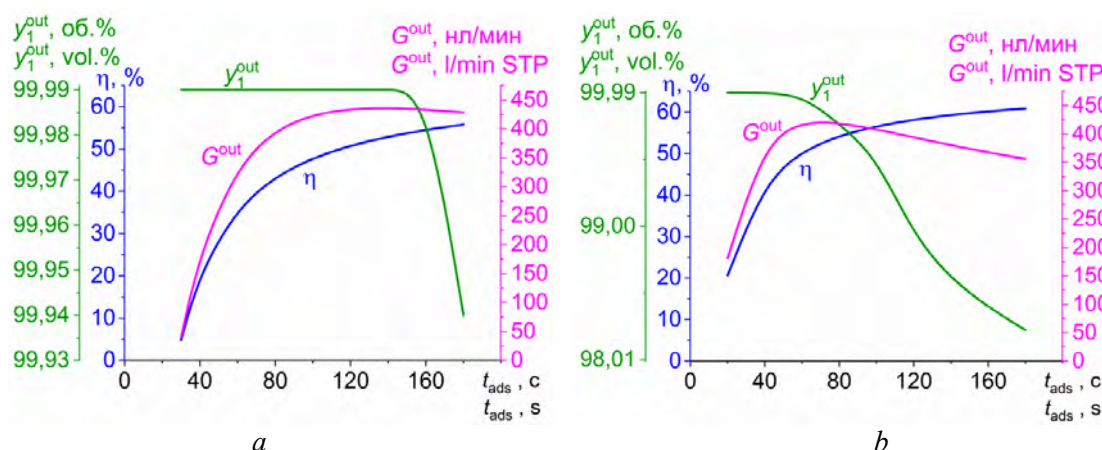


Рисунок 7. Зависимость чистоты продуктового водорода y_1^{out} , степени его извлечения η и производительности установки G^{out} при $P_{\text{des}}^{\text{in}}$: *a* – $0,5 \cdot 10^5$ Па; *b* – $1,0 \cdot 10^5$ Па

Figure 7. Dependence of the purity of the product hydrogen y_1^{out} , recovery η and capacity G^{out} at $P_{\text{des}}^{\text{in}}$: *a* – $0,5 \cdot 10^5$ Pa; *b* – $1,0 \cdot 10^5$ Pa

Увеличение длины насыпного слоя адсорбента от 0,9 до 1,2 м приводит к снижению степени извлечения водорода в среднем на 5% вследствие увеличения перепада давлений в слое адсорбента (рисунок 8, *b*). Уменьшение длины адсорбера от 0,9 до 0,6 м, напротив,

приводит к повышению степени извлечения водорода в среднем на 2%, при этом чистота водорода не достигается на требуемом уровне 99.99 об. % вследствие быстрого истощения адсорбционной емкости адсорбента (рисунок 8, *a*).

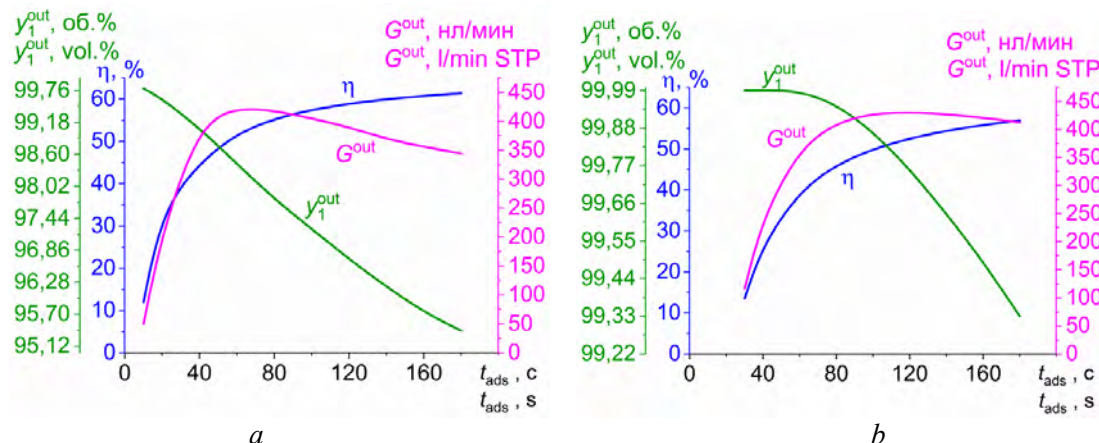


Рисунок 8. Зависимость чистоты продуктового водорода y_1^{out} , степени его извлечения η и производительности установки G^{out} при: *a* – $L/D_A=4$; *b* – $L/D_A=8$

Figure 8. Dependence of the purity of the product hydrogen y_1^{out} , recovery η and capacity G^{out} at: *a* – $L/D_A=4$; *b* – $L/D_A=8$

Закключение

На основе современных методов системного анализа, математического моделирования и вычислительного эксперимента получены новые результаты для теории и практики создания технологических процессов адсорбционного разделения многокомпонентных газовых смесей с циклически изменяющимся давлением.

Определены наиболее опасные возмущающие воздействия (состав и температура исходной водородсодержащей смеси), наиболее эффективные управляющие воздействия (длительность

стадии адсорбции, давление на выходе компрессора и вакуум-насоса, коэффициент обратного потока) и области допустимых режимов, необходимые для постановки и решения задачи оптимизации стационарного периодического режима функционирования установки КБА при разделении синтез-газа и концентрировании водорода.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России в рамках гранта Президента РФ МК-1604.2020.8.

Литература

- 1 Ohs B., Lohaus J., Marten D., Hannemann-Tamas R. et al. Optimized hollow fiber sorbents and pressure swing adsorption process for H-2 recovery // Ind. Eng. Chem. Res. 2018. V. 57. № 14. P. 5093–5105.
- 2 Agarwal A., Biegler L., Zitney S. Superstructure-based optimal synthesis of pressure swing adsorption cycles for precombustion CO2 Capture // Ind. Eng. Chem. Res. 2010. V. 49. № 11. P. 5066–5079.
- 3 Arora A., Bajaj I., Iyer S., Hasan M. Optimal synthesis of periodic sorption enhanced reaction processes with application to hydrogen production // Comp. Chem. Eng. 2018. V. 115. P. 89–111.
- 4 Ben-Mansour R., Habib M.A., Bamidele O.E., Basha M. et al. Carbon capture by physical adsorption: Materials, experimental investigations and numerical modeling and simulations – A review // Applied Energy. 2016. V. 161. P. 225–255.
- 5 Ruthven D.M., Farooq S., Knaebel K.S. Pressure swing adsorption. New York, 1993. 376 p.
- 6 Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. Москва: Издательский дом МЭИ, 2016. 496 с.
- 7 Shafeeyan M.S., Wan Daud W.M.A., Shamiri A. A review of mathematical modeling of fixed-bed columns for carbon dioxide adsorption // Chem. Eng. Res. Des. 2014. V. 92. № 5. P. 961–988.
- 8 Tao W., Ma S., Xiao J., Bénard P. et al. Simulation and optimization for hydrogen purification performance of vacuum pressure swing adsorption // Energy Procedia. 2019. V. 158. P. 1917–1923.
- 9 Han Z.-Y., Xing R., Zhang D.-H., Shen Y.-H. et al. Vacuum pressure swing adsorption system for N2/CH4 separation under uncertainty // Chem. Eng. Res. and Des. 2019. V. 142. P. 245–256.
- 10 Дубинин М.М. Адсорбция и пористость. Москва: Изд. ВХЗ, 1972. 123 с.
- 11 Tavan Y., Hosseini S.H., Olazar M. A note on an integrated process of methane steam reforming in junction with pressure-swing adsorption to produce pure hydrogen: Mathematical modeling // Ind. Eng. Chem. Res. 2015. V. 54. № 51. P. 12937–12947.
- 12 Akulinin E.I., Golubyatnikov O.O., Dvoretzky D.S., Dvoretzky S.I. Numerical study of cyclic adsorption processes of air oxygen enrichment in dynamics // Journal of Physics: Conference Series. 2019. V. 1278. № 1. 012005.
- 13 Akulinin E.I., Golubyatnikov O.O., Dvoretzky D.S., Dvoretzky S.I. Optimizing pressure-swing adsorption processes and installations for gas mixture purification and separation // Chemical Engineering Transactions. 2019. V. 74. P. 883–888.

- 14 Grossmann I.E., Apap R.M., Calfa B.A., Garcia-Herreros P. et al. Mathematical Programming Techniques for Optimization under Uncertainty and Their Application in Process Systems Engineering // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2017. V. 51. № 6. P. 893–909.
- 15 Rice R.G., Do D.D. Applied Mathematics and Modeling for Chemical Engineers; 2 ed. New Jersey, 2012.
- 16 Гольдштейн А.Л. Оптимизация в среде MATLAB. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015 192 с.

References

- 1 Ohs B., Lohaus J., Marten D., Hannemann-Tamas R. et al. Optimized hollow fiber sorbents and pressure swing adsorption process for H₂ recovery. Ind. Eng. Chem. Res. 2018. vol. 57. no. 14. pp. 5093–5105.
- 2 Agarwal A., Biegler L., Zitney S. Superstructure-based optimal synthesis of pressure swing adsorption cycles for precombustion CO₂ Capture. Ind. Eng. Chem. Res. 2010. vol. 49. no. 11. pp. 5066–5079.
- 3 Arora A., Bajaj I., Iyer S., Hasan M. Optimal synthesis of periodic sorption enhanced reaction processes with application to hydrogen production. Comp. Chem. Eng. 2018. vol. 115. pp. 89–111.
- 4 Ben-Mansour R., Habib M.A., Bamidele O.E., Basha M. et al. Carbon capture by physical adsorption: Materials, experimental investigations and numerical modeling and simulations – A review. Applied Energy. 2016. vol. 161. pp. 225–255.
- 5 Ruthven D.M., Farooq S., Knaebel K.S. Pressure swing adsorption. New York, 1993. 376 p.
- 6 Kirillin V.A., Sychev V.V., Sheindlin A.E. Technical thermodynamics. Moscow, Publishing house MEI, 2016. 496 p. (in Russian).
- 7 Shafeeyan M.S., Wan Daud W.M.A., Shamiri A. A review of mathematical modeling of fixed-bed columns for carbon dioxide adsorption. Chem. Eng. Res. Des. 2014. vol. 92. no. 5. pp. 961–988.
- 8 Tao W., Ma S., Xiao J., Bénard P. et al. Simulation and optimization for hydrogen purification performance of vacuum pressure swing adsorption. Energy Procedia. 2019. vol. 158. pp. 1917–1923.
- 9 Han Z.-Y., Xing R., Zhang D.-H., Shen Y.-H. et al. Vacuum pressure swing adsorption system for N₂/CH₄ separation under uncertainty. Chem. Eng. Res. and Des. 2019. vol. 142. pp. 245–256.
- 10 Dubinin M.M. Adsorption and porosity. Moscow, 1972. (in Russian).
- 11 Tavan Y., Hosseini S.H., Olazar M. A note on an integrated process of methane steam reforming in junction with pressure-swing adsorption to produce pure hydrogen: Mathematical modeling. Ind. Eng. Chem. Res. 2015. vol. 54. no. 51. pp. 12937–12947.
- 12 Akulinin E.I., Golubyatnikov O.O., Dvoretzky D.S., Dvoretzky S.I. Numerical study of cyclic adsorption processes of air oxygen enrichment in dynamics. Journal of Physics: Conference Series. 2019. vol. 1278. no. 1. 012005.
- 13 Akulinin E.I., Golubyatnikov O.O., Dvoretzky D.S., Dvoretzky S.I. Optimizing pressure-swing adsorption processes and installations for gas mixture purification and separation. Chemical Engineering Transactions. 2019. vol. 74. pp. 883–888.
- 14 Grossmann I.E., Apap R.M., Calfa B.A., Garcia-Herreros P. et al. Mathematical Programming Techniques for Optimization under Uncertainty and Their Application in Process Systems Engineering. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2017. vol. 51. no. 6. pp. 893–909.
- 15 Rice R.G., Do D.D. Applied Mathematics and Modeling for Chemical Engineers; 2 ed. New Jersey, 2012.
- 16 Goldstein A.L. Optimization in MATLAB. Perm, Publishing house Perm. nat. researched Polytechnic University, 2015. 192 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Евгений И. Акулинин к.т.н., доцент, кафедра технологий и оборудования пищевых и химических производств, Тамбовский государственный университет инженерных технологий, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 393200, Россия, akulinin-2006@yandex.ru

[ID https://orcid.org/0000-0002-3816-6204](https://orcid.org/0000-0002-3816-6204)

Олег О. Голубятников к.т.н., ст. преподаватель, кафедра технологий и оборудования пищевых и химических производств, Тамбовский государственный университет инженерных технологий, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 393200, Россия, golubyatnikov_ol@mail.ru

[ID https://orcid.org/0000-0002-0530-0964](https://orcid.org/0000-0002-0530-0964)

Дмитрий С. Дворецкий д.т.н., профессор, зав. кафедрой технологий и оборудования пищевых и химических производств, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 393200, Россия, dvoretzky@tambov.ru

[ID https://orcid.org/0000-0002-4352-810X](https://orcid.org/0000-0002-4352-810X)

Станислав И. Дворецкий д.т.н., профессор, кафедра технологий и оборудования пищевых и химических производств, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 393200, Россия, sdvoretzky@mail.tstu.ru

[ID https://orcid.org/0000-0002-7571-3748](https://orcid.org/0000-0002-7571-3748)

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

Evgeny I. Akulinin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technologies and equipment of food and chemical industries department, Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 393200, Russia, akulinin-2006@yandex.ru

[ID https://orcid.org/0000-0002-3816-6204](https://orcid.org/0000-0002-3816-6204)

Oleg O. Golubyatnikov Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, technologies and equipment of food and chemical industries department, Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 393200, Russia, golubyatnikov_ol@mail.ru

[ID https://orcid.org/0000-0002-0530-0964](https://orcid.org/0000-0002-0530-0964)

Dmitry S. Dvoretzky Dr. Sci. (Engin.), professor, technologies and equipment of food and chemical industries department, Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 393200, Russia, dvoretzky@tambov.ru

[ID https://orcid.org/0000-0002-4352-810X](https://orcid.org/0000-0002-4352-810X)

Stanislav I. Dvoretzky Dr. Sci. (Engin.), professor, technologies and equipment of food and chemical industries department, Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 393200, Russia, sdvoretzky@mail.tstu.ru

[ID https://orcid.org/0000-0002-7571-3748](https://orcid.org/0000-0002-7571-3748)

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 09/12/2019	После редакции 18/12/2019	Принята в печать 16/01/2020
Received 09/12/2019	Accepted in revised 18/12/2019	Accepted 16/01/2020

Влияние термообработки на свойства катализатора синтеза углеродных нанотрубок

Елена А. Буракова	¹	elenburakova@ya.ru	 0000-0001-8927-7433
Галина С. Бесперстова	¹	bes.galina@mail.ru	 0000-0001-5961-3432
Марина А. Неверова	¹	gaaral@mail.ru	
Алексей Г. Ткачев	¹		 0000-0001-5099-9682
Николай А. Чапаксов	¹	tchapaxov.nikolaj@ya.ru	
Артем В. Рухов	¹	artem1@inbox.ru	

¹ Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 116, г. Тамбов, 392000, Россия

Аннотация. В данной работе изучено влияние термообработки на текстурные характеристики Co-Mo/Al₂O₃ катализатора синтеза углеродных нанотрубок (УНТ). Экспериментально доказано, что условия термообработки на стадии получения металлооксидного катализатора оказывают существенное влияние не только на его морфологию, но и на его активность в процессе синтеза УНТ. Выявлено, что реализация термической обработки раствора исходных компонентов в одну стадию (разложение) позволяет получить каталитическую систему с удельной поверхностью $S_{\text{кат}} \sim 14 \div 26 \text{ м}^2/\text{г}$ и удельным выходом $\gamma \sim 5,2 \div 9,4 \text{ г}_{\text{УНТ}}/\text{г}_{\text{кат}}$, а в две стадии (разложение/прокаливание) – $S_{\text{кат}} \sim 30 \div 147 \text{ м}^2/\text{г}$ и $\gamma \sim 18,6 \div 30,0 \text{ г}_{\text{УНТ}}/\text{г}_{\text{кат}}$. При этом наименьшей степенью дефектности ($I_{\text{DG}} \sim 0,53 \div 0,72$) обладают УНТ, синтезированные на катализаторах, сформированных в результате термического разложения в течение 10 мин при 350 °С и прокаливания при 500 °С, диаметр нанотрубок составлял 15–19 нм. Использование в процессе синтеза УНТ металлооксидного катализатора, прошедшего прокаливание при более высоких температурах (700 °С и выше), приводит к увеличению диаметра и степени дефектности формируемых наноструктур. Таким образом, введение дополнительной стадии термообработки – прокаливания в процесс получения Co-Mo/Al₂O₃ катализатора дает возможность гибкого управления качественными показателями не только формируемых металлооксидных систем, но и синтезируемых на них УНТ.

Ключевые слова: катализатор, термическое разложение, прокаливание, синтез, углеродные нанотрубки

The influence of heat treatment on the properties of the catalyst for the synthesis of carbon nanotubes

Elena A. Burakova	¹	elenburakova@ya.ru	 0000-0001-8927-7433
Galina S. Besperstova	¹	bes.galina@mail.ru	 0000-0001-5961-3432
Marina A. Neverova	¹	gaaral@mail.ru	
Alexey G. Tkachev	¹		 0000-0001-5099-9682
Nikolay A. Chapaksov	¹	tchapaxov.nikolaj@ya.ru	
Artem V. Rukhov	¹	artem1@inbox.ru	

¹ Tambov State Technical University Sovetskaya street, 106, Tambov, 392000, Russia

Abstract. In this paper, we studied the effect of heat treatment on the texture characteristics of Co-Mo/Al₂O₃, a catalyst for the synthesis of carbon nanotubes (CNTs). It has been experimentally proved that the heat treatment conditions at the stage of obtaining the metal oxide catalyst have a significant effect not only on its morphology, but also on its activity in the process of synthesis of CNTs. It was found that the implementation of the heat treatment of the starting components in one stage (decomposition) allows to obtain a catalytic system with a specific surface of $\sim 14 \div 26 \text{ m}^2/\text{g}$ and a specific yield of $\gamma \sim 5.2 \div 9.4 \text{ g}_{\text{CNT}}/\text{g}_{\text{cat}}$, and in two stages (decomposition / calcination) - $S_{\text{cat}} \sim 30 \div 147 \text{ m}^2/\text{g}$ and $\gamma \sim 18.6 \div 30.0 \text{ g}_{\text{CNT}}/\text{g}_{\text{cat}}$. The smallest degree of defectiveness ($I_{\text{DG}} \sim 0.53 \div 0.72$) includes CNTs synthesized on a catalyst formed as a result of thermal changes for 10 min at 350 °C and calcination at 500 °C, the diameter of the nanotubes is 15–19 nm. The use of a metal oxide catalyst during the synthesis of CNTs, which has been calcined at higher temperatures (700 °C and above), leads to an increase in the speed and degree of defectiveness of the resulting nanostructures. Thus, the introduction of an additional heat treatment stage — calcination in the process of obtaining the Co-Mo/Al₂O₃ catalyst — makes it possible to flexibly control the quality parameters of not only the formed metal oxide systems, but also the CNTs synthesized on them.

Keywords: catalyst, thermal decomposition, calcination, synthesis, carbon nanotubes

Введение

Металлооксидные катализаторы имеют широкую область применения и нанотехнологии не исключение. Так каталитические системы используют в процессе синтеза углеродных

нанотрубок (УНТ) методом газофазного химического осаждения (ГФХО). УНТ находят применение в различных областях науки и техники благодаря своим необычным свойствам, определяющимся главным образом их структурой

Для цитирования

Буракова Е.А., Бесперстова Г.С., Неверова М.А., Ткачев А.Г., Чапаксов Н.А., Рухов А.В. Влияние термообработки на свойства катализатора синтеза углеродных нанотрубок // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 237–246. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-237-246

For citation

Burakova E.A., Besperstova G.S., Neverova M.A., Tkachev A.G., Chapaksov N.A., Rukhov A.V. The influence of heat treatment on the properties of the catalyst for the synthesis of carbon nanotubes. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 237–246. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-237-246

и морфологией. Так в [1] продемонстрировано влияние хиральности на проводимость наноструктур. Авторы в работе [2] выявили влияние текстурных характеристик УНТ на свойства композитов, а в [3] получили зависимость эффективной проводимости композита от длины наноструктур, выступающих в качестве модификатора. Таким образом, для каждой области применения необходимо синтезировать УНТ с определенными характеристиками в промышленных объемах, что делает актуальным вопрос управляемого синтеза углеродных наноструктур.

Синтез углеродных наноматериалов методом ГФХО является сложным (многофакторным). Поэтому управлять качественными и количественными характеристиками УНТ в процессе их получения можно не только через температуру, продолжительность синтеза, природу и расход газа [4], но и через катализатор [5–7]. Катализатор является самым мощным инструментом в управлении характеристиками УНТ, так как формирование наноструктур происходит на активных центрах каталитической системы.

Текстурные характеристики УНТ зависят от способа [8–10], режимных параметров получения, химического и фазового состава катализатора. Самый простой способ управлять морфологией УНТ – это варьирование составом катализатора, заключающееся в подборе основных компонентов каталитической системы и их содержания. Обычно металлоксидная каталитическая система синтеза УНТ содержит активный компонент, носитель и промотор.

В качестве активного компонента используются, как правило, металлы с вакантной d-орбиталью, обеспечивающей эффективное взаимодействие с углеводородами. Так, наиболее активным металлом является Fe является наиболее активным металлом [11, 12], но степень графитизации выше у наноматериала, синтезированного на Ni-содержащем катализаторе [13]. Часто катализатор содержит не один активный компонент, а несколько, т.к. биметаллическая металлоксидная каталитическая система в процессе синтеза УНТ эффективнее, чем монометаллическая [14–18]. При этом в работах [19, 20] установлено влияние данного аспекта на диаметр синтезируемых наноструктур. Помимо активного компонента в катализаторе присутствует носитель – вещество, препятствующее спеканию активного компонента [6]. В роли носителя обычно используют Al_2O_3 , MgO , CaO , SiO_2 др.

Дополнительно к описанным выше компонентам в состав катализатора может вводиться промотирующее вещество. Наиболее востребованным промотором является Mo, введение его в состав катализатора приводит не только к увеличению его эффективности ($\gamma_{\text{угл}}/\gamma_{\text{кат}}$) [21], но и к уменьшению диаметра синтезируемых на

нем УНТ [22–25]. Иногда в качестве промотора используют Y [26], Cd [27], W [22] и Cr [28]. Металлоксидный катализатор в первые минуты синтеза УНТ восстанавливается водородом, выделившимся в результате разложения углеводородного сырья, до металлических частиц, на которых и происходит формирование УНТ. Однако, согласно [29], некоторые компоненты активны не только в металлическом виде, но и в оксидной и карбидной форме.

Другим способом управления морфологией УНТ является – подбор режимных параметров процесса получения катализатора. Этот вопрос является малоизученным и требует более детальной проработки, так как использование данного подхода к процессу получения металлоксидного катализатора может позволить добиться снижения себестоимости синтезированных с заданными параметрами УНТ за счет увеличения эффективности каталитической системы.

Цель работы – изучение влияния термообработки на стадии получения $\text{Co-Mo/Al}_2\text{O}_3$ катализатора на его текстурные характеристики и эффективность в процессе синтеза УНТ методом ГФХО.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучение возможности получения катализатора, способного формировать УНТ, в результате одностадийной термообработки раствора исходных компонентов;
- оценка роли прокаливания в процессе получения металлоксидного катализатора синтеза УНТ.

Материалы и методы

В качестве исходных реагентов для получения катализатора использовали $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (хч), $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (хч), $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ и дистиллированную воду. Для повышения активности катализатора в систему вводили промотор, так как введение в небольшом количестве молибдена (исходное вещество – $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) способствовало увеличению эффективности формируемой металлоксидной системы [30], в других работах указывали, что наличие Mo улучшает диспергирование активного компонента [31].

Рассматриваемый способ получения $\text{CoMo/Al}_2\text{O}_3$ катализатора заключался в растворении исходных реактивов в деионизированной воде при температуре 50–60 °С, термообработке полученного раствора исходных компонентов и измельчении сформированной каталитической системы. Особое внимание необходимо уделять процессу термообработки, который можно реализовывать как в одну (термическое разложение предкатализатора), так и в две стадии (термическое разложение и прокаливание предкатализатора). Схема получения катализатора методом термического разложения представлена на рисунке 1

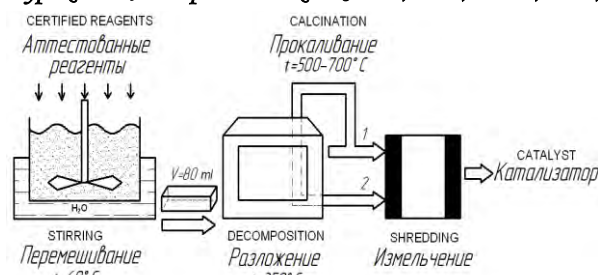


Рисунок 1. Схема получения катализатора методом термического разложения

Figure 1. The scheme for producing the catalyst by thermal decomposition

В процессе получения $\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ катализатора температуры разложения и прокаливания варьировали в диапазоне 350–700 °С. Нижняя температурная граница была выбрана на основе данных по разложению исходных компонентов, например, нитрат кобальта разлагается при 285 °С [32], а также предположения, что при низких температурах происходит формирование однородных меньших по размеру зерен катализатора. Высокие же температуры вызывают формирование грубых систем. В [33] авторы сообщают о том, что уменьшение размера зерна катализатора снижает его диффузионное и тепловое сопротивление и, следовательно, увеличивает активность.

В качестве параметра, характеризующего эффективность полученного катализатора в процессе синтеза УНТ методом ГФХО, использовали удельный выход нанопродукта (γ , $\text{г}_{\text{УНТ}}/\text{г}_{\text{кат}}$). Синтез УНТ на исследуемых образцах катализатора проводили в лабораторном кварцевом реакторе периодического действия, в качестве углеродсодержащего газа использовали этилен, продолжительность синтеза УНТ составляла 30 минут, температура – 650 °С.

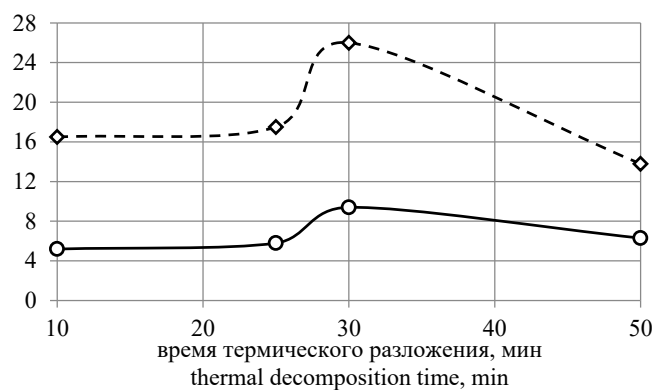
Оценку влияния условий термообработки предкатализатора на текстурные характеристики (удельная поверхность, объем пор) проводили по физической адсорбции азота с использованием анализатора «Сорбтометр-М» (ЗАО «Катакон», г. Новосибирск). Для анализа использовали пятиточечный сравнительный метод изотерм для углеродной сажи А.В. Киселёва.

Электронно-микроскопические исследования образцов катализаторов и синтезированных на них УНТ проводили с использованием электронного сканирующего микроскопа высокого разрешения Merlin (Carl Zeiss, Германия). Степень дефектности синтезируемых УНТ определяли при помощи спектрометра комбинированного рассеивания DXR Raman Microscope (ThermoScientific, США) по соотношению интенсивностей пиков D и G. Для анализа полученных образцов использовали приборную базу Центра коллективного пользования

ГТТУ «Получение и применение полифункциональных наноматериалов» (г. Тамбов).

Результаты и обсуждение

Катализатор, сформированный в результате термического разложения предкатализатора – раствора исходных компонентов в течение 10–50 мин при 350 °С (рисунок 1), позволяет синтезировать многослойные УНТ. Влияние времени разложения предкатализатора на характеристики металлооксидной системы представлены на рисунке 2.



—○— уд. выход УНТ, $\text{г}_{\text{УНТ}}/\text{г}_{\text{кат}}$ \ specific yield of CNT, $\text{g}/\text{g cat}$
-◇- уд. поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$ \ specific surface area of the catalyst, m^2/g

Рисунок 2. Влияние времени разложения предкатализатора на характеристики $\text{Co-Mo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ металлооксидной системы

Figure 2. Influence of the decomposition time of the precatalyst on the characteristics of the $\text{Co-Mo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ metal oxide system

Основные характеристики синтезированных УНТ были получены на основе результатов СЭМ и выполненных расчетов согласно [34], результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристики УНТ, синтезированных на $\text{Co-Mo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ катализаторе, полученном в результате одностадийной термообработки при 350 °С

Table 1.

Characteristics of CNTs synthesized on a $\text{Co-Mo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalyst obtained as a result of a single-stage heat treatment at 350 °С

Катализатор Catalyst	Время разложения, мин Decomposition time, min	D_{CNT} , nm	d_{CNT} , nm	Количество слоев, шт. Number of layers, pcs
1	10	18	12	9
2	25	19	13	9
3	30	14	9	7
4	50	15	10	7

Таким образом, катализатор, полученный в результате длительной термообработки, способствует получению УНТ меньшего диаметра с меньшим количеством слоев.

Анализ данных таблицы 1 позволил выявить, что наибольшей эффективностью обладает образец катализатора, прошедший термообработку

при 350 °С в течение 30 мин. Морфология данного образца катализатора представлена на рисунке 3.

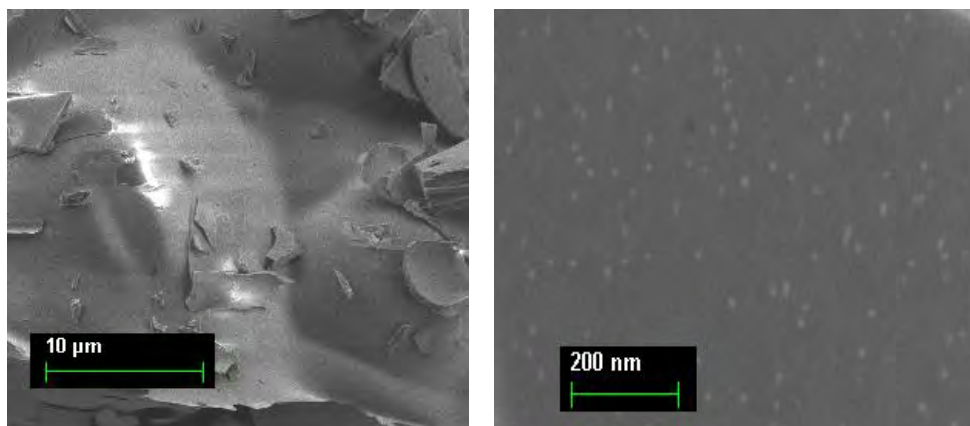


Рисунок 3. СЭМ-изображения Co-Mo/Al₂O₃ катализатора, прошедшего термообработку при 350 °С в течение 30 мин
Figure 3. SEM images of a Co-Mo/Al₂O₃ catalyst subjected to heat treatment at 350 °С for 30 min

В образце отсутствуют ярко выраженные зерна катализатора, что говорит о том, что при данной температуре и продолжительности термообработки процесс формирования их только начинает происходить.

При этом использование данной каталитической системы в процессе синтеза углеродных наноструктурных материалов позволяет формировать УНТ диаметром 8÷20 нм со степенью дефектности $I_{D/G} = 0.99$ (рисунок 4).

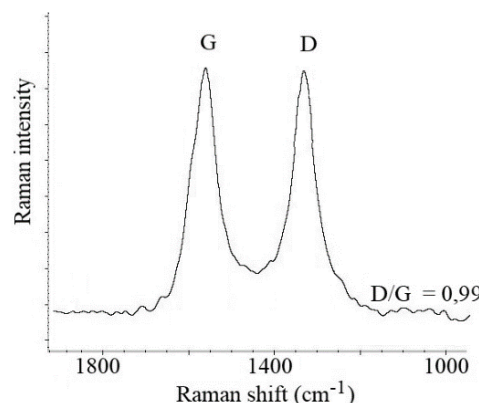
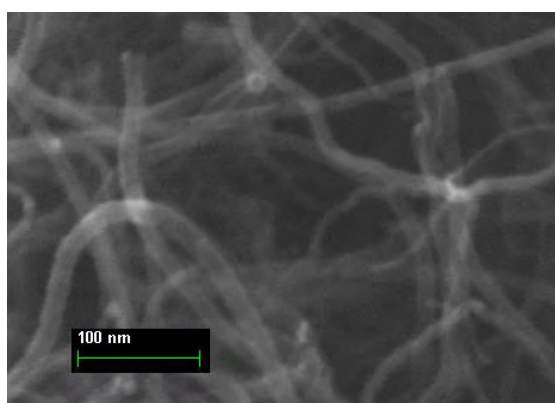


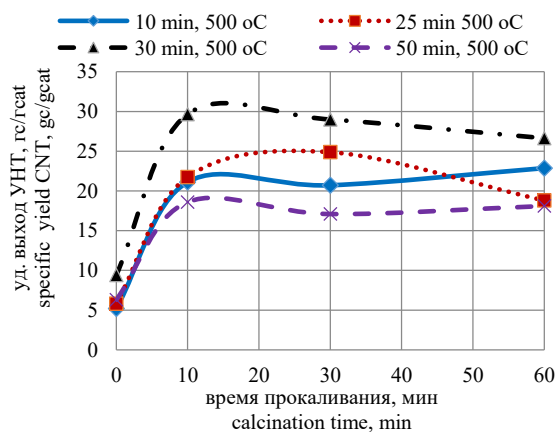
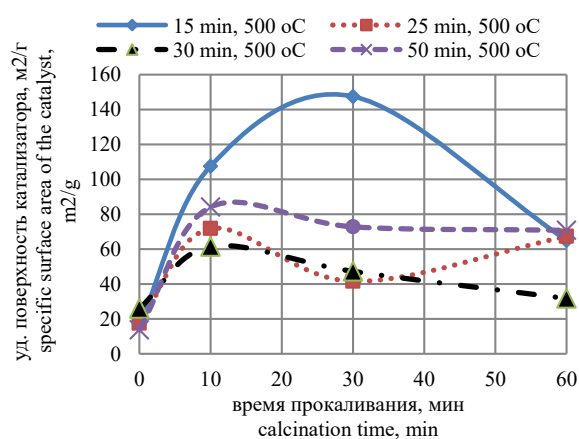
Рисунок 4. СЭМ-изображения и спектры КР нанотрубок, полученных на катализаторе, прошедшем термообработку при 350 °С в течение 30 мин

Figure 4. SEM images and Raman spectra of nanotubes obtained on a catalyst subjected to heat treatment at 350 °С for 30 min

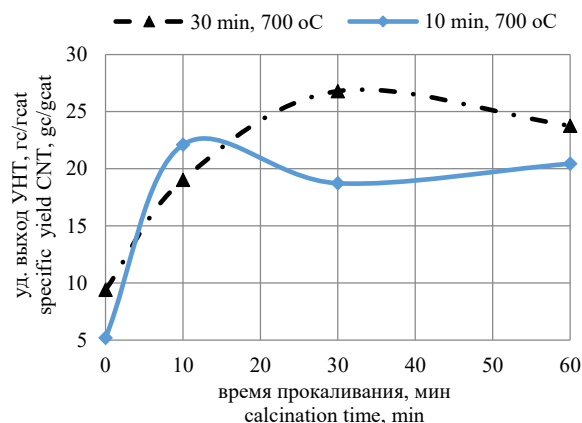
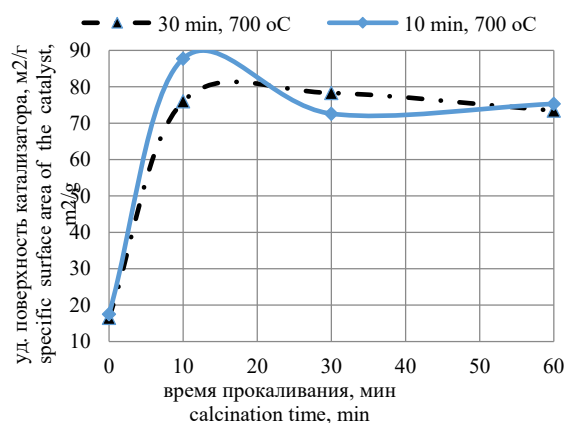
Введение в методику получения Co-Mo/Al₂O₃ катализатора второго этапа термообработки – прокаливания позволило повысить эффективность катализатора в процессе синтеза УНТ методом ГФХО. Цель прокаливания – удаление органики и окончательное разложение присутствующих в образце нитратов, а также завершение процесса формирования металлоксидной каталитической системы. Прокаливание системы, полученной в результате термического разложения раствора исходных компонентов катализатора при 350 °С, приводит к уменьшению навески образца на 40–75%.

Проведенные исследования показали, что на удельную поверхность катализатора и его эффективность влияет не только продолжительность, но и температура прокаливания. Сформированную в результате термического разложения систему подвергали прокаливанию при температуре 500 и 700 °С, полученные результаты представлены на рисунке 5.

Дополнительные характеристики многослойных УНТ, синтезированных на Co-Mo/Al₂O₃ катализаторе, полученном в результате двустадийной термообработки, отражены в таблице 2.



a



b

Рисунок 5. Влияние режимов прокаливания на характеристики Co-Mo/Al₂O₃ катализатора: а – 500 °С; б – 700 °С
Figure 5. The influence of calcination modes on the characteristics of the Co-Mo/Al₂O₃ catalyst: a – 500 °С; b – 700 °С

Таблица 2.

Характеристики УНТ, синтезированных на Co-Mo/Al₂O₃ катализаторе, полученном в результате двустадийной термообработки

Table 2.

Characteristics of CNTs synthesized on a Co-Mo /Al₂O₃ catalyst obtained as a result of two-stage heat treatment

Катализатор Catalyst	T, °C	Время прокаливания, мин Calcination time, min	D _{CNT} , nm	D _{CNT} , nm	Количество слоев, шт. Number of layers, pcs	I _{D/G}
1	500	10	15	11	5	0,72
		30	19	15	6	0,53
		60	19	15	6	0,72
2		10	14	11	5	-
		30	19	15	6	-
		60	15	11	5	-
3		10	13	10	5	0,90
		30	12	9	5	0,89
		60	12	9	5	0,94
4		10	15	11	5	-
		30	15	11	5	-
		60	13	10	5	-
5	700	10	13	9	6	0,96
		30	13	9	6	0,9
		60	14	9	6	0,93
6		10	14	10	6	1,13
		30	16	12	6	0,96
		60	14	11	6	1,02

Наименьшей степенью дефектности ($I_{D/G} \sim 0.53 \div 0.72$) обладают УНТ, синтезированные на катализаторах, сформированных в результате кратковременного термического разложения в течение 10 мин и прокаливания при 500 °С, диаметр нанотрубок составлял $15 \div 19$ нм. Введение дополнительной стадии термообработки – прокаливания в процесс получения Co-Mo/Al₂O₃ катализатора способствовало уменьшению количества стенок в синтезируемых наноструктурах.

Анализ рисунка 5 позволил сделать вывод о том, что наибольшей эффективностью в процессе синтеза УНТ методом ГФХО обладают образцы Co-Mo/Al₂O₃ катализатора № 3 и № 6 (термическое разложение в течение 30 мин при 350 °С), прошедшие вторую стадию термообработки – прокаливание в течение 10 мин при 500 °С и 30 мин при 700 °С соответственно. Морфология полученных образцов катализатора и синтезированных при одинаковых условиях на них УНТ представлены на рисунке 6

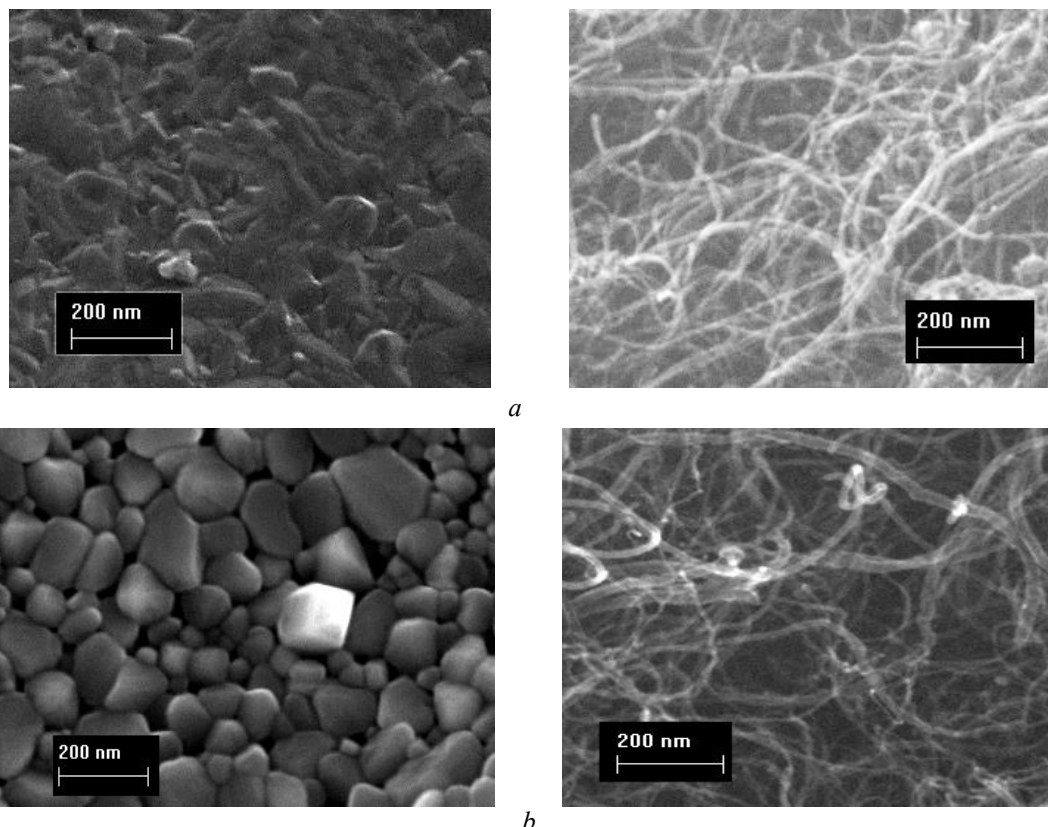


Рисунок 6. СЭМ-изображение Co-Mo/Al₂O₃ катализатора, прошедшего прокаливание в течение 10 мин при 500 °С (а) и 30 мин при 700 °С (б) и синтезированных УНТ соответственно

Figure 6. SEM image of a Co-Mo/Al₂O₃ catalyst calcined for 10 min at 500 °C (a) and 30 min at 700 °C (b) and synthesized CNTs, respectively

Сравнительный анализ СЭМ-изображений катализатора показал, что при более высоких температурах прокаливания формируются зерна катализатора с выраженной границей, размер зерен составляет $40 \div 200$ нм, а при 500 °С зерна не имеют выраженной границы. При этом на обоих образцах катализатора в процессе ГФХО формируются УНТ диаметром $6 \div 25$ нм.

Спектры КР данных УНТ представлены на рисунке 7.

Степень дефектности УНТ ($I_{D/G}$), синтезированных на Co-Mo/Al₂O₃ катализаторе, прошедшем прокаливание в течение 10 мин при 500 °С (1) и 30 мин при 700 °С (2), отличается незначительно и составляет 0,9 и 0,96 соответственно.

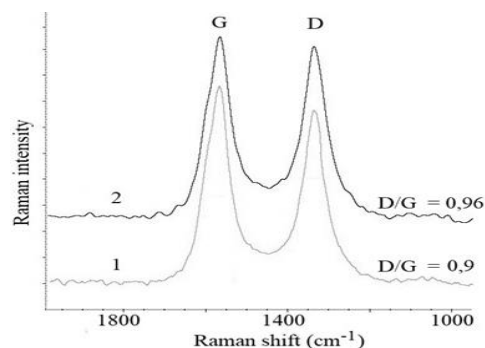


Рисунок 7. Спектры КР нанотрубок, синтезированных на Co-Mo/Al₂O₃ катализаторе, прошедшем прокаливание в течение: 1 – 10 мин при 500 °С; 2 – 30 мин при 700 °С

Figure 7. Raman spectra of nanotubes synthesized on a Co-Mo/Al₂O₃ catalyst, calcined for: 1 – 10 min at 500 °C; 2 – 30 min at 700 °C

Функционализированные формы УНТ [35], синтезированных на полученном в данной работе катализаторе, в настоящее время испытывают в лабораторных условиях в качестве модификатора, влияющего на теплопроводность жидкостей [36].

Заключение

Проведенное экспериментальное исследование позволило оценить роль термической обработки в процессе формирования $\text{Co-Mo/Al}_2\text{O}_3$ катализатора методом термического разложения нитратов. Доказано, что катализатор, формируемый в результате одной стадии термообработки (термическое разложение при 350 °С) и двух стадий (термическое разложение и прокаливание), способен образовывать УНТ. Выявлено, что наибольшей активностью в процессе синтеза УНТ методом ГФХО ($9,4 \text{ г}_{\text{УНТ}}/\text{г}_{\text{кат}}$) обладает катализатор, прошедший одностадийную обработку в течение 30 мин при 350 °С. Замечено, что при увеличении продолжительности стадии термообработки незначительно уменьшается среднее значение внешнего диаметра УНТ.

Введение в процесс получения катализатора синтеза УНТ второй стадии термообработки – прокаливания (термообработка при более высоких температурах, нежели первая стадия) позволило выявить наиболее рациональные режимы его получения. В работе показано, что на эффективность $\text{Co-Mo/Al}_2\text{O}_3$ катализатора влияет

не только продолжительность, но и температура термообработки. Наиболее эффективные катализаторы формируются в результате двустадийной термообработки (первая стадия – выдержка предкатализатора в течение 10 и 30 мин при 350 °С, вторая – выдержка системы, полученной в результате первой стадии, в течение 10 мин при 500 °С и 30 мин при 700 °С). Удельный выход УНТ на данных катализаторах составляет $22 \div 30 \text{ г}_{\text{УНТ}}/\text{г}_{\text{кат}}$. Итак, реализация процесса получения катализатора в две стадии термообработки позволяет увеличить его эффективность в процессе синтеза УНТ в ~3 раза.

На примере образца, прокаленного в течение 10 мин при 700 °С, можно сделать вывод о том, что эффективность катализатора не всегда связана с его удельной поверхностью. Предположительно это может быть связано с тем, что металлоксидный катализатор в процессе синтеза УНТ претерпевает изменения (восстановление его до металлических частиц на которых и происходит формирование и рост наноструктур). Предлагаемый в работе подход к получению катализатора синтеза УНТ позволяет не только регулировать эффективность формируемой металлоксидной каталитической системы, но и степень дефектности синтезируемых на ней УНТ.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-43-680005.

Литература

- 1 Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены. М.: Университетская книга, Логос, 2006. 376 с.
- 2 Esawi A.M.K., Morsi K., Sayed A. et al. The influence of carbon nanotube (CNT) morphology and diameter on the processing and properties of CNT-reinforced aluminium composites // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2011. V. 42. № 3. P. 234–243. doi: 10.1016/j.compositesa.2010.11.008
- 3 Zare Y., Rhee K.Y. The effective conductivity of polymer carbon nanotubes (CNT) nanocomposites // Journal of Physics and Chemistry of Solids. 2019. V. 131. P. 15–21. doi: 10.1016/j.jpcs.2019.03.006
- 4 Kulmeteva V.B., Maltsev I.A. Effect of specification catalytic pyrolysis of ethanol vapor on characteristic of carbon nanotubes // Digital scientific journal. 2014. V. 6. URL: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/6/739.pdf>
- 5 Motaraghe S., Kini J.M., Schulz S.E., Hermann S. Effects of catalyst configurations and process conditions on the formation of catalyst nanoparticles and growth of single-walled carbon nanotubes // Microelectronic Engineering. 2017. V. 167. P. 95–104. doi: 10.1016/j.mee.2016.11.007
- 6 Shah K.A., Tali B.A. Synthesis of carbon nanotubes by catalytic chemical vapour deposition: A review on carbon sources, catalysts and substrates // Materials Science in Semiconductor Processing. 2016. V. 41. P. 67–82. doi: 10.1016/j.mssp.2015.08.013
- 7 Lin J., Yang Y., Zhang H. et al. Carbon nanotube growth on titanium boride powder by chemical vapor deposition: Influence of nickel catalyst and carbon precursor supply // Ceramics International. 2020. doi: 10.1016/j.ceramint.2020.02.002
- 8 Пахомов Н.А. Научные основы приготовления катализаторов: введение в теорию и практику. Новосибирск: СО РАН, 2011. 262 с.
- 9 Guo Y., Zhai G., Ru Y. et al. Effect of different catalyst preparation methods on the synthesis of carbon nanotubes with the flame pyrolysis method // AIP Advances. 2018. V. 8. 035111. doi: 10.1063/1.5020936
- 10 Yao C., Bai W., Geng L., He Y. et al. Experimental study on microreactor-based CNTs catalysts: Preparation and application // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 2019. V. 583. 124001. doi: 10.1016/j.colsurfa.2019.124001
- 11 Acomb J.C., Wu C., Williams P.T. The use of different metal catalysts for the simultaneous production of carbon nanotubes and hydrogen from pyrolysis of plastic feedstocks // Applied Catalysis b-Environmental. 2016. V. 180. P. 497–510. doi: 10.1016/j.apcatb.2015.06.054
- 12 Sivakumar V.M., Abdullah A.Z., Mohamed A.R. et al. Optimized parameters for carbon nanotubes synthesis over Fe and Ni catalysts via methane CVD // Reviews on advanced materials science. 2011. V. 27. P. 25–30.

- 13 Ganiyu S.A., Muraza O., Hakeem A.S. et al. Carbon nanostructures grown 3D silicon carbide foams: Role of intermediate silices layer and metal growth // *Chemical Engineering Journal*. 2014. V. 258. P. 110–118. doi: 10.1016/j.cej.2014.05.150
- 14 Magrez A., Seo J.W., Smajda R. et al. Catalytic CVD synthesis of carbon nanotubes: Towards high yield and low temperature growth // *Materials*. 2010. V. 3. № 11. P. 4871–4891. doi: 10.3390/ma3114871
- 15 Скичко Е.А., Ломакин Д.А., Гаврилов Ю.В. и др. Экспериментальное исследование кинетических закономерностей синтеза углеродных нанотрубок каталитическим пиролизом газовых смесей переменного состава // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 3–2. С. 414–416.
- 16 Yao D., Zhang Y., Williams P.T. et al. Co-production of hydrogen and carbon nanotubes from realworld waste plastics: Influence of catalyst composition and operational parameters // *Applied Catalysis B: Environmental*. 2018. V. 221. P. 584–597. doi: 10.1016/j.apcatb.2017.09.035
- 17 Al-Fatesh A.S., Fakeeha A.H., Ibrahim A.A. et al. Decomposition of methane over alumina supported Fe and Ni-Fe bimetallic catalyst: Effect of preparation procedure and calcination temperature // *Journal of Saudi Chemical Society*. 2018. V. 22. № 2. P. 239–247. doi: 10.1016/j.jscs.2016.05.001
- 18 Yao D., Zhang Y., Williams P.T. et al. Co-production of hydrogen and carbon nanotubes from real-world waste plastics: Influence of catalyst composition and operational parameters // *Applied Catalysis B: Environmental*. 2018. V. 221. P. 584–597. doi: 10.1016/j.apcatb.2017.09.035
- 19 Пат. № 2427674, RU, D01F9/127, C01B31/02, B82B3/00. Способ получения волокнистых углеродных структур каталитическим пиролизом / Постнов В.Н., Новиков А.Г., Романычев А.И. Патентообладатель: ЗАО ИЛИП, ООО «Нанотехсинтез», ООО «Нанокاربпродукт». № 2009145971; Заявл. 08.12.2009; Оpubл. 27.08.2011, Бюл. № 24.
- 20 Пат. № 2397951, RU, C01D31/02, D82D3/00. Способ получения углеродных нанотрубок / Шляхова Е.В., Окторуб А.В., Юданов Н.Ф. и др. Патентообладатель: Учреждение Российской академии наук Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения РАН. № 2009100732; Заявл. 11.01.2009; Оpubл. 27.08.2010, Бюл. № 24.
- 21 Xu X., Huang S., Yang Z. et al. Controllable synthesis of carbon nanotubes by changing the Mo content in bimetallic Fe–Mo/MgO catalyst // *Materials Chemistry and Physics*. 2011. V. 127. № 2. P. 379–384. doi: 10.1016/j.matchemphys.2011.02.028
- 22 Liu H., Zhang Y., Li R., Sun X., Abou-Rachid H. Effects of bimetallic catalysts on synthesis of nitrogen-doped carbon nanotubes as nanoscale energetic materials // *Particuology*. 2011. V. 9. № 5. P. 465–470. doi: 10.1016/j.partic.2011.02.009
- 23 Wang G., Wang J., Wang H. et al. Preparation and evaluation of molybdenum modified Fe/MgO catalysts for the production of single-walled carbon nanotubes and hydrogen-rich gas by ethanol decomposition // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2014. V. 2. № 3. P. 1588–1595. doi: 10.1016/j.jece.2014.05.021
- 24 Qin S., Zhang C., Xu J. et al. Fe–Mo interactions and their influence on Fischer–Tropsch synthesis performance // *Applied Catalysis A: General*. 2011. V. 392. № 1–2. P. 118–126. doi: 10.1016/j.apcata.2010.10.032
- 25 Wang G., Wang J., Wang H. et al. Preparation and evaluation of molybdenum modified Fe/MgO catalysts for the production of single-walled carbon nanotubes and hydrogen-rich gas by ethanol decomposition // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2014. V. 2. № 3. P. 1588–1595. doi: 10.1016/j.jece.2014.05.021
- 26 Зараменских К.С. Углеродные нанотрубки для керамических композитов: автореферат дис. кандидата химических наук. Москва, 2011. 18 с.
- 27 Karima M., Badiei A., Zarabadi-Poor P. The impact of cadmium loading in Fe/alumina and synthesis temperature on carbon nanotubes growth by chemical vapour deposition method // *J. Sci. Islam. Repub. Iran*. 2015. V. 26. № 1. P. 17–24.
- 28 Awadallah A.E. Promoting effect of group VI metals on Ni/MgO for catalytic growth of carbon nanotubes by ethylene chemical vapour deposition // *Chemical Papers*. 2015. V. 69. № 2. doi: 10.1515/chempap-2015-0029
- 29 Красников Д.В. Формирование активных центров катализаторов в процессах синтеза многослойных углеродных нанотрубок с контролируемыми свойствами. Новосибирск. 2015. 156 с.
- 30 Буракова Е.А., Бесперстова Г.С., Неверова М.А., Ткачев А.Г. и др. Особенности получения катализатора синтеза углеродных нанотрубок // *Вестник ВГУИТ*. 2019. Т. 81. № 2. С. 261–267. doi: 10.20914/2310-1202-2019-2-261-267
- 31 Wang G., Wang J., Wang H. et al. Preparation and evaluation of molybdenum modified Fe/MgO catalysts for the production of single-walled carbon nanotubes and hydrogen-rich gas by ethanol decomposition // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2014. V. 3. P. 1588–1595. doi: 10.1016/j.jece.2014.05.021
- 32 Корзанов В.С., Кетов А.А. Исследование термического поведения соединений // *Вестник пермского университета. Серия: химия*. 2012. № 2 (6). С. 48–54.
- 33 Романков П.Г., Курочкина М.И., Можжерин Ю.Я. и др. Процессы и аппараты химической промышленности: учебник для техникумов. Л.: Химия, 1989. 560 с.
- 34 Рухов А.В. Особенности определения длины углеродных нанотрубок. Графен и родственные структуры: синтез, производство и применение // *Материалы II Международной научно-практической конференции*. 2017. С. 431–433.
- 35 Дьячкова Т.П., Хан Ю.А., Орлова Н.В., Кондрашов С.В. Окисление многослойных углеродных нанотрубок в парах перекиси водорода: закономерности и эффекты // *Вестник ТГТУ*. 2016. Т. 2. № 2. С. 323–333.
- 36 Туголуков Е.Н., Аль-Шариф А.Дж., Дьячкова Т.П., Буракова Е.А. Исследование теплопроводности наномодифицированных жидкостей // *Вестник ТГТУ*. 2019. Т. 25. № 4. С. 323–333.

References

- 1 Rakov E.G. Nanotubes and fullerenes. Moscow, Universitetskaya kniga, Logos, 2006. 376 p. (in Russian).
- 2 Esawi A.M.K., Morsi K., Sayed A. et al. The influence of carbon nanotube (CNT) morphology and diameter on the processing and properties of CNT-reinforced aluminium composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2011. vol. 42. no. 3. pp. 234–243. doi: 10.1016/j.compositesa.2010.11.008
- 3 Zare Y., Rhee K.Y. The effective conductivity of polymer carbon nanotubes (CNT) nanocomposites. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. 2019. vol. 131. pp. 15–21. doi: 10.1016/j.jpcs.2019.03.006

- 4 Kulmeteva V.B., Maltsev I.A. Effect of specification catalytic pyrolysis of ethanol vapor on characteristic of carbon nanotubes. Digital scientific journal. 2014. vol. 6. Available at: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/6/739.pdf>
- 5 Motaraghe S., Kini J.M., Schulz S.E. et al. Effects of catalyst configurations and process conditions on the formation of catalyst nanoparticles and growth of single-walled carbon nanotubes. Microelectronic Engineering. 2017. vol. 167. pp. 95–104. doi: 10.1016/j.mee.2016.11.007
- 6 Shah K.A., Tali B.A. Synthesis of carbon nanotubes by catalytic chemical vapour deposition: A review on carbon sources, catalysts and substrates. Materials Science in Semiconductor Processing. 2016. vol. 41. pp. 67–82. doi: 10.1016/j.mssp.2015.08.013
- 7 Lin J., Yang Y., Zhang H. et al. Carbon nanotube growth on titanium boride powder by chemical vapor deposition: Influence of nickel catalyst and carbon precursor supply. Ceramics International. 2020. doi: 10.1016/j.ceramint.2020.02.002
- 8 Pahomov N.A. The scientific basis for the preparation of catalysts: an introduction to theory and practice. Novosibirsk, SO RAN, 2011. 262 p. (in Russian).
- 9 Guo Y., Zhai G., Ru Y. et al. Effect of different catalyst preparation methods on the synthesis of carbon nanotubes with the flame pyrolysis method. AIP Advances. 2018. vol. 8. 035111. doi: 10.1063/1.5020936
- 10 Yao C., Bai W., Geng L. et al. Experimental study on microreactor-based CNTs catalysts: Preparation and application. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 2019. vol. 583. 124001. doi: 10.1016/j.colsurfa.2019.124001
- 11 Acomb J.C., Wu C., Williams P.T. The use of different metal catalysts for the simultaneous production of carbon nanotubes and hydrogen from pyrolysis of plastic feedstocks. Applied Catalysis b-Environmental. 2016. vol. 180. pp. 497–510. doi: 10.1016/j.apcatb.2015.06.054
- 12 Sivakumar V.M., Abdullah A.Z., Mohamed A.R. et al. Optimized parameters for carbon nanotubes synthesis over Fe and Ni catalysts via methane CVD. Reviews on advanced materials science. 2011. vol. 27. pp. 25–30.
- 13 Ganiyu S.A., Muraza O., Hakeem A.S. et al. Carbon nanostructures grown 3D silicon carbide foams: Role of intermediate silics layer and metal growth. Chemical Engineering Journal. 2014. vol. 258. pp. 110–118. doi: 10.1016/j.cej.2014.05.150
- 14 Magrez A., Seo J.W., Smajda R. et al. Catalytic CVD synthesis of carbon nanotubes: Towards high yield and low temperature growth. Materials. 2010. vol. 3. no. 11. pp. 4871–4891. doi: 10.3390/ma3114871
- 15 Skichko E.A., Lomakin D.A., Gavrilov Yu.V. et al. An experimental study of the kinetic laws of the synthesis of carbon nanotubes by catalytic pyrolysis of gas mixtures of variable composition. Fundamental research. 2012. no. 3–2. pp. 414–416. (in Russian).
- 16 Yao D., Zhang Y., Williams P.T. et al. Co-production of hydrogen and carbon nanotubes from realworld waste plastics: Influence of catalyst composition and operational parameters. Applied Catalysis B: Environmental. 2018. vol. 221. pp. 584–597. doi: 10.1016/j.apcatb.2017.09.035
- 17 Al-Fatesh A.S., Fakeeha A.H., Ibrahim A.A. et al. Decomposition of methane over alumina supported Fe and Ni–Fe bimetallic catalyst: Effect of preparation procedure and calcination temperature. Journal of Saudi Chemical Society. 2018. vol. 22. no. 2. pp. 239–247. doi: 10.1016/j.jscs.2016.05.001
- 18 Yao D., Zhang Y., Williams P.T. et al. Co-production of hydrogen and carbon nanotubes from real-world waste plastics: Influence of catalyst composition and operational parameters. Applied Catalysis B: Environmental. 2018. vol. 221. pp. 584–597. doi: 10.1016/j.apcatb.2017.09.035
- 19 Postnov V.N., Novikov A.G., Romanychev A.I. A method of producing fibrous carbon structures by catalytic pyrolysis. Patent RF, no. 2427674, 2011. (in Russian).
- 20 Shlyahova E.V., Oktorub A.V., Yudanov N.F. et al. The method of producing carbon nanotubes. Patent RF, no. 2397951, 2010. (in Russian).
- 21 Xu X., Huang S., Yang Z. et al. Controllable synthesis of carbon nanotubes by changing the Mo content in bimetallic Fe–Mo/MgO catalyst. Materials Chemistry and Physics. 2011. vol. 127. no. 2. pp. 379–384. doi: 10.1016/j.matchemphys.2011.02.028
- 22 Liu H., Zhang Y., Li R. et al. Effects of bimetallic catalysts on synthesis of nitrogen-doped carbon nanotubes as nanoscale energetic materials. Particology. 2011. vol. 9. no. 5. pp. 465–470. doi: 10.1016/j.partic.2011.02.009
- 23 Wang G., Wang J., Wang H. et al. Preparation and evaluation of molybdenum modified Fe/MgO catalysts for the production of single-walled carbon nanotubes and hydrogen-rich gas by ethanol decomposition. Journal of Environmental Chemical Engineering. 2014. vol. 2. no. 3. pp. 1588–1595. doi: 10.1016/j.jece.2014.05.021
- 24 Qin S., Zhang C., Xu J. et al. Fe–Mo interactions and their influence on Fischer–Tropsch synthesis performance. Applied Catalysis A: General. 2011. vol. 392. no. 1–2. pp. 118–126. doi: 10.1016/j.apcata.2010.10.032
- 25 Wang G., Wang J., Wang H. et al. Preparation and evaluation of molybdenum modified Fe/MgO catalysts for the production of single-walled carbon nanotubes and hydrogen-rich gas by ethanol decomposition. Journal of Environmental Chemical Engineering. 2014. vol. 2. no. 3. pp. 1588–1595. doi: 10.1016/j.jece.2014.05.021
- 26 Zaramenskih K.S. Carbon Nanotubes for Ceramic Composites: abstract doctor of chemical sciences. Moscow, 2011. 18 p. (in Russian)
- 27 Karima M., Badiei A., Zarabadi-Poor P. The impact of cadmium loading in Fe/alumina and synthesis temperature on carbon nanotubes growth by chemical vapour deposition method. J. Sci. Islam. Repub. Iran. 2015. vol. 26. no. 1. pp. 17–24.
- 28 Awadallah A.E. Promoting effect of group VI metals on Ni/MgO for catalytic growth of carbon nanotubes by ethylene chemical vapour deposition. Chemical Papers. 2015. vol. 69. no. 2. doi: 10.1515/chempap-2015–0029
- 29 Krasnikov, D.V. The formation of active centers of catalysts in the synthesis of multilayer carbon nanotubes with controlled properties. Novosibirsk, 2015. 156 p. (in Russian).
- 30 Burakova E.A., Besperstova G.S., Neverova M.A. et al. Features of obtaining the catalyst for the synthesis of carbon nanotubes. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 2. pp. 261–267. doi: 10.20914/2310–1202–2019–2–261–267 (in Russian).

31 Wang G., Wang J., Wang H. et al. Preparation and evaluation of molybdenum modified Fe/MgO catalysts for the production of single-walled carbon nanotubes and hydrogen-rich gas by ethanol decomposition. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2014. vol. 3. pp. 1588–1595. doi: 10.1016/j.jece.2014.05.021

32 Korzanov V.S., Ketov A.A. Investigation of the thermal behavior of compounds. *Bulletin of Perm University. Series: chemistry*. 2012. no. 2 (6). pp. 48–54. (in Russian).

33 Romankov P.G., Kurochkina M.I., Mozzherin Yu.Ya. et al. Processes and apparatuses of the chemical industry: Textbook for technical schools. L., Himiya, 1989. 560 p. (in Russian).

34 Ruhov A.V. Features of determining the length of carbon nanotubes. Graphene and related structures: synthesis, production and application. Materials of the II International Scientific and Practical Conference. 2017. pp. 431–433. (in Russian).

35 Dyachkova T.P., Khan Yu.A., Orlova N.V., Kondrashov S.V. Oxidation of multilayer carbon nanotubes in hydrogen peroxide vapor: patterns and effects. *Bulletin of TSTU*. 2016. vol. 2. no. 2. pp. 323–333 (in Russian).

36 Tugolukov E.N., Al-Sharif A.J., Dyachkova T.P., Burakova E.A. Investigation of the thermal conductivity of nanomodified liquids. *Bulletin of TSTU*. 2019. vol. 25. no. 4. pp. 323–333. (in Russian).

Сведения об авторах

Елена А. Буракова к.т.н., доцент, кафедра техники и технологий производства нанопроductов, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская 106, г. Тамбов, 392000, Россия, elenburakova@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8927-7433>

Галина С. Бесперстова аспирант, кафедра техники и технологий производства нанопроductов, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская 106, г. Тамбов, 392000, Россия, bes.galina@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5961-3432>

Марина А. Неворова соискатель, кафедра техники и технологий производства нанопроductов, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская 106, г. Тамбов, 392000, Россия, gaaral@mail.ru

Алексей Г. Ткачев д.т.н., профессор, кафедра техники и технологий производства нанопроductов, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская 106, г. Тамбов, 392000, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-5099-9682>

Николай А. Чапаксов аспирант, кафедра техники и технологий производства нанопроductов, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская 106, г. Тамбов, 392000, Россия, tchapaхов.nikolaj@ya.ru

Артем В. Рухов д.т.н., доцент, кафедра химии и химических технологий, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская 106, г. Тамбов, 392000, Россия, artem1@inbox.ru

Вклад авторов

Елена А. Буракова предложила методику проведения эксперимента и организовала производственные испытания полученных образцов катализатора синтеза УНТ, обработка полученных данных

Галина С. Бесперстова проведение обзора литературных источников по катализаторам синтеза УНТ, проведение эксперимента

Марина А. Неворова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Алексей Г. Ткачев консультация в области синтеза УНТ методом ГФХО

Николай А. Чапаксов проведение диагностики полученных катализаторов и синтезированных на них УНТ

Артем В. Рухов консультация в вопросах получения катализаторов синтеза УНТ

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Elena A. Burakova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technique and technology of production of nanoproducts department, Tambov State Technical University, 106, Sovetskaya Str., Tambov, Russia, elenburakova@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8927-7433>

Galina S. Besperstova graduate student, technique and technology of production of nanoproducts department, Tambov State Technical University, 106, Sovetskaya Str., Tambov, Russia, bes.galina@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5961-3432>

Marina A. Neverova applicant, technique and technology of production of nanoproducts department, Tambov State Technical University, 106, Sovetskaya Str., Tambov, Russia, gaaral@mail.ru

Alexey G. Tkachev Dr. Sci. (Engin.), professor, technique and technology of production of nanoproducts department, Tambov State Technical University, 106, Sovetskaya Str., Tambov, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-5099-9682>

Nikolay A. Chapaksov graduate student, technique and technology of production of nanoproducts department, Tambov State Technical University, 106, Sovetskaya Str., Tambov, Russia, tchapakov.nikolaj@ya.ru

Artem V. Rukhov Dr. Sci. (Engin.), associate professor, chemistry and chemical technology department, Tambov State Technical University, 106, Sovetskaya Str., Tambov, Russia, artem1@inbox.ru

Contribution

Elena A. Burakova proposed a methodology for the experiment and organized production tests of the obtained samples of catalyst synthesis CNT, processing of the data

Galina S. Besperstova the review of literature on catalysts for the synthesis of CNTs, the experiment

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

Alexey G. Tkachev consultation in the field of CNT synthesis by GFCS

Nikolay A. Chapaksov diagnostics of the obtained catalysts and CNTs synthesized on them

Artem V. Rukhov consultation on the production of CNT synthesis catalysts

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 10/02/2020	После редакции 18/02/2020	Принята в печать 27/02/2020
Received 10/02/2020	Accepted in revised 18/02/2020	Accepted 27/02/2020

Интенсификация обработки данных и получение новой информации по многомерным сигналам «электронного носа»

Александр Ю. Копеев¹ alex_evr@mail.ru  0000-0003-0808-4766
Иван А. Мураховский¹ ivan335522@mail.ru
Татьяна А. Кучменко¹ tak1907@mail.ru  0000-0001-7812-9195

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

Аннотация. В работе описаны подходы по оптимизации стадии обработки многомерных данных имитационных систем с интегральным аналитическим сигналом типа электронный нос. Представлены модели программирования в таблицах Excel для расчета дополнительных параметров качественного состава смеси газов и паров. Программирование электронных таблиц существенно упрощает обработку первичных данных набора сенсоров и позволяет быстро получить новые параметры для характеристики состава запаха проб. Представлены формулы для расчета 4х дополнительных характеристик: идентификационные параметры сорбции, кинетический параметр, сорбционный параметр для 3х сенсоров, массовая доля компонентов, преимущественно сорбирующихся на каждом сенсоре в массиве электронного носа, и параметра подобия Пирсона для наборов этих характеристик с целью сравнения многокомпонентного состава запаха анализируемых проб. На примере анализа запаха кожи человека показана возможность разработки программного обеспечения для личных устройств. Программное обеспечение включает расчет характеристик по предложенным моделям и визуализацию их наборов для удобного восприятия необученными пользователями. Программное обеспечение позволяет быстро обработать данные от прибора, представить возможные причины отклонения состояния от среднестатистической нормы. Для набора идентификационных параметров сорбции определены границы численных значений, которые характеризуют нормальное функционирование организма в целом, отдельных органов и систем. При попадании расчетного параметра в эти границы на диаграмме состояния он закрашивается в зеленый цвет. Определены численные границы параметров и для аномальных состояний. При попадании значений расчетных параметров в эти интервалы, на сфере состояния зоны соответствующих параметров окрашиваются в желтый или красный цвета. Необученные пользователи легко воспринимают информацию без сложной обработки многомерных данных.

Ключевые слова: многомерные данные, аналитические системы, электронный нос, алгоритмы, программирование

Intensification of data processing and obtaining new information on multidimensional signals of the "electronic nose"

Alexandr Yu. Kopeev¹ alex_evr@mail.ru  0000-0003-0808-4766
Ivan A. Murakhovsky¹ ivan335522@mail.ru
Tatyana A. Kuchmenko¹ tak1907@mail.ru  0000-0001-7812-9195

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

Abstract. This study describes the ways to optimize the stage of processing multidimensional data of simulation systems with an integrated analytical signal such as an electronic nose. Programming models are presented in Excel tables for calculating additional parameters of the qualitative composition of a mixture of gases and vapors. Programming spreadsheets greatly simplifies the processing of the initial data of a set of sensors and allows you to quickly get new parameters to characterize the composition of the smell of samples. The formulas for calculating 4 additional characteristics are presented: identification parameters of sorption, kinetic parameter, sorption parameter for 3 sensors, mass fraction of components, mainly sorbed on each sensor in the array of electronic nose, and Pearson's similarity parameter for sets of these characteristics in order to compare the multi-component composition of the odor analyzed samples. The example of analyzing the smell of human skin shows the possibility of developing software for personal devices. The software includes the calculation of the characteristics of the proposed models and the visualization of their sets for easy perception by untrained users. The software allows you to quickly process data from the device, to present the possible causes of the deviation of the state from the average statistical norms. For a set of identification parameters of sorption, the boundaries of numerical values are defined, which characterize the normal functioning of the organism as a whole, individual organs and systems. When a calculated parameter enters these boundaries in the state diagram, it is colored green. The numerical limits of parameters and for anomalous states are determined. When the values of the calculated parameters fall into these intervals, on the state sphere, the zones of the corresponding parameters are colored yellow or red. So, untrained users easily perceive information without complex processing of multi-dimensional data.)

Keywords: multidimensional data, analytical systems, electronic nose, algorithms, programming

Введение

Современные методы аналитической химии основаны на измерении и обработке от двух – до многомерных сигналов. К многомерным аналитическим сигналам относятся отклики мультисенсорных систем типа искусственных «носа, глаза, языка». Для таких систем

не характерны, но возможны традиционные качественный (идентификация отдельных компонентов сложных смесей) и количественный (определение содержания каждого компонента) анализ [1–5]. Для сравнения двух и более проб, для установления причин возможных различий их состояния применяют метод хеометрики – метод обработки сразу всех матриц выходных

Для цитирования

Копеев А.Ю., Мураховский И.А., Кучменко Т.А. Интенсификация обработки данных и получение новой информации по многомерным сигналам «электронного носа» // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 247–251. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-247-251

For citation

Kopeev A.Yu., Murakhovsky I.A., Kuchmenko T.A. Intensification of data processing and obtaining new information on multidimensional signals of the "electronic nose". *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 247–251. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-247-251

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

данных. Для этого применяют различные методы: от кластерного анализа, регрессионного до нейронных сетей и методов главных компонент. В действительности все эти методы предусматривают применение специальных программ. В тоже время сама матрица данных содержит много связанных и несвязанных друг с другом данных, на основании которых можно получить дополнительную информацию о химическом составе образца [6–10]. При этом алгоритмы таких дополнительных расчетов часто простые или основаны на известных математических формулах. Достоинством таких подходов является расширение аналитической информации о составе проб. Главное ограничение – время расчетов по данным большой матрицы выходных данных. Так для восьмисенсорного анализатора газов “МАГ-8” только за 80 с измерения матрица выходных данных единичного измерения представлена от 640 до 645 чисел. При более сложных анализах, например, биопроб, время измерения достигает 200 с. Это приводит к расширению матрицы первичных данных массива сенсоров до 1600 чисел. Обработка такой матрицы данных при статистической обработке или при сравнении множества проб становится время затратным процессом, что в свою очередь снижает эффективность эксперимента. Так, даже для поиска общих закономерностей и изменений при анализе биопроб необходима минимальная выборка от 50 проб. Несложно представить, что только на расчеты по самым простым единичным откликам сенсоров при измерении (максимальным изменениям частот колебаний сенсоров за время измерения), например, параметров эффективности сорбции смесей газов Ai/j необходимо найти частное не менее 28 раз, а при расчетах по методу нормировки для набора восьми максимальных сигналов – еще не менее 30 расчетов. И это только для одной пробы. При этом часто и эти результаты являются промежуточными. Поэтому актуально применение программирования для упрощения стадии обработки данных. Программное обеспечение “электронного носа” не подразумевает частого обновления и ограничено регистрацией, сохранением и сравнением измерений из базы данных. Все дополнительные или новые расчетные данные получают вне этого программного обеспечения.

Цель работы – применить доступные средства расчета и обработки цифровой информации многомерных сигналов анализатора газов пьезоэлектронный нос для повышения эффективности измерений и снижения времени обработки данных, разработки программного обеспечения для мобильных гаджетов.

Материалы и методы

Для представления и обработки многомерных данных применяли электронные таблицы. Электронная таблица (ЭТ) – программа, предоставляющая возможность проводить расчет данных в виде двумерных массивов. Присутствующая в базовой операционной системе или загруженная из внешних источников, ЭТ является удобным инструментом для автоматизации вычислений. Программы для взаимодействия с электронными таблицами довольно разнообразны (“Gnumeric”, “KSpread”, “Google документы”, “LibreOfficeCalc”, “Microsoft Excel”).

Для математического моделирования при помощи электронной таблицы откликов быстрого расчета параметров газового анализатора газов типа электронный нос “МАГ-8” применили стандартное приложение Microsoft Excel.

Обсуждение

В моделирование данных для получения новой информации о качественном и количественном составе газовых смесей по сигналам n-сенсорного электронного носа входит расчет таких параметров как:

ω_i , % – оценивает долю максимальных за время измерений сигналов каждого сенсора в общей матрице измерений. Математическая формула (1) моделируется в электронной таблице ($= \text{СУММ}() / \text{СУММ}() \times 100$)

$$\omega_i = \frac{\Delta F(i)}{\sum \Delta F} * 100 \% \quad (1)$$

ω_m , % – долю сигналов сенсоров в массиве за выбранный промежуток времени к сумме сигналов за все время измерения. Математическая формула (2) моделируется в электронной таблице ($= \text{СУММ}() / \text{СУММ}() \times 100$)

$$\omega_m = \frac{\sum F(\Delta \tau)}{\sum F(\tau \Sigma)} * 100 \% \quad (2)$$

Параметр ω является наиболее грубым для оценки доли тех соединений в смеси, сродство к которым проявляет модификатор определённого сенсора. Чем выше селективность сенсора в массиве, тем больше определённость о количественном составе смеси и изменении концентрации отдельных соединений или классов (кислоты, амины, спирты и т. д.). Но максимальные отклики сенсоров – дискретные значения (ΔF_{max} , F_i), а процесс накопления наибольшей массы во времени протекает различно для разных аналитов, поэтому ΔF_{max} зависит не только от концентрации, но и природы компонентов. Предложен новый параметр ω_{ti} %, который более точно отражает изменение состава смеси, чем ω , так как учитывает особенности накопления максимальной массы сорбата от момента напуска паров аналитов. Этот параметр ранее

$$m_{inj} = \frac{\sqrt{\Delta F_{\max,i}^2 + \Delta F_{\max,j}^2 - \Delta F_{\max,i} \cdot \Delta F_{\max,j} \cdot \sqrt{2}}}{\sqrt{\Delta F_{\max,j}^2 + \Delta F_{\max,n}^2 - \Delta F_{\max,j} \cdot \Delta F_{\max,n} \cdot \sqrt{2}}}, \quad (4)$$

=КОРЕНЬ(\$E4^2+\$F4^2-\$E4*\$F4*КОРЕНЬ(2))/КОРЕНЬ(\$F4^2+G4^2-\$F4*G4*КОРЕНЬ(2))										
E	F	G	H	I	J	K	L	M		
			Отлики сенсоров ΔI							
ΔF	ΔF	ΔF	ΔF	ΔF	ΔF	ΔF	ΔF			
58	68	78	85	91	95	99	100	1/2/3	(2)/	

Рисунок 3. Диалоговое окно Excel для расчета m_{ini}

Figure 3. Excel dialog window for calculating the m_{ini}

Точность расчета параметров $\text{min}j - 1 \times 10^{-2}$. Для каждого измерения на 8-ми сенсорном массиве таких параметров не менее 7. Однако, не все эти параметры информативны, но минимаксные их значения в наборе также важны для аутентичности проб при сравнении большого набора близких по составу объектов.

Одним из доступных параметров, с помощью которого можно сравнить многомерные регистрируемые, расчетные характеристики и отклики “электронного носа” являются параметры сопоставления наборов, оценки тесноты связи и подобия.

Для расчета степени подбора качественных характеристик искусственного обоняния (наборы A_{ij} [2] γ, m) применен параметр δ . Для сопоставления двух наборов данных также можно применять моделирование ЭТ.

$$\delta = \sqrt{T-} Aij1^2k = 1 \quad (5)$$

Параметр подобия Пирсона δ применяется для сравнения наборов данных для нескольких измерений. В электронной таблице формула для расчета $\delta(5)$ выглядит следующим образом:

$$(\text{=КОРЕНЬ}(-((\text{СУММПРОИЗВ}(\text{сг}) - \text{СУММПРОИЗВ}(\text{из})^2) / (\text{СУММПРОИЗВ}(\text{сг})^2))))).$$

Диалоговое окно (рисунок 4) позволяет выводить информацию при сравнении со стандартным набором неограниченного числа наборов данных.

=КОРЕНЬ(-((СУММПРОИЗВ(Г4:О4)-СУММПРОИЗВ(Г5:О5)^2)/((СУММПРОИЗВ(Г4:О4)^2)))										
G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
				Отлики сенсоров ΔFi						
ΔF	ΔF	ΔF	ΔF	ΔF	ΔF	ΔF	ΔF	ΔF	ΔF	δ
0,18	0,73	0,5	2	0,31	1,5	0,42	0,46	1,2	0,86237	
0,2	0,76	0,4	1,9	0,37	1,3	0,39	0,31	1,6	0,86237	
0,24	0,88	0,88	1,47	0,41	1,07	0,56	0,6	0,68		

Рисунок 4. Диалоговое окно Excel для расчета параметра подобия δ

Figure 4. Excel dialog window for calculating the similarity parameter δ

Расчет в программируемых таблицах позволяет за малое время по выгружаемым из базы прибора данным рассчитать все важные качественные и количественные характеристики и при необходимости представить их

графически. Эти электронные таблицы можно запрограммировать в ПО для прибора “МАГ-8”.

Для примера рассмотрим алгоритм действий при исследовании и подготовки данных после измерений на электронном носе “МАГ-8”.

1. Отбор и подготовка пробы к анализу.
2. Измерение по выбранному алгоритму (методика).
3. Вывод данных из программного обеспечения электронного носы в электронные таблицы (сохранить в Excel).
4. Моделирование формул в электронной таблице (лист 1 или на отдельных листах).
5. Перенос данных в смоделированные электронные таблицы.
6. Электронные таблицы статистически выявляют значения, которые скооперированы с описанием состояния человека и причины отклонения от нормального состояния. Наиболее информативные выделены в группу из 21 показателя.
7. Для лучшего восприятия информации представлены визуализированные сферы состояния. Для каждого параметра А установлены границы значений соответствия нормы критическому и аномальному состоянию с указанием причин этого состояния. Если какой-либо параметр применим из указанных, то сектор закрашивается в зелёный, красный или жёлтый цвета. Пример сфер состояния приведен на рисунке 5.



Рисунок 5. Диалоговое окно со сферой состояния
Figure 5. Dialog window with a Status Sphere

Применение программирования позволило значительно сократить время на обработку данных электронного носы; получить новую аналитическую диагностическую информацию. Это в свою очередь позволило надёжно оценить состояние объекта исследования и создать условия для дружественной интеграции и разработки ПО для персональных девайсов.

Разработаны алгоритм и программное обеспечение для электронного носы на основе 8-ми пьезосенсоров для личных девайсов на платформе Android. Алгоритм программы предназначен для трансформации результатов проведенных измерений в последовательность диаграмм разных типов.

Прибор передает данные по Bluetooth, которые принимаются мобильным устройством, обрабатываются, и в программном обеспечении на экране выводятся результаты, понятные обычным пользователям. Программа имеет два алгоритма обработки данных. Первый алгоритм основан на выводе результатов после ручного ввода максимальных откликов сенсоров. По полученным данным рассчитываются параметры и строится диаграмма состояния. Состояние определяется на основании расчетных параметров, для которых экспериментальным путем установлены числовые границы (рисунок 5). Данный режим позволяет пользователям проводить измерения в течение 2–3 мин и получать частичную, но важную информацию о своем состоянии.

Второй алгоритм предназначен для проведения лабораторного анализа. При регистрации сигналов сенсоров над кожей руки в течение 80 с и последующей регистрации десорбции в течение 120 с формируется полная матрица откликов, а при их обработке – наиболее информативный набор данных о состоянии организма и отдельных органов / систем. Строятся визуальные отпечатки набора откликов сенсоров (рисунок 6), рассчитывается площадь каждого и некоторые качественные характеристики. На основе рассчитанных параметров можно получить более детальный анализ причин в случае желтой и красной зон на сфере состояния. Данный алгоритм предназначен для проведения клинических измерений и диагностики состояния экспертом.



Рисунок 6. Различные виды визуальных отпечатков сигналов сенсоров в массиве
Figure 6. Different types of visual imprints of sensor signals in an array

Заключение

Разработанное программное обеспечение для мобильных устройств позволяет получить результат моментально после проведения измерения и привести их в более удобную для регистрации и интерпретации форму, позволит сделать домашнюю диагностику более доступной, автоматизирует процесс обработки данных.

Литература

- 1 Kuchmenko T.A., Shuba A.A., Drozdova E.V. Substation of the Operating life of Gas piezosensors in detection of vapors of organic compounds // Russian Journal of Applied Chemistry. 2015. V. 88. № 12. P. 1997–2008.
- 2 Кучменко Т.А., Шуба А.А. Информативность выходных сигналов «электронного носа» на пьезосенсорах // Аналитика и контроль. 2017. Т. 21. № 2. С. 72–84.
- 3 de Lacy Costello B., Amann A., Al-Kateb H., Flynn C. et. al. A review of the volatiles from the healthy human body. J Breath Res. 2014. V. 8. P. 29. doi: 10.1088/1752-7155/8/1/014001
- 4 Lucas A.R. et. al. Development of an eHealth System to Capture and Analyze Patient Sensor and Self-Report Data: Mixed-Methods Assessment of Potential Applications to Improve Cancer Care Delivery // Jmir Medical Informatics. 2018. V. 6. P. 138–150. doi: 10.2196/medinform.9525
- 5 Liu J.J., Geng Z.X., Fan Z.Y., Liu J. et al. Point-of-care testing based on smartphone: The current state-of-the-art (2017-2018) // Biosensors & Bioelectronics. 2019. V. 132. P. 17–37. doi: 10.1016/j.bios.2019.01.068
- 6 Jia W., Liang G., Tian H., Sun J. et al. Electronic nose-based technique for rapid detection and recognition of moldy apples // Sensors. 2019. V. 19. № 7. P. 1526.
- 7 Ghosh S., Tudu B., Bhattacharyya N., Bandyopadhyay R. A recurrent Elman network in conjunction with an electronic nose for fast prediction of optimum fermentation time of black tea // Neural Computing and Applications. 2019. V. 31. № 2. P. 1165–1171.
- 8 Sayago I., Aleixandre M., Santos J.P. Development of tin oxide-based nanosensors for electronic nose environmental applications // Biosensors. 2019. V. 9. № 1. P. 21.
- 9 Brinkman P., Wagener A.H., Hekking P.P., Bansal A.T. et al. Identification and prospective stability of electronic nose (eNose)-derived inflammatory phenotypes in patients with severe asthma // Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2019. V. 143. № 5. P. 1811–1820.
- 10 Staerz A., Roeck F., Weimar U., Barsan N. Electronic Nose: Current Status and Future Trends // Surface and Interface Science. 2020. V. 9–10.

References

- 1 Kuchmenko T.A., Shuba A.A., Drozdova E.V. Substation of the Operating life of Gas piezosensors in detection of vapors of organic compounds. Russian Journal of Applied Chemistry. 2015. vol. 88. no. 12. pp. 1997–2008. (in Russian).
- 2 Kuchmenko T.A., Shuba A.A. Informative nature of the electronic nose output signals based on the piezoelectric sensors. Analytics and control, 2017. vol. 21. no. 2. pp. 72–84. (in Russian).
- 3 de Lacy Costello B., Amann A., Al-Kateb H., Flynn C. et. al. A review of the volatiles from the healthy human body. J Breath Res. 2014. vol. 8. pp. 29. doi: 10.1088/1752-7155/8/1/014001
- 4 Lucas A.R. et. al. Development of an eHealth System to Capture and Analyze Patient Sensor and Self-Report Data: Mixed-Methods Assessment of Potential Applications to Improve Cancer Care Delivery. Jmir Medical Informatics. 2018. vol. 6. pp. 138–150. doi: 10.2196/medinform.9525
- 5 Liu J.J., Geng Z.X., Fan Z.Y., Liu J. et al. Point-of-care testing based on smartphone: The current state-of-the-art (2017-2018). Biosensors & Bioelectronics. 2019. vol. 132. pp. 17–37. doi: 10.1016/j.bios.2019.01.068
- 6 Jia W., Liang G., Tian H., Sun J. et al. Electronic nose-based technique for rapid detection and recognition of moldy apples. Sensors. 2019. vol. 19. no. 7. pp. 1526.
- 7 Ghosh S., Tudu B., Bhattacharyya N., Bandyopadhyay R. A recurrent Elman network in conjunction with an electronic nose for fast prediction of optimum fermentation time of black tea. Neural Computing and Applications. 2019. vol. 31. no. 2. pp. 1165–1171.
- 8 Sayago I., Aleixandre M., Santos J.P. Development of tin oxide-based nanosensors for electronic nose environmental applications. Biosensors. 2019. vol. 9. no. 1. pp. 21.
- 9 Brinkman P., Wagener A.H., Hekking P.P., Bansal A.T. et al. Identification and prospective stability of electronic nose (eNose)-derived inflammatory phenotypes in patients with severe asthma. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 2019. vol. 143. no. 5. pp. 1811–1820.
- 10 Staerz A., Roeck F., Weimar U., Barsan N. Electronic Nose: Current Status and Future Trends. Surface and Interface Science. 2020. vol. 9–10.

Сведения об авторах

Александр Ю. Копеев студент, технологический факультет, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alex_evr@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0808-4766>

Иван А. Мураховский студент, факультет управления и информатики в технологических системах, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ivan335522@mail.ru

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>

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

Alexandr Yu. Kopaev student, faculty of Technology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, alex_evr@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0808-4766>

Ivan A. Murakhovsky student, faculty of Management and Informatics in Technological Systems, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ivan335522@mail.ru

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>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 16/01/2020	После редакции 27/01/2020	Принята в печать 05/02/2020
Received 16/01/2020	Accepted in revised 27/01/2020	Accepted 05/02/2020

Эксергетический анализ технологии получения биодизельного топлива из рапсового масла

Александр Н. Остриков ¹	oan@vsuet.ru	 0000-0002-2335-0017
Александр А. Шевцов ³	shevalol@rambler.ru	 0000-0001-5745-8301
Татьяна Н. Тертычная ²	tertychnaya777@ya.ru	 0000-0001-8185-3424
Наталья А. Сердюкова ³	nata29m@mail.ru	 0000-0002-9700-6825

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

² Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра, № 1, ул. Мичурина, 394087, г. Воронеж, Россия

³ Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия

Аннотация. Анализ резервов эффективности наиболее перспективных технологий получения биодизельного топлива показал целесообразность реализации технологического цикла в следующей последовательности: сначала переэтерификация растительного масла сверхкритическим спиртом, затем флюидная сверхкритическая CO₂-экстракция охлажденной реакционной смеси; ее сепарирование в поле центробежных сил для отделения глицерина от целевого продукта, и далее отделение диоксида углерода газожидкостной сепарацией с получением очищенного биодизельного топлива и возвратом диоксида углерода на стадию экстракции. В соответствии с методологией эксергетического анализа рассмотрено влияние на систему внутренних и внешних энергетических потерь. В суммарное количество внутренних эксергетических потерь, связанных с необратимостью любых реальных процессов, входили потери от конечной разности температур в результате рекуперативного теплообмена между материальными и тепловыми потоками, а также гидравлические потери, обусловленные внезапным увеличением удельного объема теплоносителя при его поступлении из трубопровода в рабочие объемы аппаратов. Внешние потери связаны с условиями сопряжения системы с окружающей средой. Они обусловлены отличием температуры теплоносителей от температуры окружающей среды, несовершенством тепловой изоляции оборудования и сбросом конденсата. Эксергетический анализ показал, что эксергетический КПД для технологии получения биодизельного топлива в сверхкритических условиях с применением ПЭХМ составляет 52,62%, что на 15–20% выше, чем у известных технологий. Это характеризует предложенную технологию как теплотехнологическую систему с высокой степенью термодинамического совершенства, что было достигнуто за счет организации работы в замкнутых термодинамических циклах и использования отработанных теплоносителей.

Ключевые слова: эксергетический анализ, биодизельное топливо, энергетическая эффективность, эксергетическая мощность

Exergetic analysis of the production technology of biodiesel from rapeseed oil

Alexander N. Ostrikov ¹	oan@vsuet.ru	 0000-0002-2335-0017
Alexander A. Shevtsov ³	shevalol@rambler.ru	 0000-0001-5745-8301
Tatyana N. Terptychnaya ²	terptychnaya777@ya.ru	 0000-0001-8185-3424
Natalya A. Serdyukova ³	nata29m@mail.ru	 0000-0002-9700-6825

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

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

³ Military Training and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina", st. Old Bolsheviks, 54a, Voronezh, 394064, Russia

Abstract. Analysis of the efficiency reserves of the most promising technologies for biodiesel production showed the feasibility of implementing the technological cycle in the following sequence: first, the transesterification of vegetable oil with supercritical alcohol, then the fluid supercritical CO₂ extraction of the cooled reaction mixture; its separation in the field of centrifugal forces to separate glycerol from the target product, and then the separation of carbon dioxide by gas-liquid separation to obtain purified biodiesel and return carbon dioxide to the extraction stage. In accordance with the methodology of exergetic analysis, the influence of internal and external energy losses on the system is considered. The total number of internal exergetic losses associated with the irreversibility of any real processes included losses from the final temperature difference as a result of recuperative heat exchange between material and heat flows, as well as hydraulic losses caused by a sudden increase in the specific volume of the coolant when it enters the operating volumes of the devices from the pipeline. External losses are related to the conditions of the system interface with the environment. They are caused by the difference between the temperature of heat carriers and the ambient temperature, imperfect thermal insulation of equipment and condensate discharge. Exergetic analysis has shown that the exergetic efficiency for the technology of biodiesel production in supercritical conditions using steam-ejection refrigerating machine is 52.62%, which is 15–20% higher than that of known technologies. This characterizes the proposed technology as a heat-technological system with a high degree of thermodynamic perfection, which was achieved by organizing work in closed thermodynamic cycles and using exhausted heat carriers.

Keywords: exergetic analysis, biodiesel, energy efficiency, exergetic capacity

Для цитирования

Остриков А.Н., Шевцов А.А., Тертычная Т.Н., Сердюкова Н.А. Эксергетический анализ технологии получения биодизельного топлива из рапсового масла // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 252–261. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-252-261

For citation

Ostrikov A.N., Shevtsov A.A., Terptychnaya T.N., Serdyukova N.A. Exergetic analysis of the production technology of biodiesel from rapeseed oil. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 252–261. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-252-261

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

Введение

Современные тенденции в развитии теоретических основ комплексной переработки растительного масла подготовили условия для научного подхода к созданию новых энергосберегающих технологий производства биодизельного топлива в замкнутых термодинамических циклах по материальным и энергетическим потокам при наиболее рациональных с энергетической точки зрения схемах подключения тепловых насосов (ТН). Эффективное замещение в системах теплоснабжения ископаемых видов топлива на теплоту возобновляемых и вторичных источников посредством ТН является одним из важнейших принципов энергосбережения и охраны окружающей среды.

Разработке предложений по экономии энергии и повышению качества целевых продуктов при переработке масличного сырья предшествовали системные исследования [1, 2], направленные на изучение принципиальных вопросов организации теплотехнологических процессов в технологии получения биодизельного топлива.

Особенность предлагаемой технологии заключается в проведении реакции переэтерификации растительного масла спиртом в сверхкритических условиях, обеспечивающих высокую конверсию растительного масла в биотопливо (> 95%), и отделение биодизельного топлива от глицерина флюидной сверхкритической CO₂-экстракцией с применением теплового насоса.

Сверхкритическая флюидная экстракция (СКФ-экстракция) основана на уникальных свойствах растворителя (углекислого газа) экстрагировать при определенных (сверхкритических) термодинамических параметрах растворимые компоненты. Главной характеристикой сверхкритических флюидов является отсутствие фазового перехода жидкость-пар (газ) и возможность непрерывного изменения плотности, вязкости и других свойств гомогенного флюида в широких пределах при изменении давления, что позволяет влиять на свойства диоксида углерода как растворителя. Находясь в сверхкритическом состоянии флюид представляет собой нечто промежуточное между жидкостью и газом. Он может сжиматься как газ (обычные жидкости практически несжимаемы) и, в тоже время, способен растворять вещества, что газам не свойственно [3–6].

Материалы

Технологическая схема получения биодизельного топлива (рисунок 1) содержит напорные емкости для сырья 1 и спирта 2, насосы высокого давления 3, 4, 28, 38; заслонки 5, 39–43; реактор переэтерификации непрерывного действия 6 со змеевиком 7 и лопастной мешалкой 8, перекачивающий

насос 9; сборник продуктов реакции переэтерификации 10; сверхкритический флюидный CO₂-экстрактор 11 с насадкой 12 и распределительным устройством 13; рекуперативные теплообменники 14–17; вакуум-насос 18; тарельчатый сепаратор 19; вертикальный газо-жидкостный сепаратор 20 с наклонными полками 21, каплеуловителем 22 и предохранительным клапаном 23; отстойник непрерывного действия для отделения воды от биодизельного топлива 24; двухступенчатый компрессор 25; испаритель холодильного агрегата 26 и резервуар для сжиженного диоксида углерода 27, установленные в линии возврата диоксида углерода; парогенераторный тепловой насос, включающий парогенератор 29 с электронагревательными элементами 30 и предохранительным клапаном 31, паро-паровой эжектор 32, испаритель 33, холодоприемник 34 с насосом рециркуляции хладагента 35; терморегулирующий вентиль 36; сборник конденсата 37; линии подачи и отвода материальных и тепловых потоков: 1.1 – растительного масла; 1.2 – спирта; 1.3 – смесь продуктов реакции переэтерификации; 1.4 – паров избыточного спирта; 1.5 – избыточного спирта; 1.6 – биодизельной гомогенной смеси; 1.7 – биодизельной эмульсии; 1.8 – биодизельной смеси с парами диоксида углерода; 1.9 – глицерина; 1.10 – биодизельного топлива с содержанием воды; 1.11 – очищенного биодизельного топлива; 1.12 – воды; 1.13 – паров диоксида углерода, 1.14 – сжиженного диоксида углерода, 1.15 – нагретого сжиженного диоксида углерода; 2.1 – высокопотенциального пара; 2.2 – эжектируемого низкопотенциального пара; 2.3 – рециркуляции воды через холодоприемник; 2.4 – рабочего пара; 2.5 – отработанного пара; 2.6 – конденсата; 3.1 – холодной воды; 3.2 – отработанной воды; 4.1 – жидкого хладагента; 4.2 – паров хладагента.

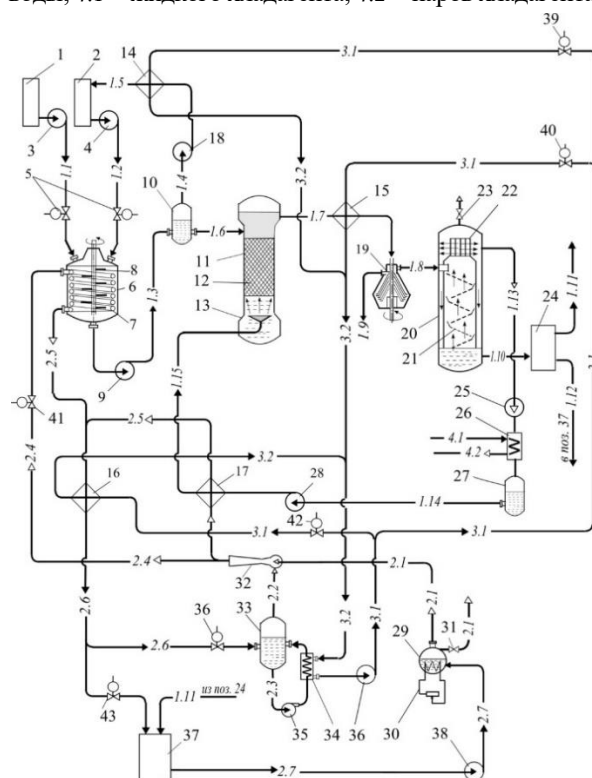


Рисунок 1. Технологическая схема получения биодизельного топлива

Figure 1. Technological workflow of biodiesel fuel production

В реакторе 6 создают необходимые условия для реакции переэтерификации растительного масла спиртом при температуре 250–280 °С и давлении 15–17 МПа. При этом смесь в реакторе перемешивается до гомогенного состояния и нагревается до сверхкритического состояния спирта благодаря наличию змеевика, в который подается рабочий пар с температурой 260–290 °С. Заслонки 5 и 41 поддерживают давление и стабильность сверхкритических условий в рабочем объеме реактора.

Смесь продуктов реакции переэтерификации перекачивающим насосом 9 отводится из реактора 6 в сборник продуктов реакции переэтерификации 10. Пары избыточного спирта с помощью вакуум-насоса 18 отводятся в рекуперативный теплообменник 14, конденсируются и избыточный спирт возвращается в резервуар для спирта 2. За счет перепада давления полученная биодизельная гомогенная смесь из сборника продуктов реакции переэтерификации 10 подается в сверхкритический флюидный CO₂-экстрактор 11 с насадкой 12 и распределительным устройством 13.

Насадка 12 увеличивает поверхность контакта фаз, а, следовательно, скорость массопереноса при перемешивании фаз в системе жидкость-жидкость. Сжиженный диоксид углерода диспергирует с помощью распределительного устройства 13 в потоке сплошной гомогенной смеси, перемещающейся под действием гравитационных сил.

Экстрагирование с помощью диоксида углерода, находящегося в сверхкритических условиях, обеспечивает извлечение из растительного сырья полный спектр биологически активных соединений.

Технологический цикл получения биодизельного топлива реализуется следующим образом. Из напорных емкостей 1 и 2 насосами высокого давления 3 и 4 подают в заданном соотношении 1: 10 – 1:15 растительное масло и спирт в реактор переэтерификации непрерывного действия 6 со змеевиком 7, расположенным на внутренней поверхности, и лопастью мешалкой 8.

Полученная биодизельная эмульсия из экстрактора 11 отводится в рекуперативный теплообменник 15, в котором охлаждается до температуры 20–30 °С и подается в тарельчатый сепаратор 19 для отделения глицерина от биодизельной смеси в поле центробежных сил. Глицерин отводится, а биодизельная смесь с парами диоксида углерода подается в вертикальный газожидкостный сепаратор 20 с наклонными полками 21, каплеуловителем 22 и предохранительным клапаном 23; при этом отделение паров диоксида углерода от биодизельной смеси осуществляется при свободном испарении методом газожидкостного сепарирования. Биодизельное топливо стекает по наклонным полкам 21 в нижнюю часть сепаратора 20, углекислый газ поднимается вверх и удаляется из биодизельного топлива простым испарением. Каплеуловитель 22 служит для отделения капель биодизельного топлива, которые по дренажной трубе стекают вниз сепаратора. При отклонении избыточного давления в газожидкостном сепараторе от заданного значения срабатывает предохранительный клапан 23.

Пары диоксида углерода отводятся из газожидкостного сепаратора 20 и подвергаются компрессионному сжатию в двухступенчатом компрессоре 25 до давления 15 МПа и конденсируются их при температуре минус 40 °С в испарителе 26 холодильного агрегата, в который подают хладагент.

Сжиженный диоксид углерода отводится в резервуар 27 и насосом высокого давления 28 подается в теплообменник рекуператор 17, в котором нагревается до сверхкритической температуры и направляется в сверхкритический флюидный CO₂-экстрактор 11 в режиме замкнутого цикла.

Биодизельное топливо с содержанием воды после газожидкостного сепаратора 20 отводится в отстойник 24, где из него удаляется вода посредством непрерывного отстаивания по плотности тяжелой и легкой фаз. Таким образом, получается очищенное биодизельное топливо, а вода из отстойника 24 направляется в сборник конденсата 37.

Для подготовки энергоносителей разного температурного потенциала используется паро-эжекторный тепловой насос. В парогенераторе 29 с электронагревательными элементами 30 вырабатывается высокопотенциальный пар и под давлением 2,0–2,5 МПа подается в сопло паро-парового эжектора 32, эжектируя при этом низкопотенциальный пар из испарителя 33, создавая в нем пониженное давление 0,0009–0,001 МПа и температуру 4–7 °С.

В качестве хладагента используется вода, циркулирующая через холодоприемник 34 с помощью насоса 35.

Кинетическая энергия смеси высокопотенциального и низкопотенциального паров в диффузоре эжектора преобразуется в тепловую энергию рабочего пара, выходящего из эжектора с давлением 15 МПа и температурой 280 °С. Поток рабочего пара 2.4 разделяется на две части, одна из которых подается в змеевик реактора 6 для создания сверхкритических условий реакции переэтерификации, а другая в рекуперативный теплообменник 17 для нагрева сжиженного диоксида углерода до сверхкритической температуры.

Отработанный рабочий пар после реактора 6 и рекуперативного теплообменника 17 подается в рекуперативный теплообменник 16, охлаждается до температуры конденсации, и часть образовавшегося конденсата отводится через терморегулирующий вентиль 36 на пополнение уровня воды в испарителе 33, а другая часть конденсата направляется в сборник конденсата 37.

Непрерывно из сборника конденсата 37 с помощью насоса высокого давления 38 отводится вода на пополнение уровня воды в парогенераторе 29 с образованием замкнутого цикла.

При увеличении давления пара в парогенераторе 29 выше допустимого срабатывает предохранительный клапан 31, осуществляющий сброс давления.

Подготовка холодной воды с температурой 6–9 °С осуществляется в холодоприемнике 34 паро-эжекторного теплового насоса за счет рекуперативного теплообмена с водой и направляется в рекуперативные теплообменники 14–16 соответственно для конденсации паров спирта, охлаждения биодизельной суспензии перед тарельчатым сепаратором 19,

конденсации отработанного пара; потоки отработанной воды после рекуперативных теплообменников 14–16 объединяются и возвращаются в холодоприемник 34 в режиме замкнутого цикла.

Технология получения биодизельного топлива из растительного масла реализована на экспериментальной линии производительностью 300 л/ч по исходному рапсовому маслу в производственных условиях.

Энергоэффективные режимы технологических процессов в области допустимых свойств осуществлялись с помощью пароежекторного теплового насоса со следующими параметрами:

Холодопроизводительность, кВт	20
Температура кипения:	
– в испарителе, °С	4
– в парогенераторе, °С	110
Температура рабочего пара на входе в змеевик реактора, °С	280
Коэффициент эжекции	6
Площадь теплообменной поверхности холодоприемника, м ²	8
Коэффициент теплопередачи холодоприемника, Вт/м ² ·°С	92
Площадь теплообменной поверхности, м ² :	
– змеевика реактора	6
– рекуперативного теплообменника для нагревания сжиженного диоксида углерода	4
Хладагент	вода

Результаты и обсуждения

Важнейшим инструментом оценки термодинамической эффективности сложных технологических систем, к которым в полной мере относится технология получения биодизельного топлива, является эксергетический анализ, основанный на методике Бродянского [9, 10], в соответствии с моделью окружающей среды Шаргута [11].

Для определения энергетической эффективности технологическая система условно отделена от окружающей среды замкнутыми контрольными поверхностями (рисунок 2).

В качестве абсолютного эксергетического параметра, используемого в расчетах, выбрана эксергетическая мощность P_e , кДж/ч, учитывающая энергию материальных и тепловых потоков.

Изменение эксергии по каждой контрольной поверхности технологической системы, состоящей из классических необратимых процессов с течением времени, определяется по формуле [9]:

$$\sum_{i=1}^n E_i^3 = \sum_{k=1}^l E_k^3 + \sum_{j=1}^m D_j, \quad (1)$$

где $\sum_{i=1}^n E_i^3$ – суммарная эксергия вводимых в контрольную поверхность материальных и энергетических потоков; $\sum_{i=1}^l E_i^3$ – суммарная эксергия выводимых из контрольной поверхности полезных материальных и энергетических потоков; $\sum_{j=1}^m D_j = T_0 \cdot \Delta S$ – суммарные эксергетические потери (уравнение Гюи-Стодолы); $i = \overline{(1; n)}$ – количество вводимых материальных и энергетических потоков; $k = \overline{(1; l)}$ – количество

выходящих полезных потоков; $j = \overline{(1; m)}$ – количество эксергетических потерь.

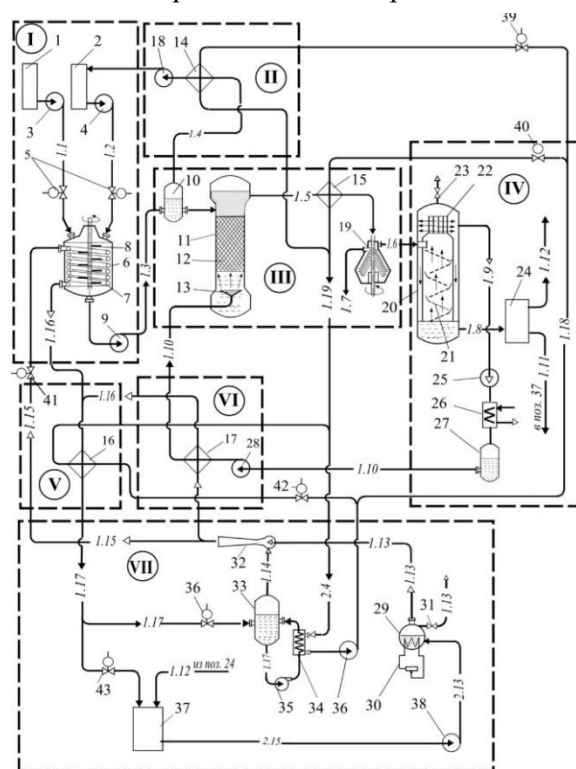


Рисунок 2. Контрольные поверхности технологической системы

Figure 2. Technological workflow reference surface

Соотношение (1) для рассматриваемой технологической линии получения биодизельного топлива в сверхкритических условиях производительностью 300 л/ч в следующем виде:

$$E_1 + E_2 + \sum E^{эн} = E_3 + E_4 + E_5 + \sum D^i + \sum D^e, \quad (2)$$

где слагаемые этого уравнения – эксергетическая мощность (кДж/ч): исходных семян рапса E_1 , этилового спирта E_2 , суммарная эксергия, вводимая в систему с электроэнергией для работы приводов машин $\sum E^{эн}$; эксергетическая мощность, выводимая из системы с глицерином E_3 , с водой E_4 , и чистым биодизельным топливом E_5 ; сумма потерь эксергии в результате необратимости процессов, происходящих внутри контрольной поверхности $\sum D^i$; сумма потерь эксергии во внешнюю среду $\sum D^e$.

Уравнение (2) отражает изменение эксергии теплотехнологической системы за счет ввода рапсового масла, спирта, подвода электроэнергии к приводам насосов и ТЭНам парогенератора; покрытия потерь, возникающих вследствие необратимости процессов перегретификации, флюидной CO_2 -экстракции, сепарации, рекуперативного теплообмена при получении целевых и промежуточных продуктов; изменения их теплотехнических свойств; компенсации потерь, обусловленных действием окружающей среды.

Распределение потоков (рисунок 3) и их обозначение (таблица 1) легли в основу расчета эксергетического КПД.

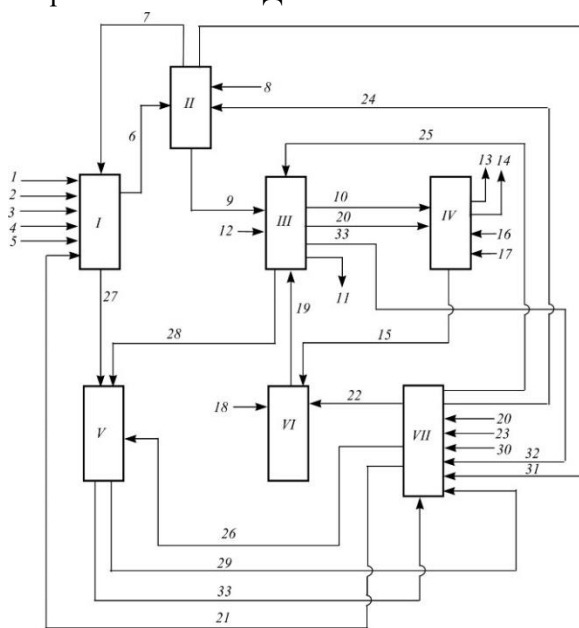


Рисунок 3. Распределение материальных и энергетических потоков технологической системы получения биодизельного топлива

Figure 3. Distribution of material and energy flows of technological system of biodiesel production

Эксергия вводимых в систему внешних материальных потоков: исходного растительного масла E_1^H , спирта E_2^H , находящихся в термодинамическом равновесии с окружающей средой, равна нулю, поэтому исключается из баланса.

Эксергия вещества в потоке зависит от вида энергетических взаимодействий с окружающей средой и характеризуется температурой, давлением и химическим потенциалом [10].

Термической составляющей эксергии обладают потоки, имеющие температуру выше принятой для окружающей среды (293,13 K). Удельную термическую эксергию вычисляли по уравнению Гюи-Стодоллы:

$$e_T = c_p \cdot \left[(T - T_0) - T_0 \cdot \ln \left(\frac{T}{T_0} \right) \right] \text{ или } e_t = e - e_0 = h - h_0 - T_0 (S - S_0), \quad (3)$$

где, e, e_0, h, h_0, S, S_0 – удельная термическая эксергия, кДж/кг, удельная энтальпия, кДж/кг и энтропия, кДж / (кг×K) продукта при текущих параметрах технологического процесса и в состоянии равновесия с окружающей средой.

Механическая составляющая эксергии характеризуется различием в давлении потока веществ и окружающей среды:

$$e_p = \frac{R}{M} T_0 \cdot \ln \left(\frac{P}{P_0} \right), \quad (4)$$

где R – универсальная газовая постоянная, кДж / (моль×K); M – молярная масса газа, кг/моль; T_0 – температура окружающей

среды, K; P, P_0 – давление газа в рассматриваемом потоке и в состоянии равновесия с окружающей средой, кПа.

При этом механическая составляющая эксергии потоков, находящейся под давлением в трубопроводах, вычислялась пересчетом давления, создаваемого насосами с учетом их расхода.

Химическая эксергия обусловлена тем, что получаемая биодизельная смесь после реакции переэтерификации имеет концентрацию, отличающуюся от концентрации распределяемых в окружающей среде компонентов. Расчет химической эксергии соединений при получении биодизельной смеси определялся реакциями образования соединения из более простых веществ. Для этой реакции находится энергия Гиббса, которая суммируется с энергией компонентов реакции, значение которой, как правило, известно по термодинамическим справочникам. В общем случае химическая (концентрационная) эксергия каждого из потоков продуктов разделения заданного состава, извлекаемых из исходной смеси, определяется по той же формуле, что и термомеханическая эксергия потока. Отличие заключается в том, что общая величина эксергии определяется алгебраической суммой идеальных работ изменения концентрации каждого компонента смеси [9].

Молярная химическая эксергия вещества вычислялась по формуле:

$$\varepsilon_\mu = \Delta G^0 + \sum A_i \cdot \varepsilon_i, \quad (5)$$

где ΔG^0 – энергия Гиббса образования вещества; A_i – коэффициенты в уравнении реакции, ε_i – молярная эксергии исходных веществ, кДж/моль.

Удельную теплоемкость рапсового масла при различных температурах согласно [9] определяли по уравнению:

$$c_p = \left[0.697 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - 1.350 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 1.653 \right] (9160 - 8\rho_1), \quad (6)$$

Теплоемкость смеси рапсового масла и спиртов, находящихся в суб и сверхкритических флюидных условиях определяли методом нестационарного теплового режима по формуле:

$$c_p(p, T) = c_p''(T) \frac{m'' \tau - \tau_0}{m \tau'' - \tau_0}, \quad (7)$$

где $c_p(p, T)$, $c_p''(T)$ – изобарная теплоемкость исследуемого образца при давлении p и температуре T и эталонного образца при соответствующем давлении p_0 и температуре T , кДж/кг·K; m и m'' – массы образца и эталонного вещества, кг; τ и τ'' – время запаздывания измерительных термодатчиков соответственно для исследуемого и эталонного образцов, с; τ_0 – время запаздывания измерительных термодатчиков пустой измерительной ячейки, с.

Таблица 1.

Внутренние и внешние эксергетические потери контрольных поверхностей

Table 1.

Internal and external exergy loss of control surfaces

Контрольная поверхность Surface	Наименование Name		Эксергетическая мощность, кДж/ч Exergy power, kJ / h				Потери, % Loss, %	КПД, % Efficiency, %
			Воспри- нятая Perceived	Переданная Transmitted	Потери Lost			
					Обозначение Designation	кДж/ч kJ / h		
I	Реактор перезтерификации с лопастной мешалкой и перекачивающим насосом, емкости для сырья и спирта, насосы высокого давления	Transesterification reactor with paddle mixer and transfer pump, tanks for raw materials and alcohol, high pressure pumps	67600	10714	D^i_I D^e_I	29711 27175	8,2 7,5	14,80
II	Рекуперативный теплообменник (теплообмен между парами избыточного спирта и водой), вакуум- насос	Recuperative heat exchanger (heat exchange between excess alcohol vapors and water), vacuum pump	9855	1521	D^i_{II} D^e_{II}	3986 4348	1,1 1,2	15,43
III	Сверхкритический флюидный CO ₂ -экстрактор, теплообменник и тарельчатый сепаратор	Supercritical fluid CO ₂ extractor, heat exchanger and plate separator	54340	11584	D^i_{III} D^e_{III}	23552 19204	6,5 5,3	21,31
IV	Газожидкостный сепаратор, отстойник для отделения воды от биодизельного топлива, двухступенчатый компрессор; испаритель холодильного агрегата и резервуар для сжиженного диоксида углерода	Gas-liquid separator, sump for separating water from biodiesel, two-stage compressor; refrigeration unit evaporator and liquefied carbon dioxide tank	24710	3695	D^i_{IV} D^e_{IV}	10870 10145	3,0 2,8	14,95
V	Рекуперативный теплообменник (теплообмен между сжиженным диоксидом углерода и высокопотенциальным паром)	Recuperative heat exchanger (heat exchange between liquefied carbon dioxide and high potential steam)	53350	8783	D^i_V D^e_V	26088 18478	7,2 5,1	16,46
VI	Рекуперативный теплообменник (теплообмен между отработанным паром и холодной водой)	Recuperative heat exchanger (heat exchange between waste steam and cold water)	41400	8427	D^i_{VI} D^e_{VI}	19204 13769	5,3 3,8	20,36
VII	Пароэжекторный тепловой насос (ПЭТН): парогенератор эжектор, испаритель, холодо- приемник с насосом рециркуляции хладагента, сборник конденсата	Steam Ejector Heat Pump (PETN):	172800	16306	D^i_{IV} D^e_{IV}	72467 84027	20 23	9,4
Итого Total			424055	61030		362333	100	14,39

Зависимость теплоемкости глицерина от температуры получена по экспериментальным данным и определялась следующим образом [11]:

$$c_p = 2.97 \cdot 10^{-3}(T-273)^2 + 4.959(T-237) + 2256, \quad (8)$$

Теплофизические свойства диоксида углерода и пара взяты из справочной литературы.

В расчетах учтено влияние на систему внутренних D^i и внешних D^e эксергетических потерь. Первые связаны с необратимостью любых реальных процессов, а вторые – с условиями взаимодействия системы с окружающей средой.

В суммарное количество внутренних эксергетических потерь входят потери от конечной разности температур в результате рекуперативного теплообмена между потоками,

электрохимические, возникающие при необратимом изменении свойств промежуточных продуктов, и гидравлические потери, обусловленные внезапным увеличением удельного объема газа и пара, а также внезапным снижением напора биодизельной смеси при поступлении во внутреннюю полость оборудования.

Потери, обусловленные конечной разностью температур между потоками, определяли по формуле:

$$D^{mo} = Q^{mo} \cdot \bar{\tau}_e, \quad (9)$$

где Q^{to} – количество теплоты, переданное от одного потока к другому, кДж; $\bar{\tau}_e$ – среднее значение фактора Карно для двух взаимодействующих потоков.

Фактор Карно или эксергетическая температурная функция [11] равна термическому КПД цикла Карно между температурами контрольной поверхности и условно принятой окружающей среды:

$$\tau_e = (T_{kn} - T_o)/T_{kn}, \quad (10)$$

где T_{kn} – температура теплоносителя внутри контрольной поверхности, К.

Эксергетические потери вследствие падения давления газов при их подаче в контрольную поверхность определяли по формуле:

$$D^{\Gamma} = g \cdot \Delta H_{\Gamma} \cdot \frac{T_{kn}}{T_{\Gamma\gamma}}, \quad (11)$$

где $T_{\text{вх}}$ – температура, К, газа (пара) на входе в контрольную поверхность; $\Delta H_{\text{г}}$ – гидравлические потери, м.

По формуле Дарси-Вейсбаха [11] определялись гидравлические потери при входе газа (пара) в контрольную поверхность:

$$\Delta H_{\Gamma} = \xi \cdot \frac{v_{\text{BX}}^2}{2g}, \quad (12)$$

где $v_{\text{вх}}$ – средняя скорость газа по сечению подводящего трубопровода, м/с; ξ – коэффициент сопротивления, определяемый отношением внутреннего объема оборудования, рассматриваемого в качестве контрольной поверхности, к поперечному сечению входного отверстия.

Электромеханические потери эксергии тождественны разности мощности приводов оборудования и приращения механической эксергии потока, перемещаемого данным оборудованием.

Внешние потери D^e связаны с условиями сопряжения системы с окружающей средой. Эти потери обусловлены отличием определяющих потенциалов (температуры, давления, химического потенциала) внутри рассматриваемой системы от равновесных с окружающей средой значений.

Потери эксергии в окружающую среду, обусловленные несовершенством теплоизоляции, были найдены по формуле:

$$D^e = Q_{\text{из}} \cdot \tau_e, \quad (13)$$

где $Q_{из}$ – суммарные потери тепла в окружающую среду через контрольную поверхность, кДж;
 τ_ρ – фактор Карно.

Оценку термодинамического совершенства теплотехнологической системы получения биодизельного топлива проводили по эксергетическому КПД [11]:

$$\eta_{\text{ЭК}} = \frac{\sum_{k=1}^l E_i^n}{\sum_{i=1}^n E_i^3}, \quad (14)$$

где $\sum_{k=1}^l E_i^n$ – суммарная эксергетическая мощность полезных потоков, кДж/ч; $\sum_{i=1}^n E_i^3$ – суммарная затраченная эксергетическая мощность, кДж/ч. Эксергия каждого материального и энергетического потока, а также внутренние и внешние эксергетические потери, рассчитанные по [10], составили эксергетический баланс теплотехнологической системы получения биодизельного топлива (таблица 2).

При построении эксергетической диаграммы Грассмана-Шаргута (рисунок 4) в качестве абсолютного эксергетического параметра использовалась эксергетическая мощность P_e , кДж/ч.

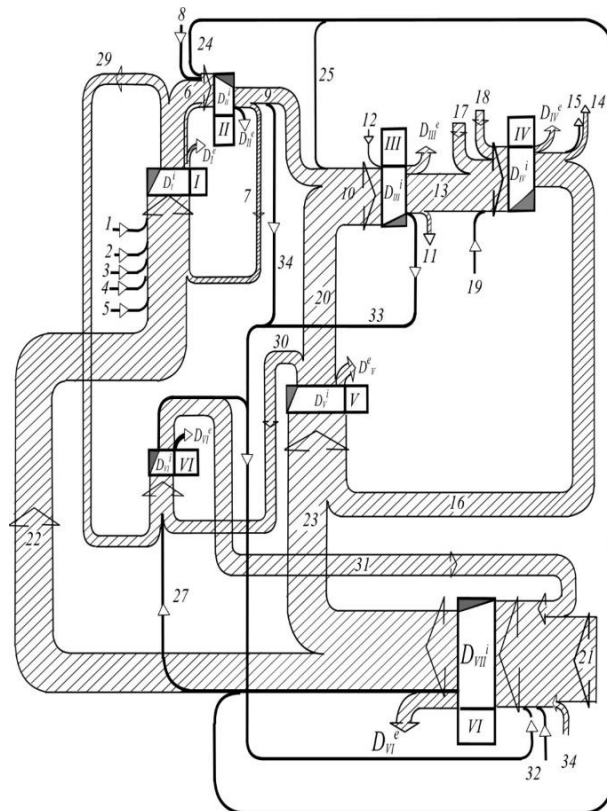


Рисунок 4. Эксергетическая диаграмма Грассмана-Шаргута

Figure 4. Exergetic diagram of Grassman-Szargut

Таблица 2.

Эксергия энергетических и материальных потоков

Table 2.

Exergy of energy and material flows

№	Наименование потока	Flow	E, кДж/ч
1	Спирт	Alcohol	0
2	Растительное масло	Vegetable oil	0
3	Электроэнергия насоса подачи спирта в реактор переэтерификации	Electricity of an alcohol feed pump in a transesterification reactor	7100
4	Электроэнергия насоса подачи масла в реактор переэтерификации	Electricity of the pump for oil supply to the transesterification reactor	7100
5	Электроэнергия привода мешалки	Electricity drive agitator	3420
6	Смесь спирта с растительным маслом	A mixture of alcohol with vegetable oil	31605
7	Сконденсированные пары избыточного (непрореагировавшего) спирта	Condensed vapors of excess (unreacted) alcohol	1287
8	Электроэнергия вакуум-насоса рециркуляции избыточного спирта	Electricity of excess alcohol recirculation vacuum pump	900
9	Биодизельная гомогенная смесь	Homogeneous biodiesel blend	28777
10	Биодизельная смесь с парами диоксида углерода	Carbon Dioxide Biodiesel Blend	32453
11	Глицерин	Glycerol	2601
12	Электроэнергия привода тарельчатого сепаратора	Electric energy of a disk separator drive	7920
13	Очищенное биодизельное топливо	Purified Biodiesel	7027
14	Вода	Water	900
15	Сжиженный диоксид углерода	Liquefied carbon dioxide	1273
16	Электроэнергия компрессора холодильного агрегата, затраченная на конденсацию паров диоксида углерода	Electricity of the compressor of the refrigeration unit spent on the condensation of carbon dioxide vapors	106576
17	Электроэнергия двухступенчатого компрессора в линии рециркуляции диоксида углерода	Electricity of a two-stage compressor in the line of recirculation of carbon dioxide	104400
18	Электроэнергия насоса рециркуляции диоксида углерода	Electricity carbon dioxide recirculation pump	29600
19	Сверхкритический диоксид углерода	Supercritical Carbon Dioxide	84400
20	Электроэнергия ТЭНов парогенератора ПЭТН	Electricity of heating elements of the steam generator PETN	245500
21	Высокопотенциальный пар, подаваемый в рубашку реактора	High-potential steam supplied to the reactor jacket	124400
22	Высокопотенциальный пар, подаваемый на нагрев сжиженного диоксида углерода	High-grade steam for heating liquefied carbon dioxide	123768
23	Электроэнергия насоса рециркуляции хладагента через холодоприемник ПЭТН	Electricity of the refrigerant recirculation pump through the PETN cold receiver	7200
24	Холодная вода на конденсацию паров избыточного спирта	Cold water to condense excess alcohol vapor	982
25	Холодная вода на охлаждение биодизельной эмульсии (через КПД испарителя ПЭТН)	Cold water for cooling the biodiesel emulsion (through the efficiency of the PETN evaporator)	994
26	Холодная вода на конденсацию отработанного пара	Cold water for condensation of exhaust steam	982
27	Отработанный пар после реактора	Waste steam after the reactor	6453
28	Отработанный пар после рекуперативного нагрева сжиженного диоксида углерода	Exhaust steam after regenerative heating of liquefied carbon dioxide	7238
29	Сконденсированный пар	Condensed steam	5476
30	Электроэнергия насоса подачи конденсата в парогенератор ПЭТН	Electricity of the condensate feed pump to the PETN steam generator	7200
31	Отработанная вода после конденсации паров избыточного спирта	Waste water after condensation of excess alcohol vapor	241
32	Отработанная вода после охлаждения биодизельной эмульсии	Waste water after cooling the biodiesel emulsion	252
33	Отработанная вода после конденсации отработанного пара	Waste water after condensation of waste steam	254

Заключение

Эксергетический анализ показал, что эксергетический КПД для технологии получения биодизельного топлива в сверхкритических условиях с применением ПЭХМ составляет 14,39 %, что на 4...5 % выше, чем у известных технологий [1, 2]. При переходе технологической системы в состояние равновесия с окружающей

средой эта часть энергии (14,39 %) полезным образом использована в термодинамических процессах предлагаемой технологии, что характеризует ее как теплотехнологическую систему с более высокой степенью термодинамического совершенства, достигнутой за счет организации замкнутых термодинамических циклов и использования отработанных теплоносителей.

Литература

- 1 Шевцов А.А., Бунин Е.С., Ткач В.В., Сердюкова Н.А. Эффективное внедрение парокомпрессионного теплового насоса в линию комплексной переработки семян масличных культур // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2018. № 1. С. 60–64.
- 2 Шевцов А.А., Тертычная Т.Н., Ткач В.В., Сердюкова Н.А. Энергосберегающая технология выделения белоксодержащих фракций из масличных семян с применением парозжекторного теплового насоса // *Вестник ВГУИТ*. 2019. № 2. С. 35–40.
- 3 Аникеев В.И., Яковлева Е.Ю. Переэтерификация рапсового масла в сверхкритическом метаноле в реакторе проточного типа // *Журнал физической химии*. 2012. Т. 86. № 11. С. 1766–1774.
- 4 Ильчибакиева Э.У., Филенко Д.Г., Барков А.В., Дадашев М.Н. Сверхкритическая переэтерификация рапсового масла // *Экология промышленного производства*. 2010. № 4. С. 66–69.
- 5 Дадашев М.Н. и др. Сверхкритическая флюидная экстракция – технология XXI века // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2005. № 1. С. 15–16.
- 6 Касьянов Г.И., Стасьева О.Н., Латин Н.Н. До- и сверхкритическая экстракция: достоинства и недостатки // *Пищевая промышленность*. 2005. № 1. С. 36–39.
- 7 Ивахнов А.Д. и др. Получение рапсового масла экстракцией сверхкритическим диоксидом углерода // *Химия растительного сырья*. 2013. № 3. С. 137–141.
- 8 Бродянский В.М., Фратшер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения. М.: Энергоатомиздат, 1988. 287 с.
- 9 Chaudhary V., Gakkhar R. Exergy based performance comparison of DI diesel engine fuelled with WCO15 and NEEM15 biodiesel // *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 2019. P. e13363.
- 10 Aghbashlo M. et al. Exergy-based sustainability analysis of biodiesel production and combustion processes // *Biodiesel*. 2019. P. 193–217.
- 11 Jannatkah J., Najafi B., Ghaebi H. Energy and exergy analysis of combined ORC–ERC system for biodiesel-fed diesel engine waste heat recovery // *Energy Conversion and Management*. 2020. V. 209. P. 112658.

References

- 1 Shevtsov A.A., Bunin E.S., Tkach V.V., Serdyukova N.A. Effective implementation of a vapor compression heat pump in a line for the integrated processing of oilseeds. Storage and processing of agricultural raw materials. 2018. no. 1. pp. 60–64. (in Russian).
- 2 Shevtsov A.A., Tertychnaya T.N., Tkach V.V., Serdyukova N.A. Energy-saving technology for the isolation of protein-containing fractions from oilseeds using a steam ejector heat pump. Proceedings of VSUET. 2019. no. 2. pp. 35–40. (in Russian).
- 3 Anikeev V.I., Yakovleva E.Yu. Transesterification of rapeseed oil in supercritical methanol in a flow type reactor. Journal of Physical Chemistry. 2012. vol. 86. no. 11. pp. 1766–1774. (in Russian).
- 4 Ilchibakieva E.U., Filenko D.G., Barkov A.V., Dadashev M.N. Supercritical transesterification of rapeseed oil. Ecology of industrial production. 2010. no. 4. pp. 66–69. (in Russian).
- 5 Dadashev M.N. et al. Supercritical fluid extraction - technology of the XXI century. Storage and processing of agricultural raw materials. 2005. no. 1. pp. 15–16. (in Russian).
- 6 Kasyanov G.I., Stasyeva O.N., Latin N.N. Pre- and supercritical extraction: advantages and disadvantages. Food Industry. 2005. no. 1. pp. 36–39. (in Russian).
- 7 Ivakhnov A.D. et al. Production of rapeseed oil by extraction with supercritical carbon dioxide. Chemistry of Plant Raw Materials. 2013. no. 3. pp. 137–141. (in Russian).
- 8 Brodyansky V.M., Fratscher V., Mikhalek K. Exergetic method and its applications. Moscow, Energoatomizdat, 1988. 287 p. (in Russian).
- 9 Chaudhary V., Gakkhar R. Exergy based performance comparison of DI diesel engine fuelled with WCO15 and NEEM15 biodiesel. Environmental Progress & Sustainable Energy. 2019. pp. e13363.
- 10 Aghbashlo M. et al. Exergy-based sustainability analysis of biodiesel production and combustion processes. Biodiesel. 2019. pp. 193–217.
- 11 Jannatkah J., Najafi B., Ghaebi H. Energy and exergy analysis of combined ORC–ERC system for biodiesel-fed diesel engine waste heat recovery. Energy Conversion and Management. 2020. vol. 209. pp. 112658.

Сведения об авторах

Александр Н. Остриков 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, oan@vsuet.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2335-0017>

Александр А. Шевцов д.т.н., профессор, кафедра 208 общепрофессиональных дисциплин, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия, shevalol@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5745-8301>

Information about authors

Alexander N. Ostrikov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, processes and devices of chemical and food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, oan@vsuet.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2335-0017>

Alexander A. Shevtsov Dr. Sci. (Engin.), professor, department of 208 general professional disciplines, Military Training and Scientific Center of the Air Force “Air Force Academy named after Professor N.Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina, Old Bolsheviks str., 54a, Voronezh, 394064, Russia, shevalol@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5745-8301>

Татьяна Н. Тертычная д.с.-х.н., профессор, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, tertychnaya777@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8185-3424>

Наталья А. Сердюкова старший преподаватель, кафедра 208 общепрофессиональных дисциплин, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия, nata29m@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9700-6825>

Вклад авторов

Все авторы принимали участие в написании статьи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Tatyana N. Tertychnaya Dr. Sci. (Agric.), technology for storage and processing of agricultural products department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, str. Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, tertychnaya777@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8185-3424>

Natalya A. Serdyukova senior lecturer, 208 general professional disciplines department, Military Training and Scientific Center of the Air Force “Air Force Academy named after Professor N.Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina, Old Bolsheviks str., 54a, Voronezh, 394064, Russia, nata29m@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9700-6825>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 05/02/2020	После редакции 17/02/2020	Принята в печать 25/02/2020
Received 05/02/2020	Accepted in revised 17/02/2020	Accepted 25/02/2020

Модель получения полимерных стабилизаторов композитов с заданным составом макромолекулы

Сергей С. Глазков ¹	glackov@mail.ru	 0000-0002-3457-6118
Дмитрий С. Глазков ¹	glazckov.mitia@ya.ru	 0000-0002-6116-3300
Владимир А. Козлов ¹	v.a.kozlov1@ya.ru	 0000-0003-0350-5066
Юрий Ф. Шутин ²	shurf7@mail.ru	 0000-0003-3100-9844

¹ Воронежский государственный технический университет, ул. 20-летия Октября, 84, г. Воронеж 394006, Россия

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

Аннотация. В работе предпринята попытка получения рабочей технологической формулы, регламентирующая добавку сомономера во времени, которая обеспечивает синтез макромолекулы сополимера с постоянным составом и соответственно с прогнозируемыми свойствами, как сополимера, так и модифицированных им пористых композиционных материалов. В основе математического моделирования лежит теория кинетики сополимеризации, учитывающая реакционную способность мономеров посредством констант сополимеризации реагирующих сомономеров. Исходной базой служила кинетика сополимеризации двух сомономеров, существенно отличающихся по своей реакционной способности, что требовало последовательную, ступенчатую подачу менее реакционноспособного мономера в реакционную среду с более активным мономером. Данный технологический прием способствует поддержанию постоянства исходного соотношения сомономеров и соответственно синтез сополимера с постоянным составом, структурой и свойствами. Зависимость последовательности подачи сомономера в реакционную среду потребовало введения обобщенного эффективного коэффициента скорости бинарной сополимеризации. Для нахождения обобщенного коэффициента скорости сополимеризации проведена операция логарифмирования и перевода текущего выражения зависимости изменения концентрации более активного мономера во времени в линейную форму. Данный математический прием позволил использовать программное обеспечение для обработки справочной информации получения необходимых коэффициентов для рабочей формулы. В результате математического моделирования с использованием основных положений бинарной сополимеризации, закона действующих масс, метода наименьших квадратов получена рабочая формула, позволяющая регламентировать заданное введение менее активного мономера в реакционную среду во времени. Модель проанализирована с использованием справочной информации, основных понятий бинарной сополимеризации и может быть использована в технологических расчетах при получении сополимеров заданными характеристиками по составу и структуре.

Ключевые слова: полимерный стабилизатор, бинарная сополимеризация, сополимер, композит, стабилизаторы композитов

A model for producing polymer stabilizers of composites with a given macromolecule composition

Sergey S. Glazkov ¹	glackov@mail.ru	 0000-0002-3457-6118
Dmitriy S. Glazkov ¹	glazckov.mitia@ya.ru	 0000-0002-6116-3300
Valdimir A. Kozlov ¹	v.a.kozlov1@ya.ru	 0000-0003-0350-5066
Yurij F. Shutilin ²	shurf7@mail.ru	 0000-0003-3100-9844

¹ Voronezh State Technical University, st. 20th Anniversary of October, 84, Voronezh, 394036, Russia

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

Abstract. An attempt has been made to obtain a working technological formula that regulates the addition of comonomer over time, which ensures the synthesis of a copolymer macromolecule with a constant composition and, accordingly, with predicted properties of both the copolymer and its modified porous composite materials. Mathematical modeling is based on the theory of the kinetics of copolymerization, which takes into account the reactivity of monomers by means of copolymerization constants of reacting comonomers. The starting base was the kinetics of the copolymerization of two comonomers, significantly differing in their reactivity, which required a sequential, stepwise supply of a less reactive monomer to the reaction medium with a more active monomer. This technological technique contributes to maintaining the constancy of the initial ratio of comonomers and, accordingly, the synthesis of a copolymer with a constant composition, structure and properties. The dependence of the sequence of supply of comonomer to the reaction medium required the introduction of a generalized effective binary copolymerization rate coefficient. To find the generalized coefficient of the copolymerization rate, the operation of logarithm was performed and the current expression of the dependence of the concentration change of the more active monomer in time in a linear form was translated. This mathematical technique made it possible to use software to process reference information to obtain the necessary coefficients for the working formula. As a result of mathematical modeling using the basic principles of binary copolymerization, the law of effective masses, and the least squares method, a working formula is obtained that allows one to regulate the given introduction of a less active monomer into the reaction medium in time. The model is analyzed using background information, the basic concepts of binary copolymerization and can be used in technological calculations when producing copolymers with specified characteristics in composition and structure.

Keywords: polymer stabilizer, binary copolymerization, copolymer, composite, stabilizer composites

Для цитирования

Глазков С.С., Глазков Д.С., Козлов В.А., Шутин Ю.Ф. Модель получения полимерных стабилизаторов композитов с заданным составом макромолекулы // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 262–266. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-262-266

For citation

Glazkov S.S., Glazkov D.S., Kozlov V.A., Shutilin Yu.F. A model for producing polymer stabilizers of composites with a given macromolecule composition. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 262–266. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-262-266

Введение

Кинетические закономерности бинарной сополимеризации хорошо изучены и представлены широким спектром информационной справочной литературы [1, 2]. Согласно данной информации мгновенный состав сополимера в условиях радикальной сополимеризации зависит от исходного соотношения, концентрации вступающих в реакцию мономеров и их соотношения, различной реакционной способностью, количественно связанной с константами сополимеризации [3, 4]. Существенная разница в реакционной способности мономеров приводит к образованию неоднородных по молекулярным массам и составу макромолекул сополимеров. Это приводит к низкой вероятности достоверного прогноза о возможностях таких сополимеров в составах различных композиционных материалов, поскольку свойства усредненных, но значимо отличных по составу и структуре сополимеров будут изменяться в широком диапазоне [5, 6]. Поэтому целью настоящей работы являлось получения рабочей технологической формулы, регламентирующая добавку сомономера во времени, которая обеспечивает синтез макромолекулы сополимера с постоянным составом и соответственно с прогнозируемыми свойствами, как сополимера, так и модифицированных им пористых композиционных материалов.

Методы

В основу математического моделирования положена теория кинетики сополимеризации, учитывающая реакционную способность мономеров посредством констант сополимеризации реагирующих сомономеров. Исходной базой служила кинетика сополимеризации двух сомономеров, существенно отличающихся по своей реакционной способности, что требовало последовательную, ступенчатую подачу менее реакционноспособного мономера в реакционную среду с более активным мономером [7].

Результаты и обсуждение

Исходным выражением (1) послужило соотношение концентраций реагирующих мономеров в виде постоянной величины:

$$\frac{c_{M_1}}{c_{M_2}} = \text{const} = x. \quad (1)$$

Уравнение (1) можно преобразовать в равенство (2), рассматривая отношение концентраций реагирующих мономеров в составе образующегося сополимера в следующем виде:

$$\frac{c_{M_1n}}{c_{M_2n}} = x \frac{r_1 x + 1}{r_2 + x}. \quad (2)$$

Рассмотренные два выражения образуются как следствия теории сополимеризации [8], учитывающей реакционную способность каждого мономера с помощью констант сополимеризации (r).

Уменьшение концентрации реагирующего мономера в условиях радикального синтеза можно представить в виде дифференциального уравнения с учетом закона действующих масс [9]

$$-\frac{dc_{M_2}}{dt} = k_{\text{эф}} c_{M_2},$$

где $k_{\text{эф}}$ – константа скорости сополимеризации, учитывающая константы сополимеризации каждого мономера

Далее проводим операцию интегрирования, что позволяет получить уравнение для изменяющейся во времени концентрации мономера M_2 в реакционной смеси согласно экспоненциальному закону [10]:

$$c_{M_2} = c_{M_2}^0 e^{-k_{\text{эф}} t}, \quad (3)$$

используя конечные условия интегрирования $c_{M_2}^0 = c_{M_2} \big|_{t=0}$, где $c_{M_2}^0$ – концентрация второго сомономера в начальный момент времени.

Для получения зависимости между концентрациями реагирующих мономеров в условиях радикальной сополимеризации воспользуемся ранее рассмотренными уравнениями и получим необходимое выражение в следующем виде, которое учитывает соотношение сомономеров

$$c_{M_1} = x c_{M_2} = x c_{M_2}^0 e^{-k_{\text{эф}} t}.$$

Воспользуемся условиями материального баланса, чтобы выразить концентрацию второго, менее реакционноспособного мономера M_2 (c_{M_2n}) в полимере которую можно представить в виде следующего равенства

$$c_{M_2n} = c_{M_2}^0 - c_{M_2}. \quad (4)$$

Из уравнения (4) можно заключить, что уменьшение содержания второго мономера M_2 в реакционной массе означает увеличение его в составе сополимера.

Воспользуемся выражением (3), согласно которому можно записать

$$c_{M_2n} = c_{M_2}^0 (1 - e^{-k_{\text{эф}} t}) \quad (5)$$

Очевидно также, что $c_{M_2} + c_{M_2n} = c_{M_2}^0$.

Это следует из характера физического явления и определяется графическими зависимостями, представленными на рисунке 1, аналитической основой для которых являются выражения (3) и (5).

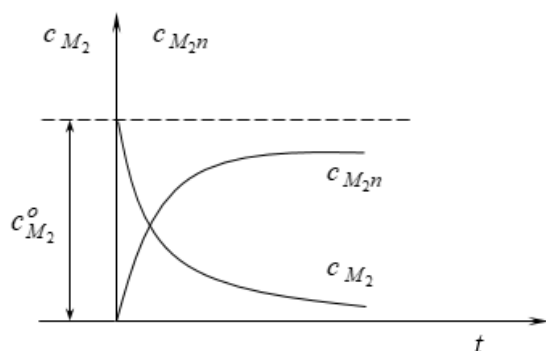


Рисунок 1. Кинетические кривые процесса сополимеризации

Figure 1. Kinetic curves of the copolymerization process

Установим зависимость между содержанием первого мономера в составе сополимера M_1 (c_{M_1n}) и исходной концентрацией второго мономера в реакционной массе для чего воспользуемся уравнениями (2) и (5)

$$c_{M_1n} = x \frac{r_1 x + 1}{r_2 + x} c_{M_2}^0 (1 - e^{-k_{\text{эф}} t}). \quad (6)$$

Подобное уравнение можно использовать и для второго менее активного мономера M_2 .

Необходимо выразить общее содержание первого мономера M_1 ($\sum c_{M_1}$) в реакционной массе и в составе сополимера, что будет соответствовать выражению (7): которое определится его концентрацией в полимеризующейся системе и сополимере:

$$\sum c_{M_1} = c_{M_1} + c_{M_1n}. \quad (7)$$

Откуда логично вытекает соотношение (8),

$$\Delta c_{M_1} = \sum c_{M_1} - c_{M_1}^0 \quad (8)$$

которое принципиально выражает условие поддержания постоянства соотношения сомономеров в реакционной массе ($x = \text{const}$) путем введения определенного количества первого более активного мономера M_1 в реактор. Данный технологический прием способствует образованию макромолекулы сополимера с более стабильным составом и структурой (структуру по составу) [11].

Далее необходимо выразить функциональную зависимость введения определенной концентрации первого мономера Δc_{M_1} во времени t .

$$\Delta c_{M_1} = \varphi(t).$$

На основе выше полученных уравнений можно необходимую функциональную зависимость представить следующим образом

$$\begin{aligned} \Delta c_{M_1} = & x c_{M_2}^0 e^{-k_{\text{эф}} t} + \\ & + x c_{M_2}^0 \frac{r_1 x + 1}{r_2 + x} (1 - e^{-k_{\text{эф}} t}) - x c_{M_2}^0. \end{aligned}$$

Последнее выражение несколько изменим, приводя к более лаконичному виду путем работы с одноименными членами ($x c_{M_2}^0$) и квадратными скобками:

$$\Delta c_{M_1} = x c_{M_2}^0 \left[\left(\frac{r_1 x + 1}{r_2 + x} - 1 \right) (1 - e^{-k_{\text{эф}} t}) \right] \quad (9)$$

Выражение (9) устанавливает закономерность введения в реакционную массу активного первого мономера M_1 , что обеспечивает образование более стабильного по составу и структуре сополимера [12].

Последнее выражение (9) приведем в более удобную для технологии форму, которая требует определения общей константы скорости радикальной сополимеризации $k_{\text{эф}}$ в условиях бинарных систем. При этом необходимо использование либо справочной информации или экспериментальное определение констант сополимеризации для каждого мономера бинарной системы. Целесообразно также определять оптимальные соотношения мономеров, обеспечивающие получение сополимеров с заданными составом и структурой.

Для нахождения $k_{\text{эф}}$ подвергнем выражение (3) операции логарифмирования [13], что позволяет получить уравнение (10):

$$\ln c_{M_2} = \ln c_{M_2}^0 - k_{\text{эф}} \cdot t. \quad (10)$$

Уравнение (10) преобразуем к виду (11), которое удобно обрабатывать методом наименьших квадратов [14] для нахождения требуемых коэффициентов:

$$y = a_0 - k_{\text{эф}} \cdot t. \quad (11)$$

Для интересующих бинарных реакционных смесей мономеров можно использовать справочную информацию о величинах констант скорости или получать их экспериментальным путем. Для новых бинарных систем всю необходимую исходную информацию можно получить при экспериментальном изучении кинетики сополимеризации. Затем определяем требуемый состав сополимеров (x), исходную концентрацию менее активного второго мономера ($c_{M_2}^0$) необходимое время синтеза (t). Далее уравнение (9) позволяет рассчитать изменение концентрации первого более активного мономера (Δc_{M_1}) для получения сополимера с заданным составом и структурой.

Заключение

На базе основных положений теории кинетики бинарной сополимеризации, закона действующих масс и метода наименьших квадратов получена рабочая формула, определяющая зависимость дозировки менее активного сомономера во времени с учетом исходного содержания более активного сомономера, а также их констант сополимеризации.

Таким образом, используя текущее значение времени, экспериментальные или справочные величины констант сополимеризации, заданное соотношение сомономеров и начальное содержание более активного сомономера можно рассчитать последовательность введения менее активного сомономера

во времени. При этом предварительно рассчитывается эффективная константа кинетики сополимеризации на основе прологарифмированного промежуточного уравнения с использованием метода наименьших квадратов. По справочным данным была построена и проанализирована математическая модель с использованием основных понятий бинарной кинетики сополимеризации.

Компьютерная обработка полученных уравнений показала достоверность применения их в технологической практике синтеза сополимеров на основе сомономеров с существенной разницей в реакционной способности, для которых данная модель наиболее актуальна.

Литература

- 1 Янбеков М.С., Гиззатова Э.Р., Спивак С.И. Моделирование различных режимов поведения конверсии мономера в процессах радикальной полимеризации диенов // Труды Средневолжского математического общества. 2016. Т. 18. № 4. С. 159–167.
- 2 Адаменко Н.А., Агафонова Г.В., Фетисов А.В. Полимерные композиционные материалы. Волгоград: ВолГТУ, 2016. 96 с.
- 3 Аскадский А.А., Матсеевич Т.А. Новейшие разработки моделей и расчетных схем для количественного анализа физических свойств полимеров // Успехи физических наук. 2020. Т. 190. № 2. С. 190–210.
- 4 Gašparík M., Barčík Š., Borůvka V.I., Holeček T. Impact of thermal modification of spruce wood on screw direct withdrawal load resistance // Bioresources. 2015. № 11. P. 1790–1802.
- 5 Herold N., Grigsby W.J., Franich R.A., Pfriem A. Investigations of wood veneer during furfuryl alcohol modification using DMTA // Holz als Roh – und Werkstoff. 2015. № 9. P. 73–80.
- 6 Ansari F., Skrifvars M., Berglund L. Nanostructured biocomposites based on unsaturated polyester resin and a cellulose nanofiber network // Composites Science and Technology. 2015. № 9. P. 298–306.
- 7 Глазков С.С., Кукина О.Б., Барабаш Д.Е. Органоминеральный модификатор укрепленных цементом глинистых грунтов // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 1 (49). С. 56–64.
- 8 Глазков С.С. Стабилизация торцевой паркетной шашки с использованием эпоксидной смолы // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 7 (59). С. 57–65.
- 9 Braghioroli F.L., Cuña A., da Silva E.L., Amaral-Labat G. et al. The conversion of wood residues, using pilot-scale technologies, into porous activated biochars for supercapacitors // Journal of Porous Materials. 2019. doi: 10.1007/s10934-019-00823-w
- 10 Adawiah M.R.A., Zaidon A., Izreen F.N., Bakar E.S. et al. Addition of urea as formaldehyde scavenger for low molecular weight phenol formaldehyde treated compregwood // Journal of Tropical Forest Science. 2018. № 7. P. 1013–1022.
- 11 Ruponen J., Čermák P., Rhème M., Rautkari L. Reducing the moisture sensitivity of linear friction welded birch (*Betula pendula* L.) wood through thermal modification // Journal of Adhesion Science and Technology. 2016. № 8. P. 2461–2474.
- 12 Pereira M., Pereira J. Low-cost natural binder for particleboards production: study of manufacture conditions and stability // International Journal of Adhesion and Adhesives. 2019. V. 93. doi: 10.1016/j.ijadhadh. 2019.01.019
- 13 Кербер М.Л. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. Санкт-Петербург: ЦОП Профессия, 2018. 640 с.
- 14 Achilias D.S., Tsagakias I.S. Investigation of radical polymerization kinetics of poly (ethylene glycol) methacrylate hydrogels via DSC and mechanistic or isoconversional models // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2018. V. 134. № 2. P.1307–1315.

References

- 1 Yanbekov M.S., Gizzatova E.R., Spivak S.I. Modeling of different modes of behavior of monomer conversion in the processes of radical polymerization of dienes. Transactions of the Middle Volga Mathematical Society. 2016. vol. 18. no. 4. pp. 159–167. (in Russian).
- 2 Adamenko N.A., Agafonova G.V., Fetisov A.V. Polymer composite materials. Volgograd, VolgSTU, 2016. 96 p. (in Russian).
- 3 Askadsky A.A., Matseevich T.A. The latest development of models and calculation schemes for the quantitative analysis of the physical properties of polymers. Physics Uspekhi. 2020. vol. 190. no. 2. pp. 190–210. (in Russian).
- 4 Gašparík M., Barčík Š., Borůvka V.I., Holeček T. Impact of thermal modification of spruce wood on screw direct withdrawal load resistance. Bioresources. 2015. no. 11. pp. 1790–1802.
- 5 Herold N., Grigsby W.J., Franich R.A., Pfriem A. Investigations of wood veneer during furfuryl alcohol modification using DMTA. Holz als Roh – und Werkstoff. 2015. no. 9. pp. 73–80.
- 6 Ansari F., Skrifvars M., Berglund L. Nanostructured biocomposites based on unsaturated polyester resin and a cellulose nanofiber network. Composites Science and Technology. 2015. no. 9. pp. 298–306.
- 7 Glazkov S.S., Kukina O.B., Barabash D.E. Organomineral modifier of cement-reinforced clay soils. Scientific journal of construction and architecture. 2018. no. 1 (49). pp. 56–64. (in Russian).

- 8 Glazkov S.S. Stabilization of the end of a parquet block using epoxy resin. *Engineering-Construction Journal*. 2015. no. 7 (59). pp. 57–65. (in Russian).
- 9 Braghiroli F.L., Cuña A., da Silva E.L., Amaral-Labat G. et al. The conversion of wood residues, using pilot-scale technologies, into porous activated biochars for supercapacitors. *Journal of Porous Materials*. 2019. doi: 10.1007/s10934-019-00823w
- 10 Adawiah M.R.A., Zaidon A., Izreen F.N., Bakar E.S. et al. Addition of urea as formaldehyde scavenger for low molecular weight phenol formaldehyde treated compregwood. *Journal of Tropical Forest Science*. 2018. no. 7. pp. 1013–1022.
- 11 Ruponen J., Čermák P., Rhême M., Rautkari L. Reducing the moisture sensitivity of linear friction welded birch (*Betula pendula* L.) wood through thermal modification. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2016. no. 8. pp. 2461–2474.
- 12 Pereira M., Pereira J. Low-cost natural binder for particleboards production: study of manufacture conditions and stability. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2019. vol. 93. doi: 10.1016/j.ijadhadh.2019.01.019
- 13 Kerber M.L. Polymer composite materials: structure, properties, technology. St. Petersburg, TSOP Professiya, 2018. 640 p. (in Russian).
- 14 Achilias D.S., Tsagkalias I.S. Investigation of radical polymerization kinetics of poly (ethylene glycol) methacrylate hydrogels via DSC and mechanistic or isoconversional models. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2018. vol. 134. no. 2. pp. 1307–1315.

Сведения об авторах

Сергей С. Глазков д.т.н., профессор, кафедра химии и химической технологии материалов, Воронежский государственный технический университет, ул. 20-летия Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия, glazkov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3457-6118>

Дмитрий С. Глазков студент, строительный факультет, Воронежский государственный технический университет, ул. 20-летия Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия, glazkov.mitia@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6116-3300>

Владимир А. Козлов д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой, кафедра строительной механики, Воронежский государственный технический, ул. 20-летия Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия, v.a.kozlov1@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0350-5066>

Юрий Ф. Шутин д.т.н., профессор, кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, shurf7@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3100-9844>

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

Sergey S. Glazkov Dr. Sci. (Engin.), professor, chemistry and chemical technology of materials department, Voronezh State Technical University, st. 20-letiya Oktyabrya, 84, Voronezh, 394006, Russia, glazkov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3457-6118>

Dmitriy S. Glazkov student, Faculty of Civil Engineering, Voronezh State Technical University, st. 20-letiya Oktyabrya, 84, Voronezh, 394006, Russia, glazkov.mitia@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6116-3300>

Valdimir A. Kozlov Dr. Sci. (Phys.-Math.), professor, head of department, building mechanics department, Voronezh State Technical University, st. 20-letiya Oktyabrya, 84, Voronezh, 394006, Russia, v.a.kozlov1@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0350-5066>

Yuriy F. Shutin Dr. Sci. (Engin.), technology of organic compounds, polymer processing and technosphere safety department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution av., 19, Voronezh, 394036, Russia, shurf7@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3100-9844>

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 13/02/2020	После редакции 21/02/2020	Принята в печать 02/03/2020
Received 13/02/2020	Accepted in revised 21/02/2020	Accepted 02/03/2020

Применение углеродных нанотрубок для создания материалов поглощающих электромагнитное излучение и электродов суперконденсаторов

Александр В. Щегольков	¹	Energynano@yandex.ru	 0000-0002-4317-0689
Алексей В. Щегольков	¹	alex5000@mail.ru	 0000-0002-1838-3842
Фадеев Ф. Комаров	¹	komarovF@bsu.by	 0000-0001-8292-8942
Иван Д. Парафимович	²	parfimovich@bsu.by	 0000-0002-5922-6333
Олег О. Мильчанин	²	milchanin@bsu.by	
Александр В. Кобелев	¹	kobele77@rambler.ru	 0000-0002-1811-9988

¹ Тамбовский государственный технический университет ул. Советская, 106, г. Тамбов, 392000, Россия

² Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко, ул. Курчатова 7, г. Минск, 220045, Беларусь

Аннотация. Углеродные нанотрубки являются эффективными наномодификаторами – обеспечивающими формирование разнообразных тепло и электрофизических свойств в композитных материалах. Функциональное назначение композитных материалов определяет тип и концентрацию углеродных наноструктур. Применение углеродных наноструктур в полимерных композитах, предназначенных для электромагнитного экранирования и электродных материалов суперконденсаторов, является перспективным направлением в современном материаловедении. Методика изготовления радиопоглощающего композитного материала включала пропитку пенополиуретановой заготовки – водной композитной суспензией, состоящей из воды, акрилового сополимера, включавшей углеродных нанотрубок «Таунит-МД». Структурные исследования образцов углеродных нанотрубок проводилось с использованием метода просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии. Для этого ПЭМ и СЭМ исследования проводились с использованием электронного микроскопа Hitachi H-800 с ускоряющим напряжением до 200 кВ. Для проведения исследований из углеродных материалов были изготовлены электроды площадью 2 см². Активная масса готовилась из углеродного материала и связующего, поливинилдендифторида. Представлены ПЭМ и СЭМ микрофотографии для образцов углеродных нанотрубок с коммерческим названием «Таунит-М». В этом случае углеродных нанотрубок характеризуются меньшими толщинами в диапазоне 10-20 нм с преимущественным средним размером – 12-15 нм. Структура трубок сильно дефектна. Толщина трубок меняется на отдельных участках (не превышающих сотен нм) более чем в 2 раза. Углеродных нанотрубки имеют неправильную форму – присутствуют отороски, изгибы. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что демонстрируемая пирамидальным РПМ характеристика отраженного ЭМИ сигнала близка по своим значениям аналогичной характеристике свободного пространства. При этом, по сравнению со свободным пространством, отмечается небольшое ослабление (3-4) дБ коэффициента отражения. Углеродных нанотрубки МД имеет характеристики, превышающие углеродную ткань «бусофит» по удельной массовой емкости, но уступающей ему по удельной поверхностной емкости. Кроме того это преимущество полностью исчезает при высоких плотностях тока, что может быть следствием закрытой макроструктуры и требует дальнейшей оптимизации технологии изготовления электродов

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, полиуретан, наномодифицирование, суперконденсатор, электроды

The use of carbon nanotubes to create materials that absorb electromagnetic radiation and electrodes of supercapacitors

Alexandr V. Shchegolkov	¹	Energynano@yandex.ru	 0000-0002-4317-0689
Aleksei V. Shchegolkov	¹	alex5000@mail.ru	 0000-0002-1838-3842
Fadey F. Komarov	¹	komarovF@bsu.by	 0000-0001-8292-8942
Ivan D. Parafimovich	²	parfimovich@bsu.by	 0000-0002-5922-6333
Oleg O. Milchanin	²	milchanin@bsu.by	
Alexander V. Kobelev	¹	kobele77@rambler.ru	 0000-0002-1811-9988

¹ Tambov State Technical University Sovetskaya street, 106, Tambov, 392000, Russia

² Institute of Applied Physical Problems named after A.N. Sevchenko, st. Kurchatov 7, Minsk, 220045, Belarus

Для цитирования

Щегольков А.В., Щегольков А.В., Комаров Ф.Ф., Парафимович И.Д., Мильчанин О.О., Кобелев А.В. Применение углеродных нанотрубок для создания материалов поглощающих электромагнитное излучение и электродов суперконденсаторов // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 267–272. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-267-272

For citation

Shchegolkov A.V., Shchegolkov A.V., Komarov F.F., Parafimovich I.D., Milchanin O.O., Kobelev A.V. The use of carbon nanotubes to create materials that absorb electromagnetic radiation and electrodes of supercapacitors. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 267–272. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-267-272

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

Abstract. Carbon nanotubes are effective nanomodifiers – providing the formation of a variety of thermal and electrophysical properties in composite materials. The functional purpose of composite materials determines the type and concentration of carbon nanostructures. The use of carbon nanostructures in polymer composites intended for electromagnetic shielding and electrode materials of supercapacitors is a promising direction in modern materials science. The method of manufacturing a radio-absorbing composite material included impregnation of a polyurethane foam billet – an aqueous composite suspension consisting of water, an acrylic copolymer, and carbon nanotubes "Taunit-MD". Structural studies of carbon nanotube samples were performed using transmission and scanning electron microscopy. To do this, PAM and SAM studies were performed using a HitachiH-800 electron microscope with an accelerating voltage of up to 200 Kev. For research purposes, electrodes with an area of 2 cm² were made from carbon materials. Active mass was prepared from a carbon material and a binder, polyvinilidenfluorid. Show PEM and SAM micrographs for samples of carbon nanotubes with the commercial name "Taunit-M". In this case, carbon nanotubes are characterized by smaller thicknesses in the range of 10-20 nm with a preferred average size of 12-15 nm. The structure of the tubes is very defective. The thickness of the tubes varies in some areas (not exceeding hundreds of nm) by more than 2 times. Carbon nanotubes have an irregular shape-there are processes, bends. The analysis of the obtained results allows us to conclude that the characteristic of the reflected EMI signal demonstrated by the pyramidal RPM is close in its values to that of the free space. At the same time, in comparison with the free space, there is a slight weakening (3-4) dB of the reflection coefficient. Carbon nanotubes MD has characteristics that exceed the carbon fabric "busofit" in terms of specific mass capacity, but inferior to it in terms of specific surface capacity. In addition, this advantage completely disappears at high current densities, which may be the result of a closed macrostructure and requires further optimization of the electrode manufacturing technology

Keywords: carbon nanotubes, polyurethane, nanomodification, supercapacitor, electrodes

Введение

Углеродные нанотрубки являются эффективными наномодификаторами – обеспечивающими формирование разнообразных тепло и электрофизических свойств в композитных материалах. Функциональное назначение композитных материалов определяет тип и концентрацию углеродных наноструктур. Применение углеродных наноструктур в полимерных композитах, предназначенных для электромагнитного экранирования и электродных материалов суперконденсаторов, является перспективным направлением в современном материаловедении.

Рассматривая применение углеродных нанотрубок в рамках создания поглощающих электромагнитное излучение материалах следует учитывать, что наиболее эффективными для экранирования при известной частоте являются частицы наполнителя размером от $\lambda/4$ до $\lambda/2$, где λ – длина волны поглощаемого излучения. Также следует учитывать влияние толщины материала. В работе [1] показано, что эффективными радиопоглощающими свойствами при прочих равных условиях будет обладать материал толщиной – $\lambda/20$ [2].

Радиопоглощающие покрытия пирамидального (РПП) типа широко используются на практике при построении высококачественных широкополосных безэховых камер [3]. В качестве радиопоглощающих материалов в составе таких покрытий используются: пенополиуретан, вспененный полистирол, полимерные пленки с металлическим покрытием и т. д. Наиболее технологичным в производстве и эксплуатации является пенополиуретан. Поглощение электромагнитного излучения в материале обеспечивается углеродосодержащей пропиткой.

Для изготовления образца пирамидального РПП необходимо выполнить следующие этапы: определение геометрических параметров радиопоглощающего композита, выбор типа и

концентрации наполнителя для обеспечения необходимого уровня при однократном отражении.

Расчет количества переотражений осуществляется по следующему приближенному методу (рисунок 1) [4]. Расчет ведется для луча, испытавшего минимальное количество переотражений в полостях РПП. Это луч, точка первого отражения которого лежит в плоскости вершин пирамид:

$$h_2 = 2(H - h_1) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} / \left(\operatorname{tg} \theta_1 + \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right). \quad (1)$$

Дальнейшее вертикальное перемещение луча в полости РПП описывается:

$$h_n = 2 \left(H - \sum_{i=1}^n h_{i1} \right) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} / \left(\operatorname{tg} \theta_{n-1} + \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) \quad (2)$$

$$\text{где,} \quad \theta_{n-1} = \alpha(n-1) + \theta. \quad (3)$$

Условие выхода луча из поглощающей полости и определение количества переотражений N:

$$\sum_{i=1}^{N+1} h_n < 0. \quad (4)$$

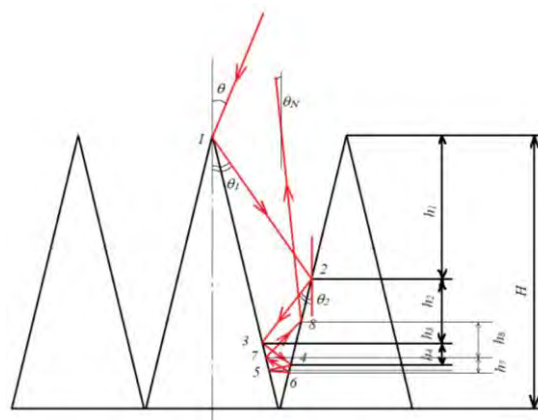


Рисунок 1. Расчет переотражений в полости пирамидальных РПП рассеивающего типа

Figure 1. Calculation of re-reflections in the cavity of pyramidal RPMS of the scattering type

Углеродные структуры и нанотрубки – придавая материалу функциональные свойства, также могут способствовать улучшению конструкционных характеристик, а именно механической прочности [5], стойкости к эрозионному износу [6] и повышению электропроводности [7, 8].

Для получения эффективных электродных материалов суперконденсаторов – активно используется комбинирование активированных углей с углеродными нанотрубками. В работе [9] приведены результаты исследований активированного углерода и углеродных нанотрубок в водных растворах различных солей, серной кислоте и щелочи. Авторы приходят к выводу об определяющей роли удельной поверхности электропроводности электролита в достижении высоких значений удельной емкости. Наибольшую электропроводность имеют щелочные электролиты. При плотности тока 1–2 А/г материал с удельной поверхностью 2400 м²/г в солевых, кислых и щелочном электролитах обладает емкостью 150–250 Ф/г, причем нижний предел относится к щелочным электролитам, верхний – к сульфиту натрия.

Двойнослойный суперконденсатор с электродами на основе углеродных нанотрубок в сернокислом электролите обеспечивает удельную емкость 115 Ф/г [10].

Целью настоящей работы состоит в применение углеродных нанотрубок для модификации композиционных материалов с радиопоглощающими свойствами и электродных материалов суперконденсаторов.

Материалы и методы

Радиопоглощающий материал формировался путем пропитки пенополиуретановой заготовки – водной композитной суспензией, состоящей из воды, акрилового сополимера, включавшей углеродных нанотрубок «Таунит-МД». Компоненты диспергировались при помощи ультразвукового гомогенизатора UP400St в течение 30 мин, при температуре, не превышающей 60 °С. Мощность ультразвука в течение всего процесса диспергирования постепенно повышалась до 80 Вт.

Исследование процессов взаимодействия электромагнитного излучения с радиопоглощающими материалами проводилось в диапазоне от 300 МГц до 40 ГГц с использованием векторного анализатора цепей N5290A Keysight Technologies (США).

Структурные исследования образцов нанотрубок проводилось с использованием метода просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии. Для этого ПЭМ и СЭМ исследования проводились с использованием электронного микроскопа Hitachi H-800 с ускоряющим напряжением до 200 кэВ.

Для проведения исследований из углеродных материалов были изготовлены электроды площадью 2 см². Активная масса готовилась из углеродного материала и связующего, поливинилдендифторида. Связующее вводили в электродную массу в виде 2% раствора, полученную суспензию подвергали ультразвуковой обработке в течение 20 мин, после чего наносили на коллектор тока и высушивали при температуре 100 °С в течение 40 мин.

В качестве электролита использовали раствор гидроксида натрия концентрации 2 моль/л.

Для исследования характеристик материалов применяли метод гальваностатического циклирования.

Для гальваностатических условий удельную (по массе активного материала) емкость, C_{ml} , Ф/г, рассчитывали как:

$$C_{ml} = \frac{I \cdot t_p}{\Delta E \cdot m},$$

где I – задаваемый ток разряда, t_p – время разряда, ΔE – диапазон потенциалов разрядной кривой, m – масса активного материала.

Удельную емкость (на единицу поверхности), C_{SI} , Ф/см² рассчитывали по аналогичной формуле:

$$C_{SI} = \frac{I \cdot t_p}{\Delta E \cdot S}.$$

Исследования проводили для УНТ-МД и углеродная ткань «бусофит».

Результаты

На рисунке 2 представлены ПЭМ микрофотографии для образцов МУНТ «Таунит-М» и «Таунит-МД». Из рисунка 2 следует, что МУНТ характеризуются меньшими толщинами в диапазоне 10–20 нм с преимущественным средним размером – от 12 до 15 нм. Структура трубок сильно дефектна. Толщина трубок меняется на отдельных участках (не превышающих сотен нм) более чем в 2 раза. Многие МУНТ имеют неправильную форму – присутствуют отростки, изгибы. В клубках трубок регистрируются и крупные частицы загрязнений (размерами до сотен нм) Переплетения нанотрубок в материале «Таунит-М» гораздо выше, чем наблюдалось для материала «Таунит». Однако в целом, структура массива углеродных нанотрубок схожа с материалом «Таунит».

На рисунке 3 представлены результаты исследования пирамидального РПМ на основе пенного полиуретана, акрилового сополимера и МУНТ «Таунит-МД» с массовой концентрацией 5 вес. %.

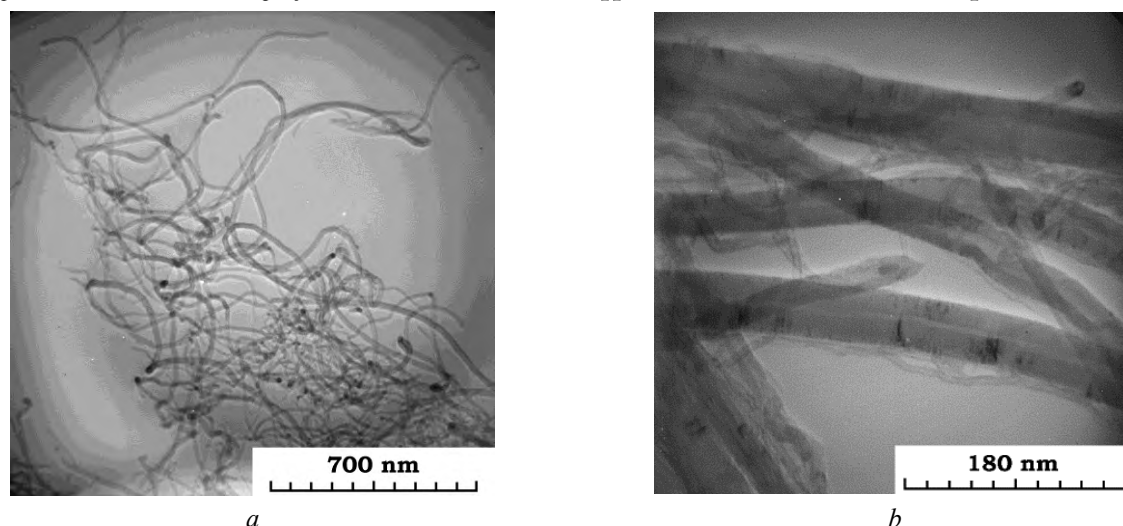


Рисунок 2. ПЭМ микрофотографии МУНТ: *a* – «Таунит-М»; *b* – «Таунит-МД»

Figure 2. TEM micrographs of MWNTs: *a* – “Taunit-M”; *b* – “Townit-MD”

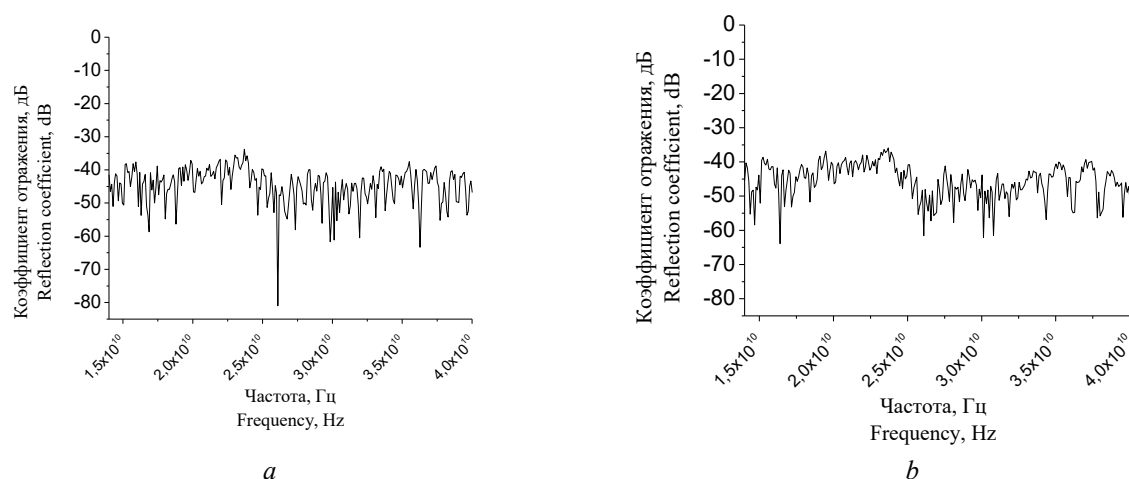


Рисунок 3. Частотная зависимость коэффициента отражения электромагнитного излучения для: *a* – свободного пространства; *b* – пирамидального радиопоглощающего материала

Figure 3. Frequency dependence of the reflection coefficient of electromagnetic radiation for: *a* – free space; *b* – pyramidal radio-absorbing material

В таблице 1 представлены характеристики исследованных материалов при гальваностатическом циклировании.

Таблица 1.

Характеристики исследованных материалов при гальваностатическом циклировании

Table 1.

Characteristics of the studied materials during galvanostatic Cycling

Электродный материал Electrode material	Удельная емкость при плотности тока, мА/см ² Specific capacitance at current density, mA/cm ²			
	2		5	
	Ф/г F/g	Ф/см ² F/cm ²	Ф/г F/g	Ф/см ² F/cm ²
Бусофит Busofit	16,4	0,41	19	0,35
УНТ-МД UNT-MD	32	0,16	22	0,11

Обсуждение

Анализ представленных на рисунке 3 результатов исследований позволяет сделать вывод о том, что демонстрируемая пирамидальным РПМ характеристика отраженного ЭМИ сигнала близка по своим значениям аналогичной характеристике свободного пространства. При этом, по сравнению со свободным пространством, отмечается небольшое ослабление (3–4) дБ коэффициента отражения.

Таким образом, на основе сформированного в работе материала могут быть изготовлены элементы безэховой камеры с рабочим диапазоном от 2 до 40 ГГц. УНТ-МД имеет характеристики, превышающие углеродную ткань «бусофит» по удельной массовой емкости, но уступающей ему по удельной поверхностной емкости.

Кроме того, это преимущество полностью исчезает при высоких плотностях тока, что может быть следствием закрытой макроструктуры и требует дальнейшей оптимизации технологии изготовления электродов (таблица 1).

Заключение

Применение углеродных нанотрубок позволяет получить, как радиопоглощающие материалы, так и электродные материалы для суперконденсаторов. В случае применения углеродных нанотрубок для электродов суперконденсаторов – им отводится роль вспомогательных

материалов – способных улучшить электропроводность и улучшение емкости. Применение углеродной ткани «бусофит» и углеродных нанотрубок, как комбинированного материала, может позволить улучшить электрофизические свойства и расширить диапазон эффективной работы.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-53-00032 Бел_а.

Литература

- 1 Уфимцев П.Я. Метод краевых волн в физической теории дифракции. М.: Советское радио, 1962. 243 с.
- 2 Розанов Н. Фундаментальное ограничение для ширины рабочего диапазона радиопоглощающих покрытий // Радиотехника и электроника. 1999. Т. 44. № 5. С. 526–530.
- 3 Мицмакер М.Ю., Торганов В.А. Безэховые камеры СВЧ. Москва: Радио и связь, 1982. 128 с.
- 4 Будай А.Г., Кныш В.П., Алешкевич Н.Н., Громыко А.В. и др. Структурная оптимизация радиопоглощающих покрытий пирамидального типа // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния: материалы международной научно-практической конференции. Минск: НИИ ПФП имени А.Н. Севченко, 2013. С. 130–132.
- 5 Chen J., Hutchings I.M., Deng T., Bradley M.S. et al. The effect of carbon nanotube orientation on erosive wear resistance of CNT-epoxy based composites // Carbon. 2014. V. 73. P. 421–431. doi: 10.1016/j.carbon.2014.02.083
- 6 Al-Saleh M.H., Al-Anid H.K., Hussain Y.A. CNT/ABS nanocomposites by solution processing: Proper dispersion and selective localization for low percolation threshold // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2013. V. 46. P. 53–59. doi: 10.1016/j.compositesa.2012.10.010
- 7 Bauhofer W., Kovacs J.Z. A review and analysis of electrical percolation in carbon nanotube polymer composites // Composites Science and Technology. 2009. V. 69. № 10. P. 1486–1498. doi: 10.1016/j.compscitech.2008.06.018
- 8 Bychanok D., Gorokhov G., Meisak D., Plyushch A. et al. Exploring Carbon Nanotubes/BaTiO₃/Fe₃O₄ Nanocomposites as Microwave Absorbers // Progress In Electromagnetics Research C. 2016. V. 66. P. 77–85. doi: 10.1109/ICEAA.2015.7297071
- 9 Lota K., Sierczynska A., Acznik I. Effect of aqueous electrolytes on electrochemical capacitor capacitance // Chemik. 2013. V. 67. № 11. P. 1138–1145.
- 10 Chen J.H., Li W.Z., Wang D.Z., Yang S.X. et al. Electrochemical characterization of carbon nanotubes as electrode in electrochemical double-layer capacitors // Carbon. 2002. V. 40. № 8. P. 1193–1197.

References

- 1 Ufimtsev P.Ya. The method of boundary waves in the physical theory of diffraction. Moscow, Sovetskoye radio, 1962. 243 p. (in Russian).
- 2 Rozanov N. Fundamental restriction for the width of the working range of radar absorbing coatings. Radio engineering and electronics. 1999. vol. 44. no. 5. pp. 526–530. (in Russian).
- 3 Mitsmakher M.Yu., Torganov V.A. Microwave anechoic chambers. Moscow, Radio i svyaz', 1982. 128 p. (in Russian).
- 4 Buday A.G., Knysh V.P., Aleshkevich N.N., Gromyko A.V. et al. Structural Optimization of Pyramidal Type Radar Absorbing Coatings. Applied Problems of Optics, Computer Science, Radiophysics and Condensed Matter Physics: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Minsk, NII PFP named after A.N. Sevchenko, 2013. pp. 130–132. (in Russian).
- 5 Chen J., Hutchings I.M., Deng T., Bradley M.S. et al. The effect of carbon nanotube orientation on erosive wear resistance of CNT-epoxy based composites. Carbon. 2014. vol. 73. pp. 421–431. doi: 10.1016/j.carbon.2014.02.083
- 6 Al-Saleh M.H., Al-Anid H.K., Hussain Y.A. CNT/ABS nanocomposites by solution processing: Proper dispersion and selective localization for low percolation threshold. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2013. vol. 46. pp. 53–59. doi: 10.1016/j.compositesa.2012.10.010
- 7 Bauhofer W., Kovacs J.Z. A review and analysis of electrical percolation in carbon nanotube polymer composites. Composites Science and Technology. 2009. vol. 69. no. 10. pp. 1486–1498. doi: 10.1016/j.compscitech.2008.06.018
- 8 Bychanok D., Gorokhov G., Meisak D., Plyushch A. et al. Exploring Carbon Nanotubes/BaTiO₃/Fe₃O₄ Nanocomposites as Microwave Absorbers. Progress In Electromagnetics Research C. 2016. vol. 66. pp. 77–85. doi: 10.1109/ICEAA.2015.7297071
- 9 Lota K., Sierczynska A., Acznik I. Effect of aqueous electrolytes on electrochemical capacitor capacitance. Chemik. 2013. vol. 67. no. 11. pp. 1138–1145.
- 10 Chen J.H., Li W.Z., Wang D.Z., Yang S.X. et al. Electrochemical characterization of carbon nanotubes as electrode in electrochemical double-layer capacitors. Carbon. 2002. vol. 40. no. 8. pp. 1193–1197.

Сведения об авторах

Александр В. Щегольков к.т.н., доцент, кафедра техники и технологий производства нанопроductов, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 392000, Россия, Energynano@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4317-0689>

Алексей В. Щегольков аспирант, кафедра техники и технологий производства нанопроductов, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 392000, Россия, alexxx5000@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1838-3842>

Фадеев Ф. Комаров д.ф.-м.н., профессор, лаборатория элионики, Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко, Курчатова, 7, г. Минск, 220045, Беларусь, komarovF@bsu.by

 <https://orcid.org/0000-0001-8292-8942>

Иван Д. Парафимович младший научный сотрудник, лаборатория элионики, Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко, Курчатова, 7, г. Минск, 220045, Беларусь, parfimovich@bsu.by

 <https://orcid.org/0000-0002-5922-6333>

Олег О. Мильчанин к.ф.-м.н., старший научный сотрудник, лаборатория элионики, Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко, Курчатова, 7, г. Минск, 220045, Беларусь, milchanin@bsu.by

Александр В. Кобелев к.т.н., доцент, кафедра электроэнергетики, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 392000, Россия, kobelev77@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1811-9988>

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

Alexandr V. Shchegolkov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technique and production technology of nanoproducts department, Tambov State Technical University, Technical University, Sovetskaya str., 106, Russia, Energynano@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4317-0689>

Aleksei V. Shchegolkov graduate student, technique and production technology of nanoproducts department, Tambov State Technical University, Tambov State Technical University, alexxx5000@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1838-3842>

Fadey F. Komarov Dr. Sci. (Phys.-Math.), professor, laboratory of elioniks, Institute of Applied Physical Problems, Kurchatova Av., 7, 220045, Belarus, komarovF@bsu.by

 <https://orcid.org/0000-0001-8292-8942>

Ivan D. Parafimovich junior researcher, laboratory of elioniks, Institute of Applied Physical Problems, Kurchatova Av., 7, 220045, Belarus, parfimovich@bsu.by

 <https://orcid.org/0000-0002-5922-6333>

Oleg O. Milchanin Cand. Sci. (Phys.-Math.), senior researcher, laboratory of elioniks, Institute of Applied Physical Problems, Kurchatova Av., 7, 220045, Belarus, milchanin@bsu.by

Alexander V. Kobelev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, electric power department, Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Russia, kobelev77@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1811-9988>

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 10/02/2020	После редакции 21/02/2020	Принята в печать 02/03/2020
Received 10/02/2020	Accepted in revised 21/02/2020	Accepted 02/03/2020

Экономика и управление

Economics and Management

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-1-273-280>

Оригинальная статья / Research article

УДК 360

Open Access

Available online at vestnik-vsuet.ru

Применение системного подхода в анализе процессов формирования и функционирования территориальных образований

Юрий А. Саликов¹ saural@rambler.ru  0000-0003-2211-1978
Наталья И. Кузьменко² diasku@mail.ru  0000-0002-3456-8097

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

2 Воронежский государственный педагогический университет, ул. Ленина, 86, г. Воронеж, 394024, Россия

Аннотация. Проблема обеспечения высоких темпов и уровня социально-экономического развития страны и её регионов обуславливает необходимость тщательного изучения и улучшения существующих подходов к функционированию и перспективному развитию территориальных образований. Как показывает ретроспективный анализ данного вопроса, в настоящее время, активно идет обсуждение научно-методических и практических положений, связанных с обеспечением социально-экономического развития регионов. Задача данного исследования состоит в теоретическом и методическом обосновании необходимости и возможности использования новой терминологической единицы территориальных образований в точки зрения системного подхода. В статье представлены результаты применения системного подхода к исследованию территориальных образований. В соответствии с требованиями и особенностями системного подхода обоснована необходимость выделения новой сентенции «региональная пространственная система» и выполнено описание её наиболее существенных характеристик. Рассмотрены системные аспекты региональной пространственной системы и их влияние на функционирование системы, определена группа приоритетных проблем развития, а также обоснованы направления исследования и применения региональной пространственной системы в целях обеспечения устойчивого социально-экономического развития регионов. Таким образом, выделенные авторами аспекты системного подхода применительно к анализируемому объекту исследования позволяют раскрыть содержательную сторону РПС и на основании этого проводить прогноз и планирование с целью обеспечения эффективного стратегического развития РПС в условиях современного динамичного и волатильного развития национальной экономики.

Ключевые слова: пространство, территория, регион, стратегическое развитие, система, системный подход, региональная система

Application of a systematic approach to the analysis of the processes of formation and functioning of territorial entities

Yuri A. Salikov¹ saural@rambler.ru  0000-0003-2211-1978
Natalia I. Kuzmenko² diasku@mail.ru  0000-0002-3456-8097

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

2 Voronezh State Pedagogical University, ul. Lenin, 86, Voronezh, 394024, Russia

Abstract. The problem of ensuring high rates and level of socio-economic development of the country and its regions necessitates a thorough study and improvement of existing approaches to the functioning and future development of territorial entities. As a retrospective analysis of this issue shows, at present, there is an active discussion of scientific, methodological and practical provisions related to ensuring the socio-economic development of the regions. The objective of this study is the theoretical and methodological justification of the need and the possibility of using a new terminological unit of territorial entities in terms of a systematic approach. The article presents the results of applying a systematic approach to the study of territorial entities. In accordance with the requirements and features of the systematic approach, the necessity of distinguishing a new maxim "regional spatial system" is substantiated and a description of its most essential characteristics is made. The systemic aspects of the regional spatial system and their impact on the functioning of the system are considered, a group of priority development problems is identified, and the research and application of the regional spatial system are justified in order to ensure sustainable socio-economic development of the regions. Thus, the aspects of a systematic approach highlighted by the authors as applied to the analyzed object of research make it possible to reveal the substantive side of the CPF and, based on this, carry out forecasting and planning in order to ensure the effective strategic development of CPF in the conditions of the modern dynamic and volatile development of the national economy.

Keywords: space, territory, region, strategic development, system, systems approach, regional system

Для цитирования

Саликов Ю.А., Кузьменко Н.И. Применение системного подхода в анализе процессов формирования и функционирования территориальных образований // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 273–280. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-273-280

For citation

Salikov Yu.A., Kuzmenko N.I. Application of a systematic approach to the analysis of the processes of formation and functioning of territorial entities. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 273–280. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-273-280

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

Введение

В настоящее время в научной литературе активно обсуждаются вопросы формирования территориальных образований, а также проблемы прогнозирования их стратегического развития. Актуальными являются вопросы обеспечения устойчивого социально-экономического развития территории. Для определения направлений социально-экономического развития территориальных образований необходимо учитывать характеристики территориальных единиц.

В этой связи применяются понятия «пространство», «территория», «регион». Данные категории рассматриваются с различных точек зрения и с использованием разнообразных подходов: географического, экономического, административно-правового. Как показал анализ библиографических источников по данному вопросу, наибольший вклад в изучение сущностных позиций указанных сентенций внесли: А.Г. Аганбегян, Э.Б. Алаев, У. Айзард, С.Н. Бабурин, Н.Н. Баранский, А. Вебер, Ю.Н. Гладкий, А.Г. Гранберг, Г.В. Гутман, Г.В., Игнатов, Р. Капелло, В. Кристаллер, Г.М. Лаппо, В.Н. Лексин, А. Леш, Н.Н. Некрасов, В.С. Немчинов, М. Портер, Е. Пробст, Б.А. Райзберг, Д. Рикардо, К. Ричтер, Ю.Г. Саушкин, А. Смит, М. Стрейт, Дж. Стюарт, С. Цамански, А.И. Чистобаев, Р.И. Шнипер, Р. Шулер и другие.

Учитывая эволюционные и сущностные особенности суждений отечественных и зарубежных авторов и принимая во внимание современные преобразования в пространственной организации, приходим к заключению, что в первую очередь в исследованиях использовалось понятие «пространство», определяемое, прежде всего, с точки зрения физико-географического характера. По мере роста научных изысканий постепенно учеными вводилась категория «территория», в содержании которой преимущественно также проявлялся физико-географический характер. В связи с развитием общества, формированием производственных связей, обеспечением социально-экономического развития территории специалистами сегодня достаточно часто применяется понятие «регион», в трактовке которого обнаруживается, главным образом, административно-правовой характер.

Однако, в современных тенденциях территориального развития невозможно рассматривать пространство без учета проявлений регионального институционального и экономического характера. В результате как в научно-методическом, так и в практическом отношении возникает неоднозначность, путанность и даже ошибочность при использовании терминов «территория», «пространство» и «регион», а также их производных.

В этой связи, на наш взгляд, более точно и адекватно суть рассматриваемого вопроса отражает другая таксономическая единица, которая не представлена в литературе – региональная пространственная система (РПС). В этой связи проблема обеспечения высоких темпов и уровня социально-экономического развития регионов обуславливает, по нашему мнению, настоятельную необходимость глубокого изучения региональных пространственных систем как наиболее перспективных производственно-территориальных и социально-экономических образований. В настоящее время, к сожалению, отсутствуют научно-обоснованные суждения по характеристике РПС, ее структурных составляющих и факторов, определяющих ее функционирование. Таким образом, решению данной проблемы призвано способствовать изучение возможностей обеспечения устойчивого и эффективного развития региона на основе исследования его региональной пространственной системы.

В настоящее время в научных работах все большую роль приобретают системные исследования и применение системного подхода к пониманию сути разного рода явлений в многоаспектных областях знаний. В изучении процессов формирования и развития территориальных образований, характеризующихся сложностью и множеством структурных составляющих и их взаимосвязей, как показывает исследовательский опыт, целесообразным является использование системного подхода.

Эволюционно базовые положения системного подхода изучения объектов мира и процессов познания стали формироваться еще в античной философии (Платон, Аристотель и др.), своё дальнейшее широкое развитие они получили в философии нового времени (Кант, Шеллинг и др.). Карл Маркс применил системный подход к экономической структуре капиталистического общества. Элементы системного анализа использовал Ч. Дарвин в теории биологической эволюции о реальности надорганизменных уровней организации жизни. Однако более детальной проблематикой общих подходов к теории систем и практического применения подхода занимались как отечественные, так и зарубежные исследователи с начала XIX века. При этом наибольший вклад внесли учёные Р. Акоф, И.В. Блауберг, Л. фон Берталанфи, Г.Ч. Браун, А.А. Богданов, Г. Греневский, Л. Заде, А.А. Зиновьев, О. Ланге, А.Б. Новиков, М. Селларс, Р.Р. Месарович, У. Росс Эшби, А.И. Уемов, В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин и другие.

Центральное место в системном подходе занимает дефиниция «система». Несмотря на множество подходов к сущностной трактовке данного понятия (например, Садовский В.Н.

предложил более 40 определений категории «система») можно согласиться с мнением ряда специалистов (Н. Стефанова, К. Симеонова, К. Костова, С. Качаунов и др.), что «системный подход пока еще не имеет сформулированных общих принципов и собственного лица». В связи с чем, во-первых, необходимо в дальнейшем изучать теорию и методологию системного подхода и системного анализа, во-вторых, проводить исследование в рамках применения системного подхода во многих аспектах социально-экономической деятельности.

Несмотря на большое разнообразие представленных в научной литературе подходов по определению категории «система», следует отметить важный обобщающий факт в мнениях различных специалистов о том, что система, прежде всего, представлена совокупностью элементов, находящихся в тесной взаимосвязи, причем компоненты (элементы) системы активно взаимодействуют друг с другом для достижения общей цели и обладают определенными специфическими свойствами.

Многогранность и разнообразие объективного мира являются основой для выделения широкого спектра систем. Качественная специфика и различия этих систем затрудняют формулирование общего определения. Однако ряд авторов предлагают взаимодействие множества частей, элементов, которые при объединении определяют сущностную сторону системы. Разные авторы исторически выделяли как близкие, так и различные понятия, аспекты системного подхода.

Например, В.С. Тютин определяет следующие составляющие элементы системно-структурного подхода:

- система;
- системообразующие связи и отношения;
- организация и структура;
- максимальные и минимальные значения переменных системы;
- характер связи подсистем, иерархических уровней внутри системы, сочетание взаимозависимости и относительной независимости;
- относительность, или потенциальная эквивалентность понятий «компонент» и «система» (и соответственно понятий «элемент» и «структура»).

Влауберг И.В., Юдин Э.Г. выдвигают восемь важнейших с их точки зрения понятий и принципов системного исследования:

- целостность;
- связь;
- структура и организация;
- уровни системы и их иерархия;
- управление;
- цель и целесообразное поведение системы;

- функционирование и развитие систем;
- самоорганизация системы.

Таким образом, предложения И.В. Влауберга и Э.Г. Юдина имеют дополнительные характеристики в отличие от выделенных положений В.С. Тютина. Они добавляют существенные элементы, такие как цель, саморазвитие и функциональность.

Кроме того, среди специфических составляющих элементов системного подхода В.Н. Садовский выделяет группы понятий, характеризующих описание внутреннего строения системы, классов систем и специфических особенностей различных классов, функционирование системных объектов, их развитие и процесс конструирования искусственных систем. К существенным В.Н. Садовский относит понятия:

- системы (и идею системности),
- связи,
- отношения,
- элементы,
- структура,
- иерархическое строение; а для многих видов систем – управления, цели, целесообразности.

Как видно из данного перечня, суждения В.Н. Садовского во многом схожи с выше описанными положениями И.В. Влауберга и Э.Г. Юдина.

В концепции Р. Жерара центральное место занимает понятие живая система. Для данной системы он приписывает три аспекта: структуру, функцию, историю. Выделенные аспекты Р. Жерара немногочисленны, но взаимосвязаны с вышеупомянутыми понятиями других авторов.

Афанасьев В.Г. называет ряд ведущих признаков, посредством которых системы могут быть описаны как целостные образования:

- наличие интегративных качеств (системность), т. е. таких качеств, которыми не обладает ни один из отдельно взятых элементов, образующих систему;
- наличие составных элементов, компонентов, частей, из которых образуется система;
- наличие структуры, т. е. определенных связей и отношений между частями и элементами;
- наличие функциональных характеристик системы в целом и отдельных ее компонентов;
- наличие коммуникативных свойств системы, проявляемых в двух формах: в форме взаимодействия со средой и в форме взаимодействия данной системы с суб- и суперсистемами (метасистемами), т. е. системами более низкого или высокого порядка, по отношению к которым она выступает как часть (подсистема) или как целое;
- историчность, преемственность или связь прошлого, настоящего и будущего в системе и в ее компонентах.

Из вышеуказанных перечислений В.Г. Афанасьева следует, что он является сторонником воззрений И.В. Влауберга, Э.Г. Юдина, В.С. Тюхтина, В.Н. Садовского. По многим положениям составляющих элементов системного подхода В.Г. Афанасьев солидарен с предыдущими мнениями авторов, однако наряду со схожими аспектами он выделяет и дополнительные – коммуникативные свойства системы и преемственность.

Репин С.А., Циринг Р.А. считают, что системный подход опирается и раскрывается в следующих семи постулатах:

- всякий предмет, всякое явление рассматривается как некая система. Системный подход выступает как методология управления системами, поскольку системы либо управляются извне, либо самоуправляемы, либо управляемы по смешанному типу;

- всякая система трактуется как элемент более общей системы (метасистемы). Выход к метасистеме осуществляется при функционировании системы, в ходе реализации ее внешних связей;

- всякая система развивается. От стадии зарождения, через стадии становления и зрелости она переходит к своему преобразованию. Полнее всего все закономерности, присущие системе и все ее функции проявляются, когда она становится зрелой;

- для зарождения и развития всякой системы существуют объективные основания. В образовании это социальный заказ и изначальное состояние той части реальности, которое развивается в целостную систему (состояние системы-предтечи);

- всякой системе присущ генетический аспект (она развивается). Когда стадия зрелости пройдена, в системе начинают назревать противоречия. Она уже не так полноценно выполняет свои функции и постепенно отмирает;

- всякая система может быть использована во благо человеку. Здесь есть вторая сторона. Человек должен сосуществовать с системами, не нарушая их свойств и не мешая исполнению ими их функций. В противном случае, разрушающаяся система может оказаться бесполезной и даже очень опасной для людей;

- в системном подходе основополагающими методами деятельности служат индукция и синтез [1].

Репин С.А., Циринг Р.А. акцентируют свое внимание больше на состоянии и развитие системы. Они не описывают, выделенные ранее специалистами такие составляющие как цель, функции, коммуникации, структура, историчность.

Таким образом, выявленные предложения различных авторов позволяют прийти к заключению, что, во-первых, в историческом аспекте ученые постепенно дополняли составляющие системного подхода, во-вторых, не возникало ярких дискуссионных положений в обосновании раскрытии аспектов системного подхода, напротив, по многим позициям мнения носят тождественных характер.

Учитывая вышеизложенное заключаем, что в практическом использовании системного подхода, желательным выступает учет следующих его выстроенных аспектов:

- системно-целевой, означающий необходимость научного определения целей и подцелей системы, их взаимной увязки между собой;

- системно-функциональный, предполагающий выявление функций, для выполнения которых созданы и существуют соответствующие системы;

- системно-ресурсный, заключающийся в скрупулезном выявлении ресурсов, требующихся для функционирования системы;

- системно-коммуникационный, обозначающий нужность и важность выявления внешних связей данной системы с другими;

- системно-элементный, состоящий в раскрытии элементов, составляющих данную систему;

- системно-исторический, позволяющий выяснить условия во времени возникновения исследуемой системы, пройденные ею этапы, современное состояние, а также значимость результатов функционирования системы для прогноза ее развития.

- системно-интеграционный, состоящий в определении совокупности качественных свойств системы, обеспечивающих её целостность и особенность.

Обсуждение

Системный подход применим во многих областях исследования, соответственно, его реализация возможна в построении территориальных систем. В современном дискурсе представлено широкое разнообразие подходов к содержательной стороне таких дефиниций как «пространство», «территория», «регион» [2–10]. Однако в современных исследованиях применение этих понятий часто имеет неточный или ошибочный характер, в связи с чем считаем необходимым и обоснованным введение в научный оборот новой категории – «региональная пространственная система» (РПС).

Данная категория предполагает наличие и институционально-организационное расположение определенной совокупности взаимосвязанных элементов и комплекс корректируемых в соответствии с целевой направленностью динамических и активных взаимосвязей и взаимодействий,

а также наличие внешних и внутренних факторов, приводящих к инновационным социально-экономическим преобразованиям на основе формирования, использования и развития ресурсного (прежде всего, человеческого) потенциала с учётом необходимости регулярного мониторинга, предотвращения и купирования угроз экономической безопасности.

С позиций системного подхода процессы формирования и функционирования РПС следует рассматривать с учетом реализации разнообразных

аспектов, определяющих выделенную категорию как систему: системно-целевой, системно-функциональный, системно-ресурсный, системно-структурный, системно-коммуникационный, системно-интеграционный, системно-элементный, системно-исторический. Системно-целевой аспект предусматривает формулировку цели и подцелей системы. Цель – это то, чего система должна достигнуть на основе своего функционирования. Рисунок 1 демонстрирует цель и подцели, которые предполагает РПС.

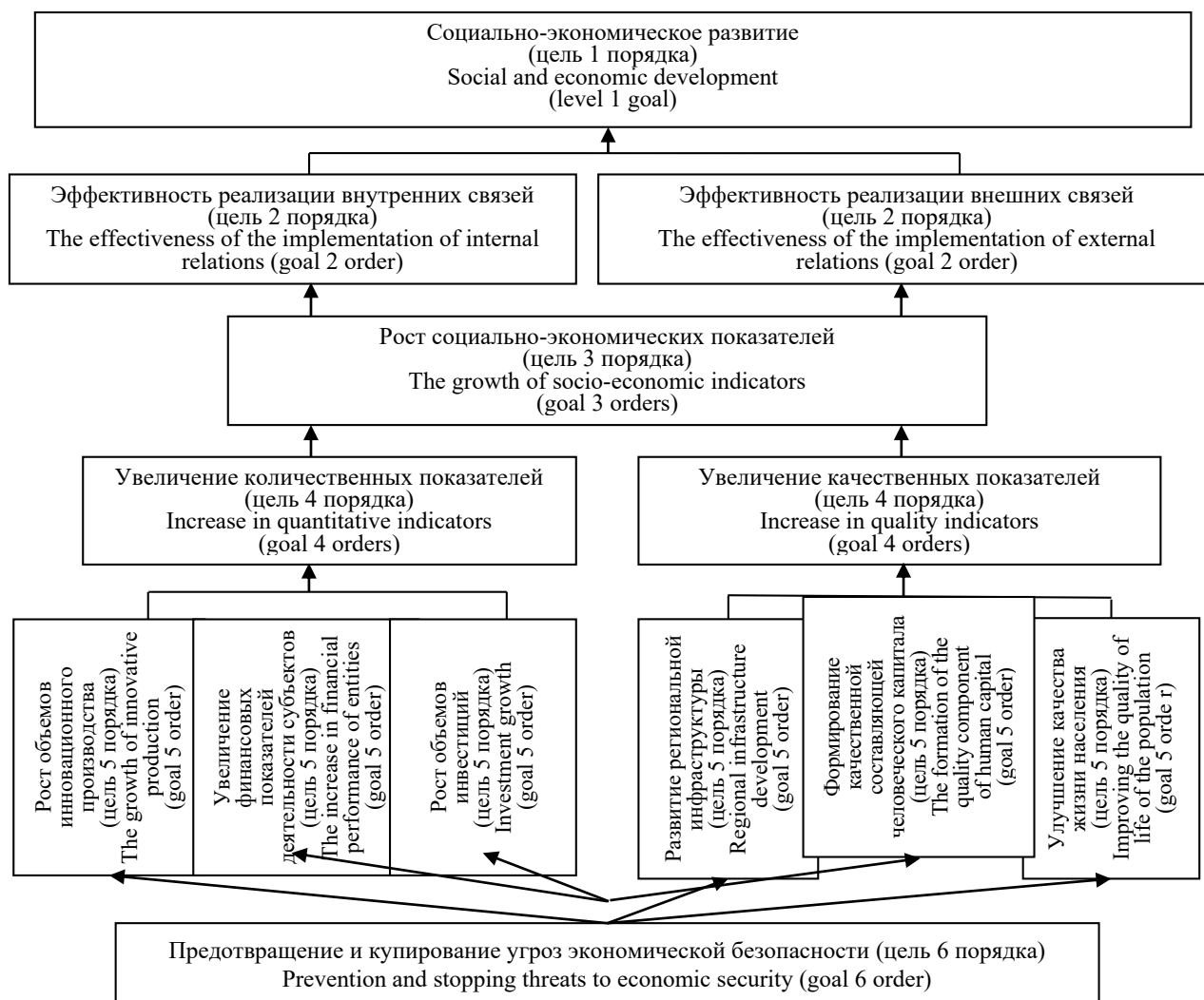


Рисунок 1. Цели и подцели региональной пространственной системы

Figure 1. Goals and sub-goals of the regional spatial system

Таким образом, целью РПС может быть определенное состояние данной системы или иной продукт ее функционирования.

Для того, чтоб та или иная цель была достигнута РПС необходимо реализовать функции, которые обуславливают ее состав и структуру. Типология функций системы представляет собой многоаспектное образование. В литературе представлено описание разнообразных функций системы. Однако, четко проявляются обобщенные позиции к выделению следующих видов функций:

- по области проявления: внешние и внутренние;
- по степени удовлетворения потребностей: главные и второстепенные,
- по степени необходимости: полезные, нейтральные и вредные.

Применительно к РПС можно говорить о реализации указанных функций, а также добавить ряд классификационных признаков (таблица 1).

Таблица 1.

Виды и характеристика функций региональной пространственной системы

Table 1.

Types and characteristics of the functions of the regional spatial system

Классификационный признак Classification feature	Вид View	Характеристика Characteristic	Проявление в РПС RPS manifestation
По области проявления By area of manifestation	Внешние External	Показывают взаимодействие с внешней средой Show interaction with the environment	Взаимодействие элементов РПС с элементами иной (-ых) РПС на уровне национального или мирового хозяйства The interaction of the elements of the CPF with the elements of the other CPF at the level of the national or world economy
	Внутренние Domestic	Показывают взаимодействие компонентов на уровне внутренней среды Show the interaction of components at the level of the internal environment	Взаимодействие элементов РПС в ее границах The interaction of the elements of the CPF within its borders
По степени удовлетворения потребностей According to the degree of satisfaction of needs	Главные The main	Определяют основные свойства системы Determine the basic properties of the system	Исполнение основных свойств РПС в целях обеспечения ее функционирования Execution of the main properties of the RPS in order to ensure its functioning
	Второстепенные Minor	Определяют дополнительные свойства системы Define additional system properties	Способствуют реализации основных свойств РПС в целях обеспечения ее эффективного функционирования РПС Contribute to the implementation of the main properties of the RPS in order to ensure its effective functioning of the RPS
По степени необходимости According to need	Полезные Useful	Отражают функционально необходимые свойства и определяют работоспособность системы Reflect functionally necessary properties and determine the system operability	Вызывают положительные последствия для функционирования РПС They cause positive consequences for the functioning of the RPS
	Нейтральные Neutral	Не оказывают влияние на работоспособность системы Do not affect system performance	Не показывают ни положительных, ни отрицательных последствий для функционирования РПС Do not show any positive or negative consequences for the functioning of the RPS
	Вредные Harmful	Отрицательно влияют на работоспособность системы Negatively affect system performance	Вызывают положительные последствия для функционирования РПС They cause positive consequences for the functioning of the RPS
По характеру времени By the nature of time	Постоянные Permanent	Действуют постоянно Act constantly	Проявляют себя на всех этапах функционирования РПС Reveal themselves at all stages of the functioning of the CPF
	Временные Temporary	Действуют прерывно Act intermittently	Проявляют себя дискретно на этапах функционирования РПС Manifest themselves discretely at the stages of the functioning of the RPS
По степени проявления By degree of manifestation	Открытые Open	Проявляются открыто Manifest openly	Выявляются на всех этапах функционирования РПС Revealed at all stages of the functioning of the CPF
	Скрытые Hidden	Проявляются с течением времени Manifest over time	Выявляются не на всех этапах функционирования РПС или пролонгировано во времени Not detected at all stages of the functioning of the CPF or prolonged in time

Отмечаем, что данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что РПС как система выполняет разнообразные функции. Описание и анализ указанных функций позволяет говорить о результативности функционирования РПС на уровне национальной экономики в рамках обеспечения ее развития. В контексте рассматриваемого аспекта приходим к выводу, что результативность РПС – это ее характеристика, определяемая как способность выполнять

функции. Системно-ресурсный аспект очень важен для функционирования и развития системы. Без ресурсного обеспечения невозможно существование системы. Наличие ресурсов позволяет системе решать разного рода проблемы. Прилагая системно-ресурсный аспект системного подхода к РПС, выделим прежде всего ресурсы, которые необходимы для процессов формирования и функционирования данной системы (рисунок 2).

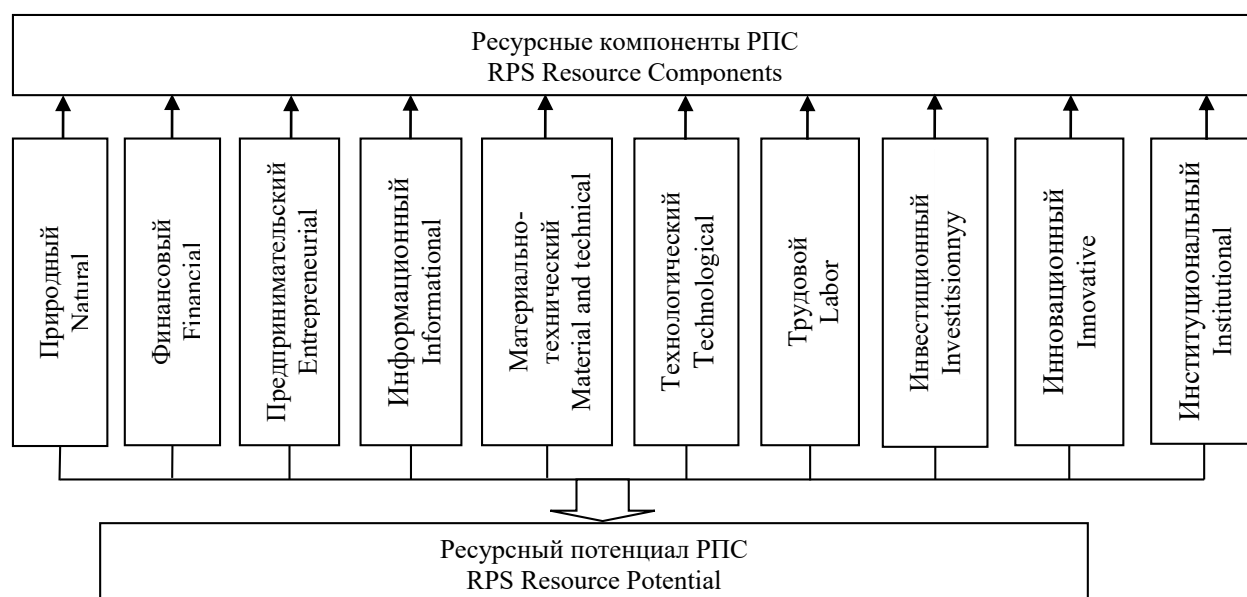


Рисунок 2. Ресурсные компоненты РПС

Figure 2. Resource components of the CPF

Данные рисунка 2 иллюстрируют состав ресурсов, которые должна иметь РПС для ее функционирования. Совокупность ресурсных компонентов может формировать ресурсный потенциал РПС, который важен для стратегического планирования социально-экономического развития региональной пространственной системы. Неправильное использование ресурсов и ресурсного потенциала может привести к появлению угроз экономической безопасности РПС, что негативно сказывается на ее существовании и может привести к деградации системы или ее разрушению.

Системно-структурный аспект проявляется в формировании:

- а) морфологической структуры;
- б) социально-экономической структуры.

Основными компонентами морфологической структуры выступают:

- морфологические единицы ландшафта в виде слагающих ландшафт природных геосистем локальной размерности;
- взаиморасположение морфологических единиц в пространстве;
- парагенетическая сопряженность морфологических единиц;

- латеральный энерго, массовый обмен между ландшафтными единицами.

Социально-экономическая структура включает:

- экономические субъекты (предприятия, домохозяйства, государство);
- региональная инфраструктура, способствующая реализации эффективных отношений всех субъектов РПС.

Системно-коммуникационный аспект РПС проявляется посредством построения внешних связей как структурных компонентов системы. Внешние связи предусматривают формирования всего аспекта социально-экономических отношений: а) одной РПС с другой в виде построения односторонней межсистемной связи; б) одной РПС с другими в виде построения многосторонних межсистемных связей. От периодичности и эффективности построения и реализации связей зависит достижение целей РПС и как следствие эффективность ее функционирования. Кроме того, применяя системно-элементный подход нами выделен следующий элементный состав РПС (рисунок 3).

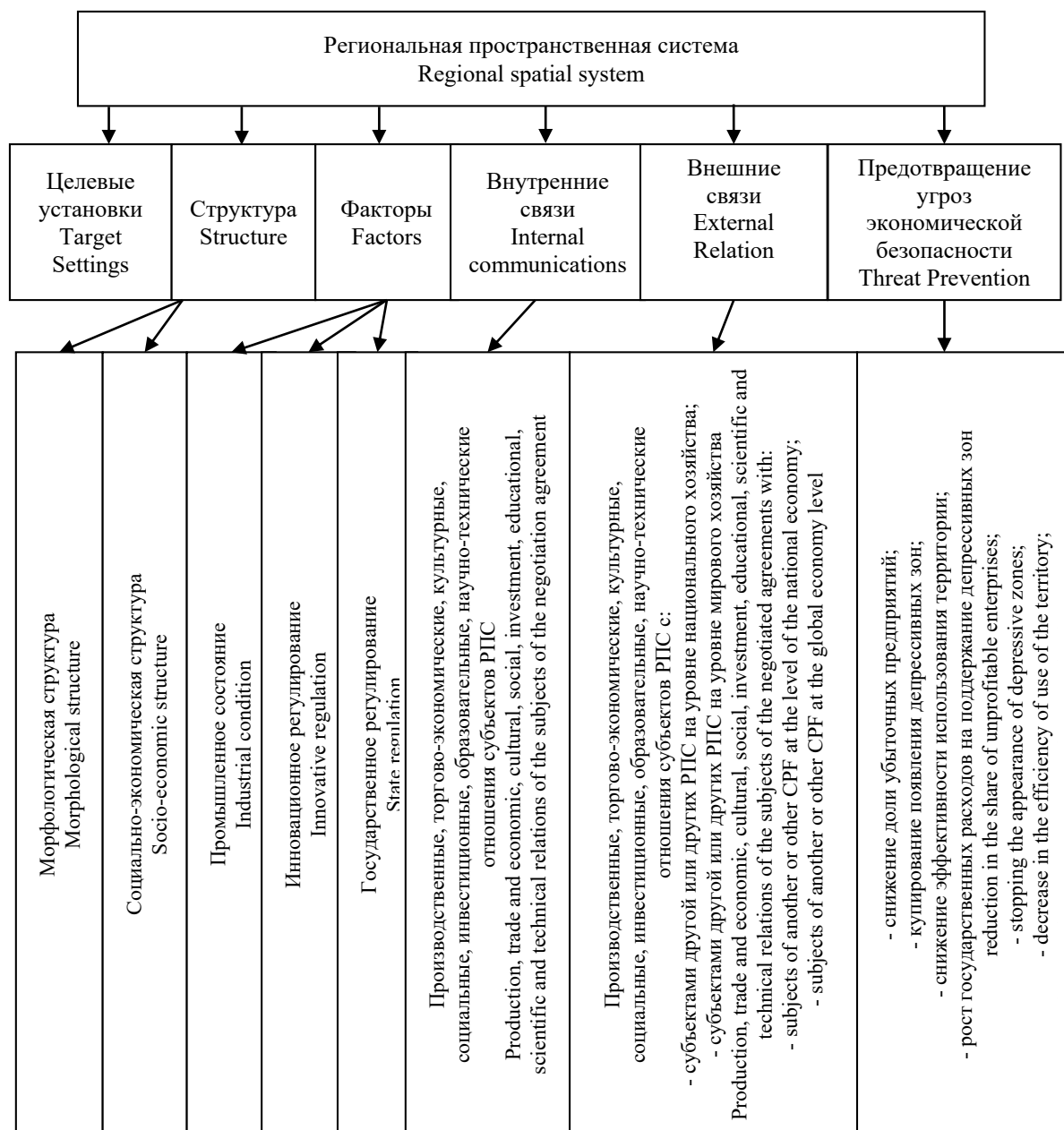


Рисунок 3. Элементный состав РПС

Figure 3. Elemental composition of the RPS

Таким образом, с точки зрения системно-комплексного подхода элементами РПС на наш взгляд выступают все составляющие РПС (структура, внутренние связи, внешне связи, факторы, направления предотвращения угроз экономической безопасности). При этом системно-интеграционный аспект РПС можно рассматривать с точки зрения определения качественных характеристик всех составляющих ее элементов – структуры, факторов, внутренних связей, внешних связей, предотвращения угроз

экономической безопасности. Для этого необходима четко выстроенная и разработанная совокупность показателей, определяющих степень качества того или иного компонента (рисунок 4).

Выделенные системно-интеграционные показатели демонстрирует насколько действует интеграционный аспект РПС, с целью выявления слабых или сильных сторон функционирования РПС и как следствие обеспечение ее эффективного стратегического развития.

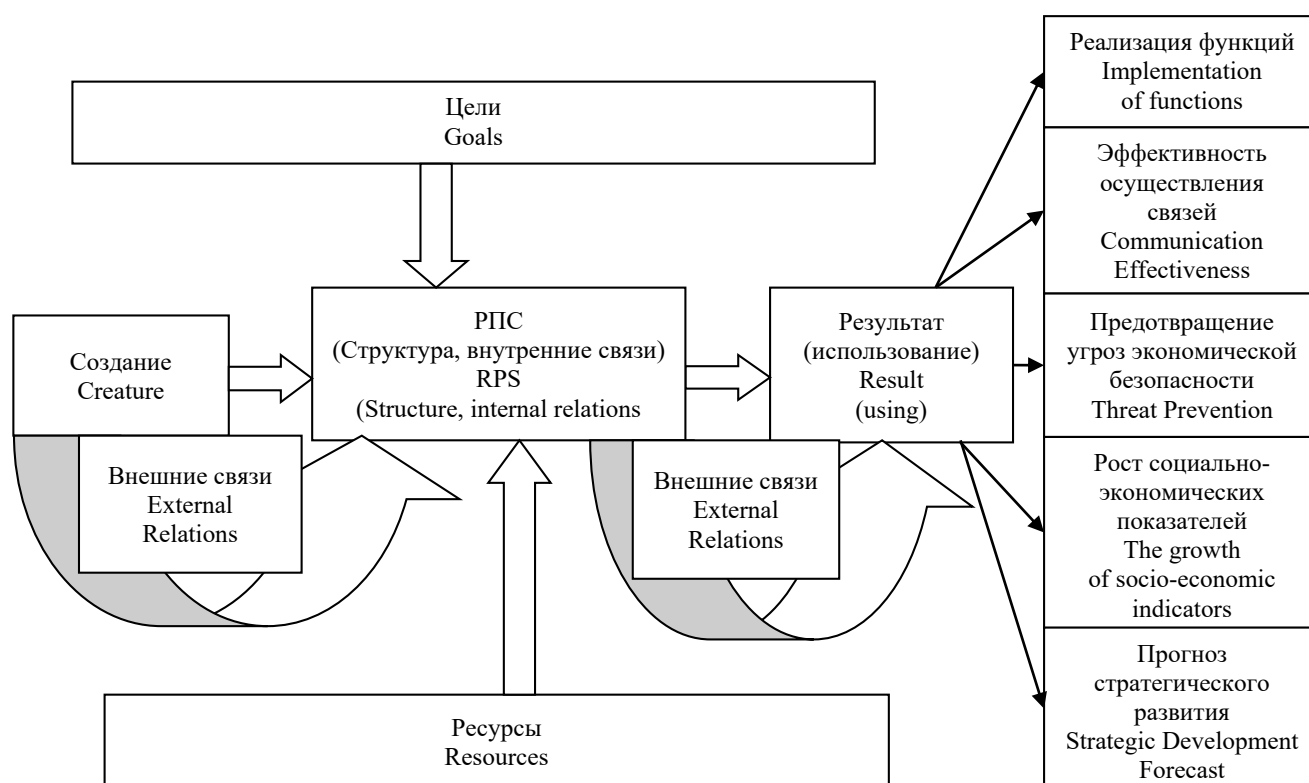


Рисунок 4. Системно-интеграционные характеристики РПС

Figure 4. System-integration characteristics of the RPS

Заклучение

Сегодня существует много проблем формирования эффективной инновационной экономики и обеспечения социально-экономического развития. К ним относятся: недостаточная государственная политика в области инновационной деятельности, отсутствие научно-технической базы и резервных мощностей в регионах, отсутствие применительно к функционированию региона позиций системного подхода и др. Основными направлениями решения указанных проблем, по нашему мнению, являются:

- изучение социально-экономической структуры регионов, ее специфики;
- применение системного подхода в изучении функционирования территориальных образований;
- использование дефиниции «региональная пространственная система» в выявлении характерных особенностей функционирования регионов;
- проведение методики, основанной на использовании системных аспектов развития РПС;
- построение подходов к определению показателей и факторов РПС;
- реализация всех аспектов РПС в целях обеспечения результативности ее функционирования для достижения значительных результатов социально-экономического развития;

• реализация аспектов РПС в целях предотвращения угроз экономической безопасности;

• применение методики анализа РПС с позиции информационной базы для обеспечения прогноза стратегического развития регионов.

Используя вышеперечисленные подходы к решению рассмотренных проблем, региональная экономика может иметь высокие показатели социально-экономического развития.

В заключении отмечаем, что наиболее существенным отличием системного подхода является осознание изучения всего предмета и развития этого метода исследования. По сути все конкретные концепции системного исследования (система, структура, коммуникация, организация, цель, ресурсы, функция, интеграция, история) могут представлять и конструктивно выражать целостность объекта с самых разных сторон. Уникальность системного подхода состоит в том, что его возможно применять в различных сферах знаний. Вышеописанные положения подтверждают этот факт.

Таким образом, выделенные авторами аспекты системного подхода применительно к анализируемому объекту исследования позволяют раскрыть содержательную сторону РПС и на основании этого проводить прогноз и планирование с целью обеспечения эффективного стратегического развития РПС в условиях современного динамичного и волатильного развития национальной экономики.

Литература

- 1 Репин С.А., Циринг Р.А. Системный подход как методологическое основание управления образовательной системой // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». 2013. Т. 5. № 1. С. 34–42.
- 2 Гутман Г.В., Мироедов А.А., Федин С.В. Управление региональной экономикой. М.: Финансы и статистика, 2002. 141 с.
- 3 Лаппо Г.М. Города России. Взгляд географа. М.: Новый хронограф, 2012.
- 4 Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. М.: ГУ ВШЭ, 2004.
- 5 Kuzmenko N., Salikov Yu. Formation and analysis of regional innovation landscape indicators // Proceedings of the International Scientific Conference «Competitive, Sustainable and Secure Development of the Regional Economy: Response to Global Challenges» (CSSDRE 2018). 2018. P. 135–140.
- 6 Serebryakova N.A., Salikov Y.A., Kolomyitseva O.Y., Pakhomova T.A. et al. Actual issues of planning of well-balanced development of innovative & investment activities // Asian Social Science. 2015. V. 11. № 20. P. 193–205.
- 7 Lyapina I., Stroeve O., Vlasova M., Konobeeva O. et al. Approaches to organization of project management in Russia // In Integration and Clustering for Sustainable Economic Growth. 2017. P. 91–99.
- 8 Green M., Rider C., Ratcliff D., Woodring B.C. Developing a systematic approach to obstetric emergencies // Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing. 2015. V. 44. № 5. P. 677–682.
- 9 Romanova T.F., Bogoslavtseva L.V., Karepina O.I., Bogdanova O.Y. Conceptual approaches in providing the effective and responsible management of state programs management. 2018.
- 10 Neretina E.A., Soldatova E.V., Komleva N.S., Kolchina N.O. et al. Program-targeted regulation of the regional consumer market // European Research Studies. 2016. V. 19. P. 203.

References

- 1 Repin S.A., Tsiring R.A. The system approach as a methodological basis for the management of the educational system. Bulletin of SUSU. Series "Education. Pedagogical science". 2013. vol. 5. no. 1. pp. 34–42. (in Russian).
- 2 Gutman G.V., Miroedov A.A., Fedin S.V. Management of the regional economy. Moscow, Finansy i statistika, 2002. 141 p. (in Russian).
- 3 Lappo G.M. Cities of Russia. The look of a geographer. Moscow, Novyy khronograf, 2012. (in Russian).
- 4 Granberg A.G. Fundamentals of the regional economy. Moscow, HSE, 2004. (in Russian).
- 5 Kuzmenko N., Salikov Yu. Formation and analysis of regional innovation landscape indicators. Proceedings of the International Scientific Conference «Competitive, Sustainable and Secure Development of the Regional Economy: Response to Global Challenges» (CSSDRE 2018). 2018. pp. 135–140.
- 6 Serebryakova N.A., Salikov Y.A., Kolomyitseva O.Y., Pakhomova T.A. et al. Actual issues of planning of well-balanced development of innovative & investment activities. Asian Social Science. 2015. vol. 11. no. 20. pp. 193–205.
- 7 Lyapina I., Stroeve O., Vlasova M., Konobeeva O. et al. Approaches to organization of project management in Russia. In Integration and Clustering for Sustainable Economic Growth. 2017. pp. 91–99.
- 8 Green M., Rider C., Ratcliff D., Woodring B.C. Developing a systematic approach to obstetric emergencies. Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing. 2015. vol. 44. no. 5. pp. 677–682.
- 9 Romanova T.F., Bogoslavtseva L.V., Karepina O.I., Bogdanova O.Y. Conceptual approaches in providing the effective and responsible management of state programs management. 2018.
- 10 Neretina E.A., Soldatova E.V., Komleva N.S., Kolchina N.O. et al. Program-targeted regulation of the regional consumer market. European Research Studies. 2016. vol. 19. pp. 203.

Сведения об авторах

Юрий А. Саликов д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, saural@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2211-1978>

Наталья И. Кузьменко к.г.н., доцент, кафедра философии, экономики и социально-гуманитарных дисциплин, Воронежский государственный педагогический университет, ул. Ленина, 86, г. Воронеж, 394024, Россия, diasku@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3456-8097>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Yuri A. Salikov Dr. Sci. (Econ.), professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, saural@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2211-1978>

Natalia I. Kuzmenko Cand. Sci. (Geogr.), associate professor, philosophy, economics and social and humanitarian disciplines department, Voronezh State Pedagogical University, Lenin, 86, Voronezh, 394024, Russia, diasku@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3456-8097>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 03/02/2020	После редакции 11/02/2020	Принята в печать 20/02/2020
Received 03/02/2020	Accepted in revised 11/02/2020	Accepted 20/02/2020

Основные концептуальные направления формирования и развития аграрной структуры в Центрально-Черноземном макрорегионе

Владимир Ф. Печеневский¹ monitoringr@mail.ru

Олег И. Снегирев¹ monitoringr@mail.ru

¹ Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-черноземного района Российской Федерации, ул. Серафимовича 26а, г. Воронеж, 394042, Россия

Аннотация. Рост современных системных вызовов в условиях глобализации и интеграционных процессов обуславливает создание эффективной региональной аграрной структуры, как одну из наиболее актуальных проблем научных исследований экономического и социального прогнозирования. Формирование эффективной современной аграрной структуры и перспективы ее долгосрочного развития во многом будет определяться государственной политикой, институтом селективной структурной поддержки государства. Аграрная политика государства по совершенствованию институциональной аграрной структуры в регионе на основе зарубежного и отечественного опыта должна: - способствовать росту количества семейных крестьянских хозяйств во всех подотраслях сельского хозяйства на всех территориях региона; - создавать благоприятные экономические условия, стимулирующие хозяйства к созданию потребительских (обслуживающих) кооперативов различной специализации; - экономически стимулировать крупные агропромышленные формирования к взаимодействию с малыми формами агробизнеса. Определены концептуальные направления и механизмы политики долгосрочного развития аграрной структуры в ЦЧР, которые включают цели, этапы, принципы и задачи долгосрочной перспективы развития аграрной структуры в регионе, нормативно-правовое регулирование, финансовую поддержку, инновационное развитие, развитие рынков сбыта сельхозпродукции, взаимодействие различных хозяйств и мероприятия по реализации основных концептуальных направлений.

Ключевые слова: институциональная аграрная структура, сельхозпроизводители, организационно-экономический механизм, государственная поддержка

The main conceptual directions of the formation and development of the agrarian structure in the Central Black Earth macro-region

Vladimir F. Pechenevsky¹ monitoringr@mail.ru

Oleg I. Snegirev¹ monitoringr@mail.ru

¹ Research Institute of Economics and the organization of the agro-industrial complex of the Central Black Earth region of the Russian Federation, st. Serafimovich 26a, Voronezh, 394042, Russia

Abstract. The growth of modern systemic challenges in the context of globalization and integration processes leads to the creation of an effective regional agrarian structure, as one of the most pressing problems of scientific research in economic and social forecasting. The formation of an effective modern agrarian structure and the prospects for its long-term development will largely be determined by state policy, the institution of selective structural support for the state. The agrarian policy of the state to improve the institutional agrarian structure in the region on the basis of foreign and domestic experience should: - contribute to the growth in the number of family peasant farms in all sub-sectors of agriculture in all territories of the region; - create favorable economic conditions that stimulate the economy to create consumer (service) cooperatives of various specializations; - to economically stimulate large agro-industrial formations to interact with small forms of agribusiness. The conceptual directions and mechanisms of the long-term development of the agrarian structure in the Central Chernozem Region are defined, which include goals, stages, principles and objectives of the long-term development of the agrarian structure in the region, legal regulation, financial support, innovative development, the development of markets for agricultural products measures to implement the concept.

Keywords: institutional agrarian structure, agricultural producers, organizational and economic mechanism, government support

Введение

Развитие сельского хозяйства страны и регионов, повышение его эффективности и конкурентоспособности в современных условиях в решающей мере достигается на основе государственных, региональных и отраслевых целевых программ. В ходе реализации государственных (2008–2012 гг. и 2013–2020 гг.) программ

происходят изменения не только уровня развития сельского хозяйства, но и его структуры, что сказывается на эффективности отрасли. Структурные изменения в сельском хозяйстве в работе рассматриваются как институциональные изменения различных организационно-хозяйственных структур, отличающихся по формам бизнеса.

Для цитирования

Печеневский В.Ф., Снегирев О.И. Основные концептуальные направления формирования и развития аграрной структуры в Центрально-Черноземном макрорегионе // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 283–288. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-283-288

For citation

Pechenevsky V.F., Snegirev O.I. The main conceptual directions of the formation and development of the agrarian structure in the Central Black Earth macro-region. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 283–288. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-283-288

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

Аграрная структура Центрально-Черноземного макрорегиона (ЦЧМР) представлена тремя основными типами производителей сельскохозяйственной продукции: сельскохозяйственными организациями (СХО), крестьянско-фермерскими хозяйствами (К(Ф)Х) и индивидуальными производителями, (ХП) хозяйствами населения, включающими личные подсобные хозяйства (ЛПХ) и садово-огородные хозяйства (СОД). Институциональными параметрами аграрной структуры выступают соотношения этих структур, функционирующих в аграрном секторе; их доли в производстве сельскохозяйственной продукции; институциональная среда.

Глобализация экономики и рынков, санкционный режим, финансово-кризисные явления, проблемы импортозамещения показывают, что по своим масштабам и охвату проблем действующая аграрная политика не может оказывать определяющее влияние на социально-экономическую ситуацию в сельском хозяйстве. Необходимо изучение, поиск направлений и механизмов, обеспечивающих устойчивое развитие отрасли региона на инновационной основе, что обуславливает формирование аграрной структуры, восприимчивой к нововведениям. В связи с этим обоснование концептуальных направлений и системы мер, стимулирующих долгосрочное устойчивое и конкурентоспособное развитие сложившейся аграрной структуры в регионах, является актуальной и важной проблемой настоящего исследования.

Эффективная аграрная структура региона должна содействовать рациональному ведению сельского хозяйства и земельных отношений; благоприятствовать социально-экономическому развитию сельских территорий; наиболее полно использовать региональные природно-экономические ресурсы; обеспечивать высокий уровень занятости и доходности жителей [1].

Обсуждение

Для развития эффективной аграрной структуры ЦЧМР необходимо решение большого спектра социально-экономических задач, выполнение которых возможно при активном участии государства. Основными являются:

- совершенствование федеральных и региональных законодательных актов различных категорий сельскохозяйственных производителей;
- упорядочивание и оптимизация земельных отношений в условиях многообразия форм собственности и хозяйствования;
- разработка эффективной государственной поддержки всех категорий хозяйств;
- обеспечение достаточности, доступности и качества финансово-кредитного обслуживания сельхозпроизводителей различных категорий;

— создание реальных условий для участия в экономически значимых региональных программах различных агроструктур;

— совершенствование интеграционных процессов, развитие кооперации и саморегулируемых организаций;

— развитие товаропроизводящей сети, доступной для всех сельхозпроизводителей;

— развитие производственной и социальной инфраструктуры сельских территорий;

— учет местных условий, сложившихся традиций, обычаев и т. д.;

— подготовка, переподготовка, повышение квалификация сельскохозяйственных кадров, поднятие престижа работников сельского хозяйства;

— мониторинг эффективности функционирования различных форм хозяйствования.

Для создания в макрорегионе в среднесрочной перспективе устойчивой и эффективной аграрной структуры на первом (мобилизационном) этапе необходимо совершенствование нормативно-правовой базы. Реализация данного направления качественно изменит статусные акты различных категорий сельскохозяйственных производителей, законодательно оформит основные параметры взаимодействия различных категорий хозяйств, упорядочит земельные и имущественные отношения в условиях многоукладной аграрной экономики. Тем самым государство сформирует необходимые нормативно-правовые условия для второго (инновационного) этапа построения и развития эффективной аграрной структуры.

Действующие основные законы, определяющие деятельность основных категорий хозяйств в настоящее время, нуждаются в изменениях, соответствующих современным процессам [2,3]. В этой связи необходимо внесение корректировок в ФЗ «О личном подсобном хозяйстве» и ФЗ «О крестьянском (фермерском) хозяйстве» в части уточнения правового статуса, их разграничения и государственной поддержки.

В соответствующем законе об этой форме частного крестьянского хозяйства следует изменить название ЛПХ на ПСХ – приусадебное сельское хозяйство, дифференцировав (в зависимости от уровня товарности) нормы, определяющие как некоммерческую, так и коммерческую деятельность, с соответствующим льготным налоговым режимом, а уровень – в величину государственной поддержки на единицу произведенной продукции в ПСХ к показателям крупных СХО, агрохолдингов.

Внесение таких изменений в действующий закон станет важным шагом реального превращения приусадебных семейных хозяйств в активную социальную базу настоящей крестьянской (фермерской) сельскохозяйственной кооперации.

С целью рационального дифференцированного регулирования сельскохозяйственных и обслуживающих (потребительских) кооперативов необходимо подготовить новую редакцию ФЗ «О сельскохозяйственной кооперации» [4]. Последний, по мнению экспертов [5], построенный на компромиссах, концептуально несостоятельный и базируется на противоречивых и нечетких положениях Гражданского кодекса РФ. Кроме того, сегодня нет отработанного экономического механизма эффективной кооперативной деятельности, механизма рыночного оборота земель сельскохозяйственного назначения, их ипотеки.

Для правового обеспечения сверхкрупных агроструктур (агрохолдинги, агропромышленные кластеры и др.) принять законодательно-нормативные документы (внести дополнения в Гражданский кодекс РФ), регламентирующие их юридический статус, регулирующие внутренние и внешние взаимоотношения.

Важным направлением совершенствования нормативно-правовой базы для сельскохозяйственных производителей остается разработка изменений в земельном законодательстве касаемых, прежде всего, совершенствования оборота сельскохозяйственных земель, усиления прав мелких землевладельцев. Необходимо разработать механизмы, регламентирующие вопросы передачи, продажи и перепродажи земельных участков; перехода неиспользованных земель сельхозназначения в ведение государства с дальнейшей их передачей в аренду или собственность успешно работающим сельхозтоваропроизводителям; кадастрового учета; ограничения концентрации земель в собственности одного физического или юридического лица.

Искусственные концептуальные и правовые нагромождения в структурной составляющей системы земельных отношений в настоящее время – одна из главных причин перманентного аграрного кризиса, причем не перепроизводства собственного продовольствия, а недостатка, дефицита, покрываемогого масштабными закупками у зарубежных фермеров [6].

Усиление и повышение эффективности государственной поддержки сельскохозяйственных производителей всех категорий на стадии производства, реализации продукции, материально-технического обеспечения является важнейшим направлением в развитии эффективной аграрной структуры в стране и регионах.

Главными направлениями государственной поддержки всех категорий хозяйств на современном этапе и в перспективе будут: поддержка цен и доходов сельхозпроизводителей всех категорий хозяйств, субсидии, государственные закупки,

льготное кредитование и страхование, компенсационные платежи, инвестиции и социальные дотации, софинансирование инфраструктуры общего пользования, подготовка квалифицированных кадров для села, софинансирование инфраструктуры общего использования.

Основной источник вложений сельхозпроизводителей – кредит. Поэтому основная цель преобразований в сфере кредитования последних – это повышение физической и экономической доступности кредитных ресурсов для сельскохозяйственных товаропроизводителей различных категорий.

Предлагается вариант, когда Правительство Российской Федерации выпускает государственный облигационный займ в сумме 80% стоимости программы крупных проектов импортозамещения. Центробанк выпускает этот займ. При этом Правительство РФ через систему казначейства финансирует под нулевую процентную ставку эти проекты, они проходят государственную экспертизу на региональном и федеральном уровнях. Оставшиеся 20% финансирования обеспечивает инициатор проекта [7].

По мере возврата кредита денежные средства могут «стерилизоваться» с целью снижения угрозы инфляции. Поскольку денежные средства направляются на развитие производства и увеличение предложения продукции на рынке, это уже само по себе является антиинфляционной мерой. Преобразования в сфере кредитования должны осуществляться с внедрением проектного менеджмента, когда утверждается руководитель и исполнители проекта, которые полностью несут ответственность за успех реализации программы импортозамещения.

При условии реализации предложений в части изменения денежно-кредитной политики появилась бы реальная возможность увеличить средства на несвязанную поддержку в растениеводстве как минимум в 2–3 раза, которая составляет в настоящее время около 500 р. на 1 га в РФ.

Для стимулирования роста производства животноводческой продукции необходимо увеличить размер компенсации на затраты до 50% и повысить субсидированные ставки, а также ввести дотации на всю реализованную дефицитную животноводческую продукцию, которые должны получать не только СХО и К(Ф)Х, но и товарные ЛПХ (ПСХ).

Для сельскохозяйственных организаций, платящих единый сельскохозяйственный налог (ЕСХН), разрешить уплачивать НДС, что позволит им получить возмещение из бюджета соответствующих средств при приобретении материально-технических ресурсов.

Важным направлением поддержки финансового состояния сельхозпроизводителей является агрострахование. Здесь надо однозначно изменить действующее положение, перейдя от модели страхования катастрофических рисков к страхованию недобора урожая. Необходимо повысить долю страхового возмещения до 80% собранной страховой премии с учетом субсидий. Порог гибели урожая при выплате страхового возмещения не должен превышать 10% [8].

Основой развития сельского хозяйства и его аграрной структуры являются реальные инвестиции. В настоящее время инвестиционная привлекательность аграрного сектора, особенно малых форм хозяйствования, для инвесторов низка. Для изменения сложившегося положения государство должно совершенствовать финансовые механизмы по стимулированию инвесторов и сельхозпроизводителей.

Для этого необходимо повысить экономическую доступность финансово-кредитных ресурсов, совершенствуя механизм предоставления субсидий на возмещение части прямых понесенных затрат по инвестиционным проектам, решения проблемы общей кредиторской задолженности сельского хозяйства.

Необходимо упростить систему кредитования и процедуру оформления заявок кредитов, субсидий, организовав обслуживание сельхозтоваропроизводителей по принципу «одного окна».

Следует развивать систему создания региональных фондов под гарантию областного бюджета и под материальные активы областной (муниципальной) собственности, что будет реально способствовать доступности сельхозпроизводителей к залоговым фондам. Для таких аграрных структур, как товарные ЛПХ (ПСХ), индивидуальные производители и К(Ф)Х, которые находятся в стадии организации, необходимо уменьшить залоговую базу.

Для производителей всех форм хозяйствования важнейшее значение при оформлении кредитов в качестве залога имеет земельная ипотека, которая до сих пор используется недостаточно. Совершенствование этого института сдерживается из-за больших затрат на оформление земли в собственность. Кроме того, операции с землей связаны с большими рисками, трудоемки и непрозрачны. Необходимо упростить оформление земли в собственность и предусмотреть компенсацию части землеустроительных издержек мелким и средним собственникам, используя программно-целевой подход.

Для форсирования и реальной поддержки инновационной деятельности в сельском хозяйстве необходимо задействовать все основные составляющие организационно-экономического механизма – правовые, технико-технологические, организационные, социальные и др.

В целях активизации инновационного развития аграрной структуры предусмотреть господдержку разработок и внедрения конкурентоспособных на мировом рынке ресурсосберегающих технологий, сельскохозяйственной техники, новых организационных форм и методов управления, экономических структур; создание условий и стимулов для разработки, внедрения и освоения инноваций, включающих адекватную поддержку разработчиков (физических и юридических лиц) инновационного продукта, опытные хозяйства (испытательные станции), технопарки, бизнес-инкубаторы, информационно-консультационные службы, инновационные фирмы, передовых сельхозпроизводителей и др.

В качестве стимулов могут выступать такие финансовые государственные преференции, как прямое и косвенное финансирование, госзаказы, ориентированные на экологические или иные нормы, изменения в налоговом законодательстве; создание эффективной системы подготовки и использования специалистов в аграрных структурах, способных осваивать инновационные разработки.

Развитие рынков сбыта аграрной продукции в долгосрочной перспективе должно направлено на:

- формирование продовольственного рынка, обеспечение населения сельскохозяйственной продукцией и продовольствием отечественного производства;
- устойчивое организационно-экономическое развитие и повышение конкурентоспособности сельхозпроизводителей всех форм хозяйствования.

Достижение поставленных целей должно основываться на государственной аграрной политике, направленной на регулирование и развитие рынков сбыта. В условиях глобализации и интеграционных процессов происходит усиление конкуренции на внутреннем агропродовольственном рынке как между импортерами и отечественными сельхозпроизводителями, так и между различными категориями хозяйств, что требует адекватной государственной поддержки, особенно в отношении малых форм хозяйствования через:

- совершенствование нормативно-правовой базы, регламентирующей вопросы торговли;
- реализацию антимонопольных мер и предоставление реальных возможностей свободного доступа на агропродовольственные рынки сельскохозяйственным товаропроизводителям, особенно для мелкотоварных производителей – К(Ф)Х и ЛПХ (ПСХ);
- создание государственно-кооперативной многоканальной системы реализации продукции сельхозпроизводителей;

— увеличение объемов, ассортимента и совершенствование механизмов проведения закупочных, товарных интервенций, залоговых операций, в том числе и для мелких агроструктур;

— создание институтов рыночной инфраструктуры в форме снабженческо-сбытовых, инвестиционных и страховых компаний, финансовых структур для обслуживания малых и средних агроструктур;

— выделение бюджетных средств на реконструкцию и модернизацию действующих оптовых рынков для применения новых прогрессивных технологий, схем логистики и создания рыночной инфраструктуры;

— развитие целенаправленной инновационной деятельности для создания и развития оптово-розничной системы торговли сельскохозяйственной продукцией;

— стимулирование создания региональных и межрегиональных интеграционных агроформирований;

— информирование сельхозтоваропроизводителей о каналах реализации продукции, ценах, объемах продаж, товарных запасах на конкретном рынке, прогнозных параметрах его функционирования.

Происходящие в агропромышленном производстве ЦЧМР процессы взаимодействия различных категорий хозяйств имеют две формы объединения – интеграцию и кооперацию.

В качестве основных направлений государственного воздействия на развитие процессов взаимодействия различных форм хозяйствования сельхозпроизводителей необходимо выделить следующие:

— формирование и совершенствование нормативно-правовой базы интеграционных и кооперационных объединений;

— корректировка налоговой политики для агрообъединений и их участников;

— совершенствование системы ценообразования в агроформированиях;

— совершенствование финансово-кредитного механизма;

— обеспечение научного сопровождения и организации информационно-консультативно-методической работы малых и средних форм бизнеса по вопросам кооперации и интеграции;

— подготовка кадров для организации и работы К(Ф)Х и индивидуальных сельхозпроизводителей в сельской местности;

— обеспечение контроля и прозрачности функционирования взаимодействия всех форм хозяйствования;

— создание эффективной системы рыночно-инфраструктурного обеспечения аграрных структур в сельском хозяйстве;

— инициация разработки и создания новых эффективных форм организационно-экономических связей в аграрной структуре;

— защита интересов малых агроформирований – участников интегрированных структур;

— совершенствование официального статистического учета интегрированных и кооперативных формирований.

Важнейшей задачей органов управления АПК всех уровней является разработка типовых моделей кооперации с учетом территориальных и отраслевых особенностей агропромышленного производства, научно обоснованных норм и нормативов для малых форм хозяйствования в сельском хозяйстве.

Для достижения этой цели предлагается:

— поддержка направлений развития сельской кооперации в рамках мероприятий экономически значимых региональных программ по развитию сельской кооперации;

— предоставление сельскохозяйственным кооперативам и организациям потребительской кооперации, оказывающим не менее 70% услуг сельскому населению, всех видов грантов и субсидий на развитие современной материально-технической базы;

— возмещение сельхозкооперативам и организациям потребительской кооперации, оказывающим не менее 70% услуг сельскому населению, части расходов на оплату первоначального взноса по договорам лизинга оборудования, транспорта, сельскохозяйственной и специализированной техники, скота и иных производственных фондов в размере не более 35% от стоимости объекта лизинга [9].

В целях стимулирования развития крупных интегрированных структур в агропромышленном производстве необходимо задействовать следующие механизмы, обеспечивающие:

— уменьшение налогооблагаемой прибыли на суммы, которые инвестор-интегратор направляет на расширенное воспроизводство и технико-технологическую модернизацию аграрного производства;

— защиту инвестиций и их страхование, осуществляемых в соответствии с законодательством Российской Федерации;

— предупреждение банкротства с целью захвата собственности;

— стимулирование выхода крупных формирований на региональный (местный) агропродовольственный рынок.

Важным направлением развития интеграции и кооперации различных форм в аграрном производстве ЦЧМР должна стать государственная поддержка общественных объединений, юридических и физических лиц, основными целями

которых является координация, защита прав и законных интересов участников и контроль различных сторон деятельности интегрированных агроструктур.

Одним из ключевых направлений развития эффективной аграрной структуры ЦЧМР и его областей должно стать существенное усиление социальной защиты сельского населения и сельхозпроизводителей всех форм хозяйствования [10]. Это необходимо осуществлять как путем роста доходов населения, развития сферы обслуживания, реального снижения различий в уровне жизни города и села, равного доступа к материальным благам разных социальных групп населения, так и на основе поддержки семей с низким уровнем доходов, трудоустройства работников, высвобожденных из аграрного производства или переехавших на постоянное жительство в село, гарантий соблюдения прав сельских собственников и коллективов сельхозпроизводителей с различной формой собственности и хозяйствования.

В целях создания эффективной современной системы подготовки и переподготовки сельскохозяйственных кадров необходимо принять следующие меры:

— наряду с подготовкой узких специалистов в аграрных университетах и техникумах, направляемых на работу в крупные и средние СХО, необходимо развивать подготовку аграриев – хозяев широкого профиля для К(Ф)Х и ЛПХ (ПСХ), которые должны иметь не только технико-технологические знания и навыки, но и уметь разбираться в экономике и организации производства, бухгалтерском учете, финансах, маркетинге и др., используя для этого научную и производственную базу вузов, техникумов и т. п.;

— организовать в массовом порядке переподготовку руководителей и специалистов всех уровней хозяйствования в регионе (от руководителей и специалистов первичных производственных подразделений СХО с различной формой собственности и хозяйствования, до руководителей и специалистов муниципального и регионального уровней) по вопросам маркетинга, компьютеризации и информационных технологий, экономики, организации, экологии, социологии и психологии как на базе вузов и техникумов региона, так и в учебных заведениях других регионов России, а также за рубежом.

Кроме того, для сохранения и приумножения природного, социально-экономического и культурного потенциала села, а следовательно, развития эффективной аграрной структуры необходимо:

— сформировать и утвердить на межведомственной основе научно обоснованную

систему нормативов социального обустройства сельских поселений;

— укрепить налоговую базу местного сельского самоуправления для улучшения финансовых возможностей реализации законодательно установленных полномочий;

— установить льготные системы налогообложения, кредитования и таможенного регулирования для всех форм бизнеса, участвующего в жилищном строительстве, развитии социальной и инженерной инфраструктуры села, создании рабочих мест в несельскохозяйственной сфере деятельности;

— ввести льготные условия ипотечного жилищного кредитования для повышения доступности сельскому населению благоустроенного жилья.

Заключение

В целях эффективного выполнения основных направлений развития перспективной аграрной структуры Центрально-Черноземного макрорегиона должны быть осуществлены следующие мероприятия.

1. Разработка и принятие законов, совершенствование нормативно-правовой базы, целевых программ на федеральном и региональном уровнях, направленных на создание реальных, действенных стимулов развития аграрной структуры.

2. Осуществление ежегодного мониторинга:

— реализации госпрограммы развития и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы в областях Центрально-Черноземного макрорегиона;

— функционирования всех типов хозяйств, определения эффективных форм, которые способны обеспечивать продовольственную независимость, экологическую безопасность и социальное развитие регионов;

— оборота земель сельскохозяйственного назначения.

3. Проведение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.

4. Проведение статистического мониторинга: сбор и публикация статистических данных по выполнению концептуальных направлений региональными комитетами статистики. Совершенствование статистического учета интегрированных агроструктур, К(Ф)Х и индивидуальных товаропроизводителей, ЛПХ(ПСХ) путем расширения перечня представляемых показателей по их деятельности, введения единообразия собираемых и анализируемых показателей по сельхозтоваропроизводителям.

5. Информационное обеспечение выполнения концептуальных направлений, подготовка рекламных и других материалов с использованием новых коммуникационных технологий.

6. Повышение социального и экономического интереса к аграрному сектору как престижной сфере деятельности. Организация и проведение конкурсов на разных уровнях

в номинациях: «Лучший специалист», «Лучший фермер», «Лучший по профессии» и т. д.

7. Проведение научных исследований по вопросам развития аграрной структуры, анализ, оценка, разработка рекомендаций, моделей различных организационно-хозяйственных структур.

8. Контроль за ходом реализации концептуальных направлений.

Литература

- 1 Кузнецов В.В., Тарасов А.Н., Павлушкина О.И. и др. Институциональное развитие аграрной структуры России: состояние и прогноз: монография. Ростов н/Д: ГНУ ВНИИЭ и Н Россельхозакадемии, 2012. 216 с.
- 2 Федеральный закон от 11 июня 2003 года № 74-ФЗ «О крестьянском (фермерском) хозяйстве».
- 3 Федеральный закон от 7 июля 2003 года № 112 – ФЗ «О личном подсобном хозяйстве».
- 4 Федеральный закон от 8 декабря 1995 года № 193 «О сельскохозяйственной кооперации».
- 5 Буздalов И. Структурные перекосы в сельском хозяйстве России: причины и последствия. // АПК: экономика, управление. 2017. № 2. С. 4–14.
- 6 Методы оценки территориального разделения труда и территориальной организации сельского хозяйства. М.: ВИАПИ имени А.А. Никонова: ЭРД, 2012. 221 с.
- 7 Алтухов А. Возможные угрозы национальной безопасности и независимости // АПК: Экономика, Управление. 2016. № 5. С. 4–15.
- 8 Алтухов А. Совершенствование организационно-экономического механизма устойчивого развития агропромышленного производства // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2016. № 7. С. 2–11.
- 9 Ушачев И. Аграрная политика России: проблемы и решения. М.: ИП Насируддинова В.В., 2013. 524 с.
- 10 Ушачев И. Социальная политика крестьянства. М.: ИП Насируддинова В.В., 2013. 240 с.
- 11 Subaeva A.K., Zamaidinov A.A. Methods of agricultural machinery market regulation // International Business Management. 2015. V. 9. № 7. P. 1780–1784.
- 12 Berry A. The role of agriculture // Losing Ground in the Employment Challenge. Routledge, 2017. P. 75–98.
- 13 Lee C.P. Reduced the Risk in Agriculture Management for Government Using Support Vector Regression with Dynamic Optimization Parameters // Lex Localis. 2017. V. 15. № 2. P. 243.
- 14 Manda J., Alene A. D., Gardebroek C., Kassie M., Tembo G. Adoption and impacts of sustainable agricultural practices on maize yields and incomes: Evidence from rural Zambia // Journal of Agricultural Economics. 2016. V. 67. № 1. P. 130–153.
- 15 Hodge I., Hauck J., Bonn A. The alignment of agricultural and nature conservation policies in the European Union // Conservation Biology. 2015. V. 29. № 4. P. 996–1005.
- 16 Смирнов Н.А., Груздев Г.В. Оптимизация производства и реализации продукции картофелеводства // Вестник НГИЭИ. 2017. № 7 (74). С. 100–109.
- 17 Смирнов Н.А. Укрепление продовольственной независимости региона на основе повышения эффективности отрасли картофелеводства // Вестник НГИЭИ. 2018. № 1 (80). С. 111–122.

References

- 1 Kuznetsov A.N., Tarasov O.I., Pavlushkina V.V. et al. Institutsional'noye razvitiye agrarnoy struktury Rossii: sostoyaniye i prognoz [Institutional development of the agrarian structure of Russia: state and forecast: monograph]. Rostov on Don, GNU VNIIE and N Rosselkhozakademii, 2012. 216 p. (in Russian).
- 2 FZ № 74-FZ “O krest'yanskom (fermerskom) khozyaystve” [Federal Law of June 11, 2003 No. 74-FZ “On Peasant (Farm) Farming”]. (in Russian).
- 3 FZ № 112-FZ “O lichnom podsobnom khozyaystve” [Federal Law of July 7, 2003 No. 112-FZ “On Personal Subsidiary”]. (in Russian).
- 4 FZ № 193 “O sel'skokhozyaystvennoy kooperatsii” [Federal Law of 8 December 1995 No. 193 “On Agricultural Cooperation”]. (in Russian).
- 5 Buzdalov I. Structural Distortions in Agriculture of Russia: Causes and Consequences. *APK: ekonomika, upravleniye* [AIC: Economics, Management]. 2017. no. 2. pp. 4–14. (in Russian).
- 6 Metody otsenki territorial'nogo razdeleniya truda i territorial'noy organizatsii sel'skogo khozyaystva [Methods for assessing the territorial division of labor and the territorial organization of agriculture]. Moscow, VAPI named after A.A. Nikonov: ERD, 2012. 221 p. (in Russian).
- 7 Altukhov A. Possible threats to national security and independence. *APK: ekonomika, upravleniye* [AIC: Economics, Management]. 2016. no. 5. pp. 4–15. (in Russian).
- 8 Altukhov A. Improving the organizational and economic mechanism for the sustainable development of agro-industrial production. *Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy* [Economics of agricultural and processing enterprises]. 2016. no. 7. pp. 2–11. (in Russian).
- 9 Ushachev I. Agrarnaya politika Rossii: problemy i resheniya [Agrarian Policy of Russia: Problems and Solutions]. Moscow, IP Nasiruddinova V.V., 2013. 524 p. (in Russian).
- 10 Ushachev I. Sotsial'naya politika krest'yanstva [Social policy of the peasantry]. Moscow, IP Nasiruddinova V.V., 2013. 240 p. (in Russian).

- 11 Subaeva A.K., Zamaidinov A.A. Methods of agricultural machinery market regulation. International Business Management. 2015. vol. 9. no. 7. pp. 1780–1784.
- 12 Berry A. The role of agriculture. Losing Ground in the Employment Challenge. Routledge, 2017. pp. 75–98.
- 13 Lee C.P. Reduced the Risk in Agriculture Management for Government Using Support Vector Regression with Dynamic Optimization Parameters. Lex Localis. 2017. vol. 15. no. 2. pp. 243.
- 14 Manda J., Alene A. D., Gardebroek C., Kassie M., Tembo G. Adoption and impacts of sustainable agricultural practices on maize yields and incomes: Evidence from rural Zambia. Journal of Agricultural Economics. 2016. vol. 67. no. 1. pp. 130–153.
- 15 Hodge I., Hauck J., Bonn A. The alignment of agricultural and nature conservation policies in the European Union. Conservation Biology. 2015. Vol. 29. no. 4. pp. 996–1005.
- 16 Smirnov N.A., Gruzdev G.V. Optimization of production and sales of potato products. Vestnik NGIEI [Herald NGIEI]. 2017. no. 7 (74). pp. 100–109. (in Russian).
- 17 Mirnov N.A. Strengthening food independence of the region on the basis of increasing the efficiency of the potato industry. Vestnik NGIEI [Herald NGIEI]. 2018. no. 1 (80). pp. 111–122. (in Russian).

Сведения об авторах

Владимир Ф. Печеневский к.э.н., доцент, отдел экономики АПК и агропродовольственных рынков, «Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-черноземного района Российской Федерации, ул. Серафимовича 26а, г. Воронеж, 394042, Россия, monitoringr@mail.ru

Олег И. Снегирев научный сотрудник, отдел экономики АПК и агропродовольственных рынков, «Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-черноземного района Российской Федерации, ул. Серафимовича 26а, г. Воронеж, 394042, Россия, monitoringr@mail.ru

Information about authors

Vladimir F. Pechenevsky Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of economics of the agro-industrial complex and agrifood markets, Research Institute of Economics and the organization of the agro-industrial complex of the Central Black Earth region of the Russian Federation, st. Serafimovich 26a, Voronezh, 394042, Russia, monitoringr@mail.ru

Oleg I. Snegirev researcher, department of economics of the agroindustrial complex and agrifood markets, Research Institute of Economics and the organization of the agro-industrial complex of the Central Black Earth region of the Russian Federation, st. Serafimovich 26a, Voronezh, 394042, Russia, monitoringr@mail.ru

Вклад авторов

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

Contribution

Authors were equally involved in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/10/2019	После редакции 15/11/2019	Принята в печать 14/01/2020
Received 21/10/2019	Accepted in revised 15/11/2019	Accepted 14/01/2020

Влияние формы графиков электрических нагрузок потребителей на эффективность ценозависимого управления на основе систем накопителей электроэнергии

Анатолий П. Дзюба¹ dzyuba-a@yandex.ru  0000-0001-6319-1316

¹ Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, г. Челябинск, 454080, Россия

Аннотация. Одним из инновационных направлений перспективного развития электроэнергетических комплексов стран мира являются технологии умных сетей электроснабжения, основным элементом которых – системы промышленных накопителей электроэнергии. Они начали получать широкое распространение для применения в качестве локальных накопителей электроэнергии, используемых в комплексе с возобновляемыми источниками электроэнергии. Цель исследования – выполнение анализа влияния формы графиков электрических нагрузок потребителей на эффект, получаемый в процессе ценозависимого управления электропотреблением на базе систем промышленных накопителей электроэнергии в действующих условиях закупок на оптовом и розничном рынках электроэнергии России. Использованы методы анализа, синтеза, системного подхода. Для выполнения исследования брали данные о характеристиках типовых графиков электрических нагрузок различных типов крупных потребителей, ценовые параметры поставки электроэнергии с розничного рынка электроэнергии, действующие для потребителей ЦФО. На основе трех базовых типов почасового графика электропотребления, имеющих различные показатели коэффициентов заполнения суточных нагрузок, проведены расчеты изменения параметров стоимости закупок электроэнергии и средних цен на закупку электроэнергии, а также выявлены сравнительные характеристики параметров затрат и средних цен. На основе анализа параметров стоимости электроэнергии и средних цен закупки на примере Воронежской области исследовали направление изменения общей стоимости закупок электроэнергии и средних тарифов на закупку по мере изменения показателей коэффициента заполнения суточных графиков нагрузки. Выявлена зависимость эффектов снижения средней цены закупок электроэнергии от показателей коэффициента заполнения. На основе данных о ценовых параметрах всех компонентов электроэнергии для регионов ЦФО рассчитаны параметры стоимости и средних тарифов на закупку электроэнергии, что позволило выявить параметры неравномерности как месячных затрат на закупку электроэнергии до и после применения систем накопителей электроэнергии, так и на параметры снижения средних тарифов на закупку электроэнергии после применения систем накопителей. Проведен анализ эффектов от применения систем накопителей электроэнергии для различных графиков спроса и уровней расчетного напряжения, что позволило выявить тенденцию увеличения эффекта снижения средних цен на закупку электроэнергии по мере снижения уровня расчетного напряжения. Полученные результаты могут быть использованы сотрудниками энергетических компаний России либо энергетических служб промышленных предприятий ЦФО в процессе анализа инвестиционных проектов по использованию систем промышленных накопителей электроэнергии.

Ключевые слова: накопители электроэнергии, управление спросом, ценозависимое электропотребление, энергоэффективность, региональные энерготарифы, промышленная энергетика

The influence of the form of graphs of electrical loads of consumers on the efficiency of price-dependent control based on the systems of electrical energy storage

Anatoly P. Dzyuba¹ dzyuba-a@yandex.ru  0000-0001-6319-1316

¹ South-Ural State University, Lenin Av., 76, Chelyabinsk, 454080, Russia

Abstract. One of the innovative directions of the prospective development of electric power complexes of the countries of the world is the technology of smart power supply networks, the main element of which is the system of industrial energy storage. They began to be widely used for use as local energy storage devices used in combination with renewable energy sources. The purpose of the study is to analyze the influence of the shape of the graphs of consumers' electrical loads on the effect obtained in the process of price-dependent energy management based on industrial energy storage systems in the current conditions of procurement in the wholesale and retail electricity markets of Russia. The methods of analysis, synthesis, and systems approach are used. To carry out the study, we took data on the characteristics of typical graphs of electric loads of various types of large consumers, price parameters of electricity supply from the retail electricity market, valid for consumers of the Central Federal District. Based on the three basic types of hourly electricity consumption schedules, which have different indicators of daily load factors, calculations were made of changes in the parameters of the cost of electricity purchases and average prices for the purchase of electricity, as well as the comparative characteristics of cost parameters and average prices were revealed. Based on the analysis of the parameters of the cost of electricity and average purchase prices, the example of the Voronezh region investigated the direction of change in the total cost of electricity purchases and average purchase tariffs as the fill factor of daily load schedules changes. The dependence of the effects of lowering the average price of electricity purchases on the fill factor was revealed. Based on the data on the price parameters of all electric power components for the regions of the Central Federal District, the cost parameters and average tariffs for the purchase of electricity were calculated, which made it possible to identify the uneven parameters of both the monthly costs of purchasing electricity before and after the use of electric energy storage systems, and the parameters for reducing the average purchase tariffs electricity after applying storage systems. The analysis of the effects of the use of energy storage systems for different demand schedules and levels of rated voltage was carried out, which revealed a tendency to increase the effect of a decrease in average prices for the purchase of electricity as the level of rated voltage decreases. The results can be used by employees of energy companies in Russia or energy services of industrial enterprises of the Central Federal District in the process of analysis of investment projects on the use of industrial energy storage systems.

Keywords: energy storage devices, demand management, price-dependent energy consumption, energy efficiency, regional energy production trips, industrial energy

Для цитирования

Дзюба А.П. Влияние формы графиков электрических нагрузок потребителей на эффективность ценозависимого управления на основе систем накопителей электроэнергии // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 291–303. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-291-303

For citation

Dzyuba A.P. The influence of the form of graphs of electrical loads of consumers on the efficiency of price-dependent control based on the systems of electrical energy storage. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 291–303. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-291-303

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

Введение

Одним из базовых направлений мировых инновационных исследований последнего десятилетия являются технологии в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Для большинства стран мира энергосбережение и повышение энергетической эффективности являются базовыми направлениями политики долгосрочного стратегического развития, что приводит к повышению интереса к технологиям и методам энергосбережения. Это в последние 15 лет позволило привлечь значительные государственные и частные инвестиции в исследования и разработки в данной области. Развитие технологий учета электроэнергии и передачи данных о параметрах электропотребления на большие расстояния положило основу развития новой технологии «Умных сетей электроснабжения» (англ. Smart Grid) [1]. Умные сети электроснабжения основаны на использовании информационных и коммуникационных технологий для сбора информации о производстве и спросе электроэнергии, выполняют автоматическое регулирование режимов электропотребления, направленное на повышение как надежности энергоснабжения, так и на снижение затрат на энергопотребление. Постепенное внедрение технологий умных сетей электроснабжения формирует новые методологические подходы к управлению бизнес-процессами в электроэнергетике, прежде всего на уровне конечных потребителей электроэнергии [2]. Одним из ключевых направлений использования умных сетей электроснабжения является комбинированная интеграция потребления электроэнергии одновременно от централизованной сети электроснабжения и от локальных систем промышленных накопителей электроэнергии.

Постановка задачи

Системы промышленных накопителей электроэнергии – это системы аккумуляции электроэнергии, позволяющие выполнять накопление электроэнергии в промышленных масштабах с целью последующей выдачи потребителям. Системы промышленных накопителей электроэнергии представляют собой аккумулятор электроэнергии, способный накапливать заряд большой емкости. Это принципиально новый элемент архитектуры сетей электроснабжения, предающий ей новые функциональные свойства. Системы промышленных накопителей могут участвовать в рынках

системных услуг по регулированию параметров устойчивости электроэнергетических систем.

Наиболее распространенными технологиями промышленных накопителей электроэнергии являются гидроаккумулирующие электростанции, механические и пневматические накопители электроэнергии, однако данные виды промышленных накопителей из-за высоких капитальных и эксплуатационных затрат не нашли широкого распространения [3, 4]. Современные технологии промышленных накопителей электроэнергии получили развитие на основе методов электрохимического сохранения электроэнергии, которые основаны на литий-ионных полимерных технологиях, позволяющих изготавливать накопители сравнительно небольшой стоимости, компактные по массогабаритным показателям, с выполнением в любой геометрической форме [5].

Основным технологическим трендом, сопутствующим массовому развитию технологий промышленных накопителей электроэнергии, является развитие возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ). Из рисунка 1 видно, что среднегодовые темпы роста ввода систем солнечной и ветрогенерации существенно опережают показатели прочих альтернативных источников ВИЭ. Именно системы солнечной и ветрогенерации из-за высокой установленной мощности требуют применения систем промышленных накопителей. Учитывая несовпадение периодов выработки электроэнергии ВИЭ и потребления электроэнергии на уровне конечных потребителей, для повышения КПД использования ВИЭ требуется применение систем промышленных накопителей. По данным МЭА, за период 1990–2015 гг. доля ВИЭ в общемировом энергобалансе возросла с 19,4 до 22,8% [6], а рост использования ВИЭ в мировом энергобалансе без учета гидроэнергетики составил

с 1,3 до 6,8%, что подчеркивает дальнейшую перспективу развития технологий промышленных накопителей в будущем.

Анализ динамики выработки электроэнергии на основе солнечной генерации и ветрогенерации в некоторых странах мира за 2000–2015 гг. (рисунок 2) подчеркивает как действующую, так и прогнозную динамику ввода мощностей ВИЭ, что еще раз свидетельствует о развитии рынка систем промышленных накопителей.

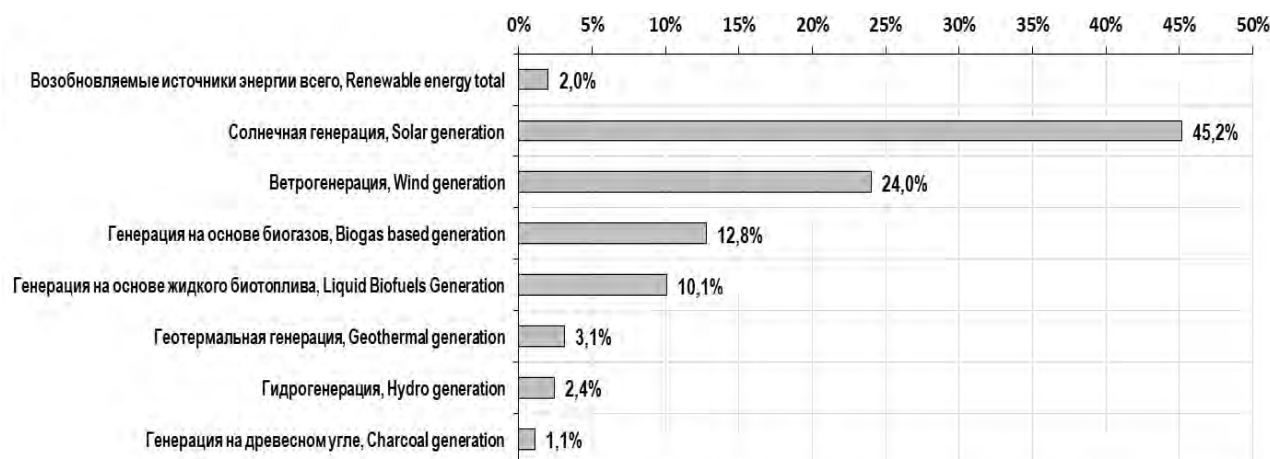


Рисунок 1. Среднемировые темпы роста использования возобновляемых источников электроэнергии за период 1990–2015 гг. [6]

Figure 1. The average global growth rate of renewable energy sources for the period 1990–2015 [6]

По данным аналитического агентства Navigant Research [7], прогноз мирового рынка систем накопителей электроэнергии, участвующих в рамках рынков системных услуг, может 1 ГВт в 2016 г. вырасти до 22 ГВт уже в 2025 г., что сформирует рынок емкостью более 18 млрд долл. в год. По данным экспертно-аналитического доклада, подготовленного «Роснано» на тему «Рынок систем накопления электроэнергии в России: потенциал развития», максимальный объем российского сегмента рынка систем накопителей электроэнергии к 2025 г. может составить 8,6 млрд долл. США в год, что даст экономике страны эффект в размере 11 млрд долл. США в год [8].

Системы промышленных накопителей электроэнергии могут работать в комбинированном

режиме, как с традиционными источниками энергоснабжения, так и с системами распределенной генерации и альтернативных источников электроэнергии (рисунок 3). Применение локальных систем промышленных накопителей еще больше расширяет возможности управления энергоснабжением, что приводит к снижению потерь и более гибкому регулированию режимов работы применительно к управляемой нагрузке. Как было упомянуто выше, применение систем промышленных накопителей электроэнергии способно полностью изменить как архитектуру электроснабжения на уровне энергосистем, так и модель управления электропотреблением на уровне потребителей электроэнергии.

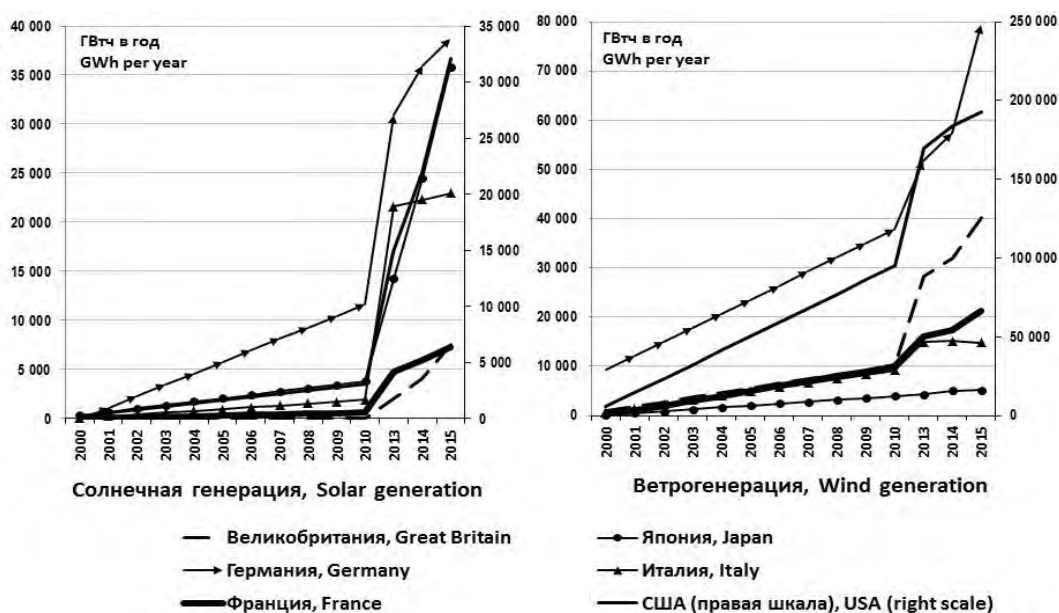


Рисунок 2. Объемы выработки электроэнергии при помощи систем солнечной генерации и ветрогенерации в некоторых странах мира за период 2000–2015 гг. [6]

Figure 2. Volumes of electricity generation with the help of solar generation and wind generation systems in some countries of the world for the period 2000–2015 [6]

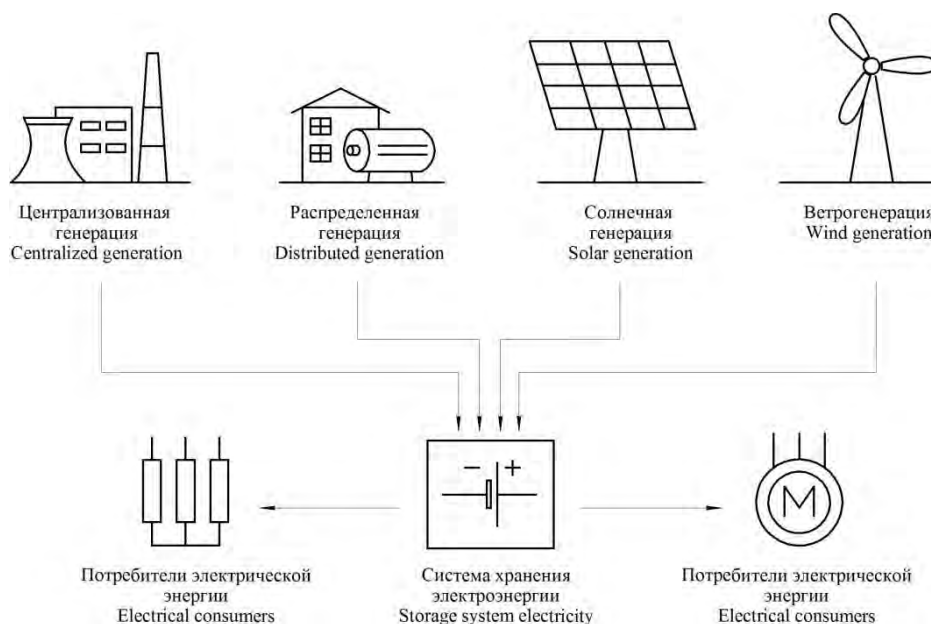


Рисунок 3. Структура работы систем промышленных накопителей электроэнергии с различными источниками выработки электроэнергии

Figure 3. The structure of the work of industrial energy storage systems with various sources of electricity generation

Ценозависимое потребление электроэнергии в России

Действующие условия ценообразования оптового и розничного рынков электроэнергии России позволяют использовать системы промышленных накопителей электроэнергии для целей управления затратами на закупку электроэнергии. Это реализуется на основе ценозависимого электропотребления, которое представляет собой управление собственным почасовым графиком спроса на электропотребление на основе реакции на изменение ценовых сигналов энергорынка [9]. Применение ценозависимого управления электропотреблением на основе систем промышленных накопителей электроэнергии позволяет снижать затраты на закупку электроэнергии. При этом для потребителей, имеющих различные характеристики внутрисуточного почасового спроса на электропотребление эффект не является одинаковым. Эффект от применения систем промышленных накопителей электроэнергии влияет как на экономию, получаемую потребителями электроэнергии, так и на показатели инвестиционного проекта по приобретению и эксплуатации систем накопителей.

Методология исследования

На основе примера различных графиков почасового суточного спроса на электропотребление проведен анализ эффективности применения ценозависимого управления электропотреблением на основе систем промышленных накопителей электроэнергии. На рисунке 4 представлены

типовые графики почасового суточного спроса на электропотребление с различными параметрами коэффициентов заполнения. Коэффициент заполнения графика нагрузок – отношение средней активной мощности к максимальной за исследуемый период времени формула (1). Коэффициент заполнения графика нагрузок ($K_{\text{зап}}$) отражает, насколько величина пикового суточного графика спроса отличается от среднесуточной величины спроса [10]. Чем ближе значение коэффициента заполнения к 1, тем меньше выражен пик суточного почасового графика спроса, и наоборот.

$$K_{\text{зап}} = \frac{P_{\text{cp}}}{P_{\text{max}}}, \quad (1)$$

где P_{cp} – среднесуточное значение почасового графика нагрузок; P_{max} – максимальное значение почасового графика нагрузок. «График А» соответствует графику нагрузки предприятия, работающего в одну смену. Пример такого предприятия – швейная фабрика. Расчетный $K_{\text{зап}}$ «Графика А» составляет 0,42.

«График Б» соответствует графику нагрузки крупного потребителя электроэнергии, работающего более 10 часов в сутки. Пример такого потребителя – торговый центр, работающий в период с 09:00 до 20:00. Расчетный $K_{\text{зап}}$ «Графика Б» составляет 0,66.

«График В» соответствует графику нагрузки производственного предприятия, работающего в две полные смены. Расчетный $K_{\text{зап}}$ «Графика В» составляет 0,88.

Для графиков А, Б и В пики нагрузки в часы максимума с 09:00 до 15:00 являются эквивалентными как по форме, так и по величине. Сравнимые графики отличаются лишь формами вечерних пиков. При этом именно дневные пики оказывают основное влияние на стоимость параметров электрической мощности и услуг по передаче электроэнергии.

Проведем моделирование графиков электрических нагрузок предприятий после применения системы промышленного накопителя электроэнергии. Система промышленного накопителя имеет установленную мощность 400 кВт. Заряд системы промышленного накопителя производится в ночное время с 23:00 до 05:00. При этом зарядка выполняется в режиме потребления нагрузки, равной 267 кВт в час. Выдача мощности системой накопителя производится в часы максимума нагрузки в течение 4 ч – с 09:00 до 13:00, с выдаваемой мощностью 400 кВт в час. На рисунке 5 представлены

графики почасового суточного спроса на электропотребление после применения систем промышленного накопления электроэнергии, из которых следует, что в часы выдачи мощности системой накопления электроэнергии график спроса снижается, и наоборот, в часы заряда системы накопления электроэнергии график спроса предприятия увеличивается на мощность заряда системы накопителей. В таблице 1 представлены расчетные характеристики посуточных графиков типовых графиков электропотребления до и после применения систем промышленного накопления электроэнергии, из которых следует, что общий объем электропотребления предприятием за счет перераспределения нагрузок не изменяется. При этом снижаются величины закупки мощности после применения системы накопителей и величины на оплату ставки на содержание электрических сетей после применения системы накопителей.

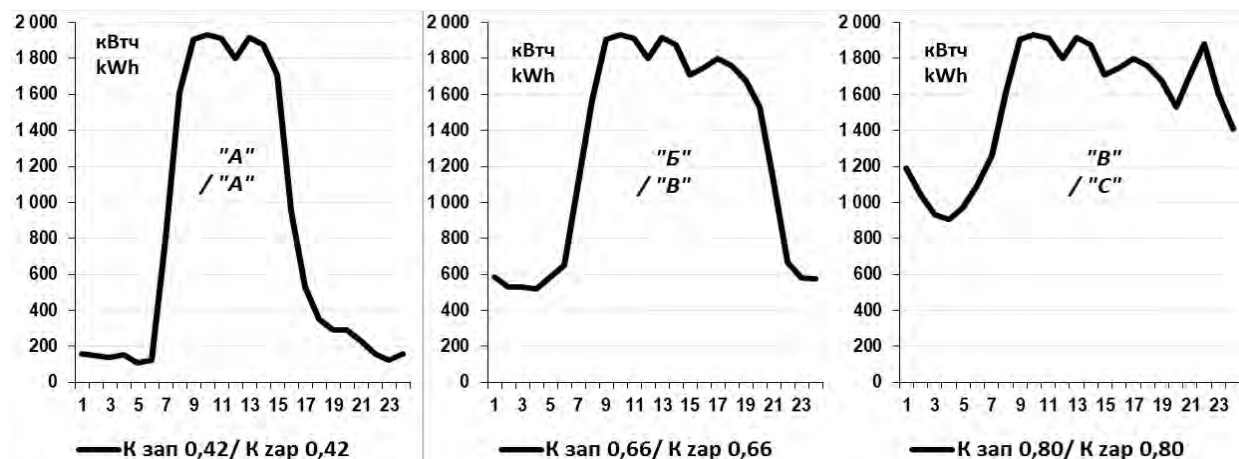


Рисунок 4. Типовые графики почасового суточного спроса на электропотребление с различными параметрами коэффициентов заполнения

Figure 4. Typical schedules of hourly daily demand for power consumption with various parameters of fill factors

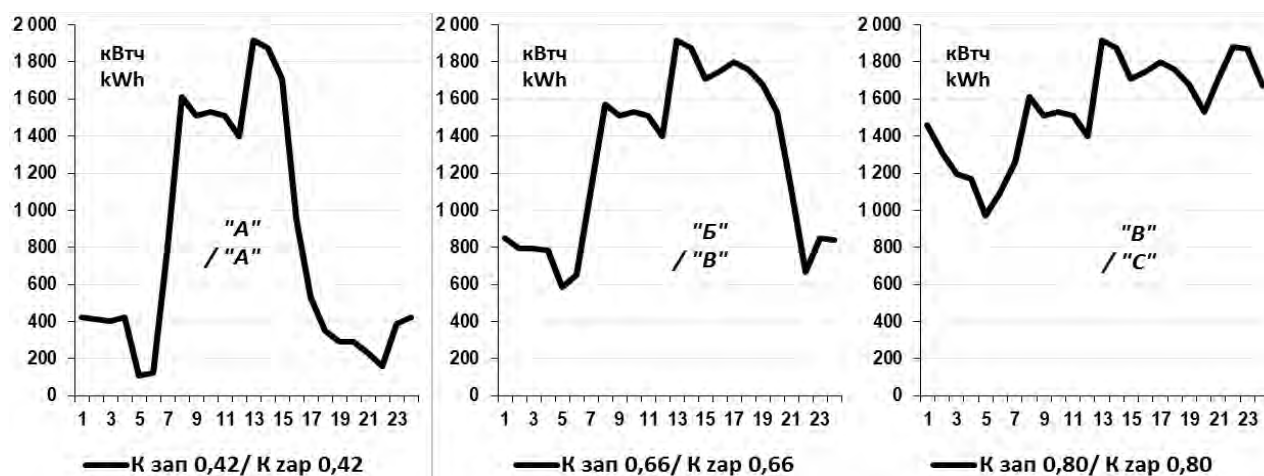


Рисунок 5. Типовые графики почасового суточного спроса на электропотребление после применения систем промышленного накопления электроэнергии

Figure 5. Typical schedules of hourly daily demand for electricity after the application of industrial energy storage systems

Таблица 1.

Параметры характеристик типовых графиков электропотребления до и после применения систем промышленного накопления электроэнергии

Table 1.

Characteristics of typical graphs of power consumption before and after the application of industrial energy storage systems

Параметр Parameter	График А Chart A	График Б Chart B	График В Chart C
Суточный объем электропотребления до применения системы накопителей, кВтч Daily power consumption before using the storage system, kWh	19 358	30 575	37 171
Суточный объем электропотребления после применения системы накопителей, кВтч The daily amount of power consumption after using the storage system, kWh	19 358	30 575	37 171
Величина закупки мощности до применения системы накопителей, кВт/мес Amount of power purchase before using the storage system, kW/month	1 931	1 931	1 931
Величина закупки мощности после применения системы накопителей, кВт/мес The amount of power purchase after using the storage system, kW/month	1 531	1 531	1 531
Величина на оплату ставки на содержание электрических сетей до применения системы накопителей, кВт/мес The amount to pay for the maintenance of electric networks before the application of storage systems, kW/month	1 931	1 931	1 931
Величина на оплату ставки на содержание электрических сетей после применения системы накопителей, кВт/мес The amount to pay for the maintenance of electric networks after the application of the storage system, kW/month	1 531	1 531	1 531

Оценка экономического эффекта для различных характеристик графиков нагрузки

На основании полученных графиков электропотребления до и после применения систем промышленного накопления электроэнергии, имеющих различные параметры $K_{\text{зап}}$, были выполнены расчеты параметров стоимости закупок электроэнергии. Стоимость закупок электроэнергии производилась на основе цен розничного рынка электроэнергии, действующих в Воронежской области за апрель 2019 г. Расчетный уровень напряжения был принят 6 кВ (среднее второе напряжение – СН2), т. к. данное напряжение является наиболее распространенным для потребителей электроэнергии. Крупным промышленным предприятиям для

получения эффекта нужно применение более мощных систем накопителей, которые требуют наибольших капиталовложений.

Расчет стоимости закупок электроэнергии $C_{\text{мес}}$ производился по формуле (2), расчет средних тарифов на закупку электроэнергии производился по формуле (3).

$$C_{\text{мес}} = C_{\text{мес}}^{\text{ээ}} + C_{\text{мес}}^{\text{мощ}} + C_{\text{мес}}^{\text{пер}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{мес}}^{\text{ээ}}$ – стоимости закупок компонента электрической энергии за календарный месяц, р.; $C_{\text{мес}}^{\text{мощ}}$ – стоимости закупок компонента электрической мощности за календарный месяц, р.; $C_{\text{мес}}^{\text{пер}}$ – стоимости оплаты компонента услуги по передаче электроэнергии за календарный месяц, р. [11].

Таблица 2.

Параметры стоимости закупки электроэнергии и средних тарифов закупки для различных графиков спроса в ценах Воронежской области за период апреля 2019 года. СНЭ – системы накопителей электроэнергии

Table 2.

The cost parameters of the purchase of electricity and the average purchase tariffs for various demand schedules in the prices of the Voronezh region for the period of April 2019. SNE – power storage systems

Параметр Parameter	График А Chart A	График Б Chart B	График В Chart C
1	2	3	4
Стоимость закупки электроэнергии до применения СНЭ, тыс. р. The cost of the purchase of electricity before the application of SNE, thousand roubles	5 454,4	6 085,5	6 445,6
Стоимость закупки электроэнергии после применения СНЭ, тыс. р. The cost of purchasing electricity after the application of SNE, thousand roubles	4 546,2	5 177,2	5 537,4
Эффект от применения СНЭ, тыс. р. The effect of the use of SNE, thousand roubles	908,3	908,3	908,3
Эффект от применения СНЭ, % The effect of the use of SNE, %	17	15	14

Продолжение табл. 2 | Continuation of table 2

1	2	3	4
Средний тариф на закупку электроэнергии до применения СНЭ, р. The average tariff for the purchase of electricity to the application of SNE, rubles	9,39	6,63	5,78
Средний тариф на закупку электроэнергии после применения СНЭ, р. The average tariff for the purchase of electricity after the application of SNE, rubles	7,83	5,64	4,97
Эффект от применения СНЭ, р. The effect of the use of SNE, rubles	1,6	1,0	0,8
Эффект от применения СНЭ, % The effect of the use of SNE, %	17	15	14

Результат расчета параметров стоимости закупки электроэнергии и средних тарифов закупки до и после применения систем накопителей электроэнергии представлен в таблице 2 и на рисунке 6. Как видно из расчетов, общая стоимость закупок электроэнергии для графиков «А», «Б» и «В» различна, это связано с различием общего объема потребления электроэнергии рассматриваемыми графиками. При этом величина эффекта от закупок электроэнергии для всех графиков является одинаковой – 908,3 тыс. р., что связано с одинаковой величиной снижения нагрузки в часы пикового спроса. Сравнение величины относительного эффекта для различных графиков показало, что эффект для «Графика А» является самым большим и составляет 17% от общей величины затрат, для графиков «Б» и «В» эффект составляет 15 и 14% соответственно, что также объясняется различными параметрами стоимости электроэнергии для различных графиков.

Сравнительная оценка средних тарифов $\Pi_{\text{мес}}$ на закупку электроэнергии показывает обратную зависимость. Для «Графика А» тариф на закупку электроэнергии является самым высоким – 9,39 р./кВт·ч, и снижается для графиков «Б» и «В». Несмотря на то что общий эффект для рассматриваемых графиков одинаковый, величина снижения средних тарифов

на закупку электроэнергии различна: для «Графика А» – 1,6 р./кВт·ч., для «Графика Б» – 1,0 р./кВт·ч., для «Графика В» – 0,8 р./кВт·ч.

$$\Pi_{\text{мес}} = \frac{C_{\text{мес}}}{W_{\text{мес}}}, \quad (3)$$

где $W_{\text{мес}}$ – объем электропотребления за календарный месяц, кВт·ч;

Как видно из рисунка 6, если по мере увеличения коэффициента заполнения суточного графика нагрузок величина стоимости закупок электроэнергии возрастает, а эффект от применения систем накопителей является одинаковым, то по мере увеличения коэффициента заполнения средний тариф на закупку электроэнергии снижается, и разница в тарифах от применения системы накопителей снижается по мере увеличения коэффициента заполнения графиков нагрузки.

Таким образом, характеристика коэффициента заполнения суточных графиков нагрузки оказывает существенное влияние на параметры уровня эффектов от применения систем накопителей электроэнергии и снижение средних тарифов на закупку электроэнергии по мере снижения параметров коэффициентов заполнения суточных графиков нагрузки.

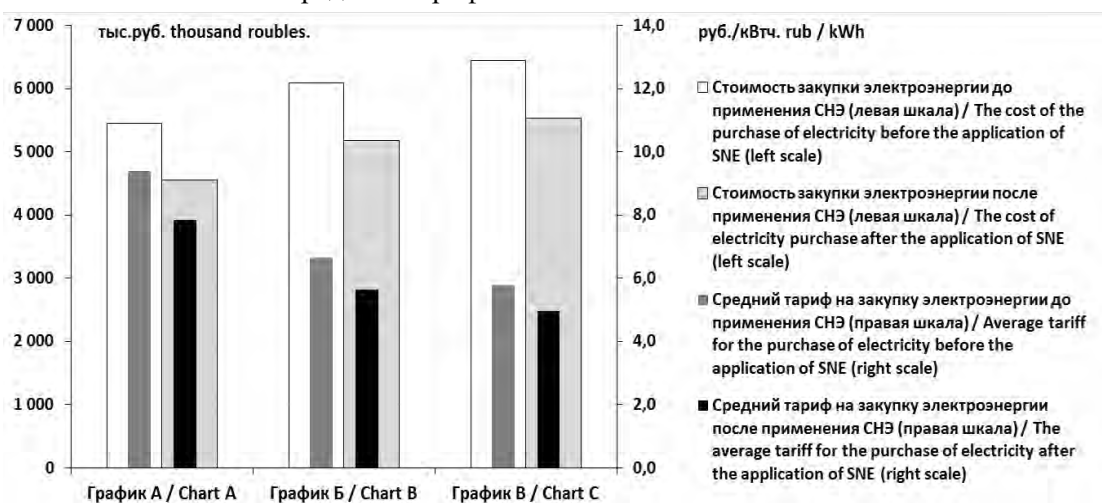


Рисунок 6. Параметры стоимости закупки электроэнергии и средних тарифов закупки для различных графиков спроса в ценах Воронежской области за период апреля 2019 г.

Figure 6. The cost parameters of the purchase of electricity and the average purchase tariffs for various demand schedules in the prices of the Voronezh region for the period of April 2019

Сравнение эффектов на примере регионов ЦФО. Ценовые параметры закупки электроэнергии для регионов России имеют существенные различия по каждому компоненту стоимости электроэнергии. На основании различных параметров компонентов стоимости электроэнергии эффект от применения систем промышленных накопителей электроэнергии для различных регионов может существенно отличаться, как и величина эффекта, связанная с изменением коэффициента заполнения суточных графиков электрических нагрузок (таблица 3).

Для каждого региона произведен расчет стоимости закупок электроэнергии на розничном рынке для уровня «среднее второе напряжение (СН2)». Расчет выполнен для параметров графиков «А», «Б» и «В» с учетом базового графика нагрузки, а также применения систем промышленного накопителя электроэнергии. Как видно из результатов расчетов, несмотря на применение в процессе расчетов эквивалентных графиков электропотребления и равных параметров корректировки величины

спроса на параметры заряда и разряда системы накопителей электроэнергии, эффекты для исследуемых регионов различаются. Различия проявляются как в величине эффектов в рамках регионов, так и в величине изменения эффектов с изменением параметров коэффициентов заполнения суточных графиков нагрузки для представленных примеров «График А–В».

На рисунке 7 представлена диаграмма месячных затрат на закупку электроэнергии до и после применения систем накопителей электроэнергии для регионов ЦФО на примере расчета «Графика А». Величина затрат на закупку электроэнергии при эквивалентном графике спроса для регионов ЦФО различна. Наиболее высокая стоимость наблюдается в Курской, Смоленской и Липецкой областях, самая низкая – в Тульской и Московской областях и г. Москве. В целом затраты на закупку электроэнергии могут различаться на величину до 40%, что существенно влияет на эффект от применения систем промышленных накопителей.

Таблица 3.

Параметры изменения стоимости закупок электроэнергии и средних тарифов до и после применения системы накопителей электроэнергии в регионах ЦФО

Table 3.

Parameters of changes in the cost of purchasing electricity and average tariffs before and after the application of the system of electricity storage in the regions of the Central Federal District

Регион ЦФО Region CFD	Параметр Parameter	А/А +		Б/Б +		В/В +	
		Стоимость Cost	Средний тариф Average fare	Стоимость Cost	Средний тариф Average fare	Стоимость Cost	Средний тариф Average fare
		тыс. р. thousand roubles.	р./кВт·ч rub / kWh	тыс. р. thousand roubles.	р./кВт·ч rub/kWh	тыс. р. thousand roubles.	р./кВт·ч rub/kWh
1	2	3	4	5	6	7	8
Белгородская область Belgorod region	X	4 773	8,22	5 410	5,90	5 773	5,18
	Y	4 008	6,90	4 645	5,06	5 008	4,49
	Z	765	1,32	765	0,83	765	0,69
	H	16%	16%	14%	14%	13%	13%
Брянская область Bryansk region	X	5 593	9,63	6 186	6,74	6 524	5,85
	Y	4 642	7,99	5 235	5,71	5 574	5,00
	Z	950	1,64	950	1,04	950	0,85
	H	17%	17%	15%	15%	15%	15%
Владимирская область Vladimir region	X	5 295	9,12	5 921	6,45	6 279	5,63
	Y	4 419	7,61	5 044	5,50	5 403	4,85
	Z	876	1,51	876	0,95	876	0,79
	H	17%	17%	15%	15%	14%	14%
Воронежская область Voronezh region	X	5 454	9,39	6 086	6,63	6 446	5,78
	Y	4 546	7,83	5 177	5,64	5 537	4,97
	Z	908	1,56	908	0,99	908	0,81
	H	17%	17%	15%	15%	14%	14%
Ивановская область Ivanovo region	X	5 180	8,92	5 729	6,25	6 042	5,42
	Y	4 301	7,41	4 849	5,29	5 163	4,63
	Z	879	1,51	879	0,96	879	0,79
	H	17%	17%	15%	15%	15%	15%

Продолжение табл. 3 | Continuation of table 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Калужская область Kaluga region	X	5 526	9,52	6 189	6,75	6 568	5,89
	Y	4 615	7,95	5 278	5,75	5 657	5,07
	Z	911	1,57	911	0,99	911	0,82
	H	16%	16%	15%	15%	14%	14%
Костромская область Kostroma region	X	5 724	9,86	6 305	6,87	6 637	5,95
	Y	4 744	8,17	5 324	5,80	5 656	5,07
	Z	981	1,69	981	1,07	981	0,88
	H	17%	17%	16%	16%	15%	15%
Курская область Kursk region	X	6 603	11,37	7 232	7,88	7 592	6,81
	Y	5 456	9,40	6 086	6,63	6 446	5,78
	Z	1 146	1,97	1 146	1,25	1 146	1,03
	H	17%	17%	16%	16%	15%	15%
Липецкая область Lipetsk region	X	5 989	10,31	6 652	7,25	7 032	6,31
	Y	4 982	8,58	5 645	6,15	6 025	5,40
	Z	1 007	1,73	1 007	1,10	1 007	0,90
	H	17%	17%	15%	15%	14%	14%
Московская область Moscow region	X	4 523	7,79	5 150	5,61	5 510	4,94
	Y	3 807	6,56	4 434	4,83	4 794	4,30
	Z	716	1,23	716	0,78	716	0,64
	H	16%	16%	14%	14%	13%	13%
Орловская область Oryol Region	X	5 245	9,03	5 965	6,50	6 377	5,72
	Y	4 412	7,60	5 132	5,59	5 544	4,97
	Z	833	1,43	833	0,91	833	0,75
	H	16%	16%	14%	14%	13%	13%
Рязанская область Ryazan Oblast	X	5 848	10,07	6 450	7,03	6 793	6,09
	Y	4 848	8,35	5 450	5,94	5 794	5,20
	Z	1 000	1,72	1 000	1,09	1 000	0,90
	H	17%	17%	16%	16%	15%	15%
Смоленская область Smolensk region	X	6 344	10,92	6 985	7,61	7 355	6,60
	Y	5 256	9,05	5 897	6,43	6 268	5,62
	Z	1 087	1,87	1 087	1,19	1 087	0,98
	H	17%	17%	16%	16%	15%	15%
Тамбовская область Tambov Region	X	5 538	9,54	6 154	6,71	6 505	5,83
	Y	4 607	7,93	5 223	5,69	5 575	5,00
	Z	931	1,60	931	1,01	931	0,83
	H	17%	17%	15%	15%	14%	14%
Тверская область Tver region	X	5 453	9,39	6 176	6,73	6 594	5,91
	Y	4 579	7,88	5 302	5,78	5 720	5,13
	Z	874	1,50	874	0,95	874	0,78
	H	16%	16%	14%	14%	13%	13%
Тульская область Tula region	X	4 872	8,39	5 587	6,09	5 998	5,38
	Y	4 115	7,09	4 831	5,27	5 241	4,70
	Z	757	1,30	757	0,82	757	0,68
	H	16%	16%	14%	14%	13%	13%
Ярославская область Yaroslavskaia oblast	X	4 930	8,49	5 526	6,02	5 868	5,26
	Y	4 120	7,09	4 715	5,14	5 058	4,54
	Z	810	1,40	810	0,88	810	0,73
	H	16%	16%	15%	15%	14%	14%
г. Москва Moscow	X	4 365	7,52	4 925	5,37	5 245	4,70
	Y	3 658	6,30	4 218	4,60	4 538	4,07
	Z	707	1,22	707	0,77	707	0,63
	H	16%	16%	14%	14%	13%	13%

X – стоимость электроэнергии при базовом графике спроса / electricity cost at the base demand schedule;
Y – стоимость электроэнергии при скорректированном графике спроса / electricity cost with adjusted demand graph;
Z – эффект в руб. / effect in rub.; H – эффект в % / effect in proc.

На рисунке 8 показаны параметры снижения средних тарифов на закупку электроэнергии после применения систем накопителей электроэнергии для графиков нагрузки с различными

параметрами коэффициентов заполнения. Эффекты от применения систем промышленных накопителей электроэнергии являются различными. Для Курской области величина эффекта

для «Графика А» составляет 1,97 р./кВт·ч., а для г. Москвы при эквивалентном графике спроса и системе промышленного накопителя эффект составляет 1,22 р./кВт·ч, что отличается на 38%. Выявленное различие эффектов существенно влияет как на эффект от применения систем накопителей, так и на параметры инвестиционных проектов внедрения систем промышленных накопителей.

Если различие эффектов от применения систем накопителей электроэнергии для графиков «А» и «В» для Курской области составляет 0,95 р./кВт·ч., то для г. Москвы данный показатель составляет 0,58 р./кВт·ч, что влияет на эффект применения систем накопителей электроэнергии для потребителей, имеющих различные коэффициенты заполнения суточных графиков спроса.

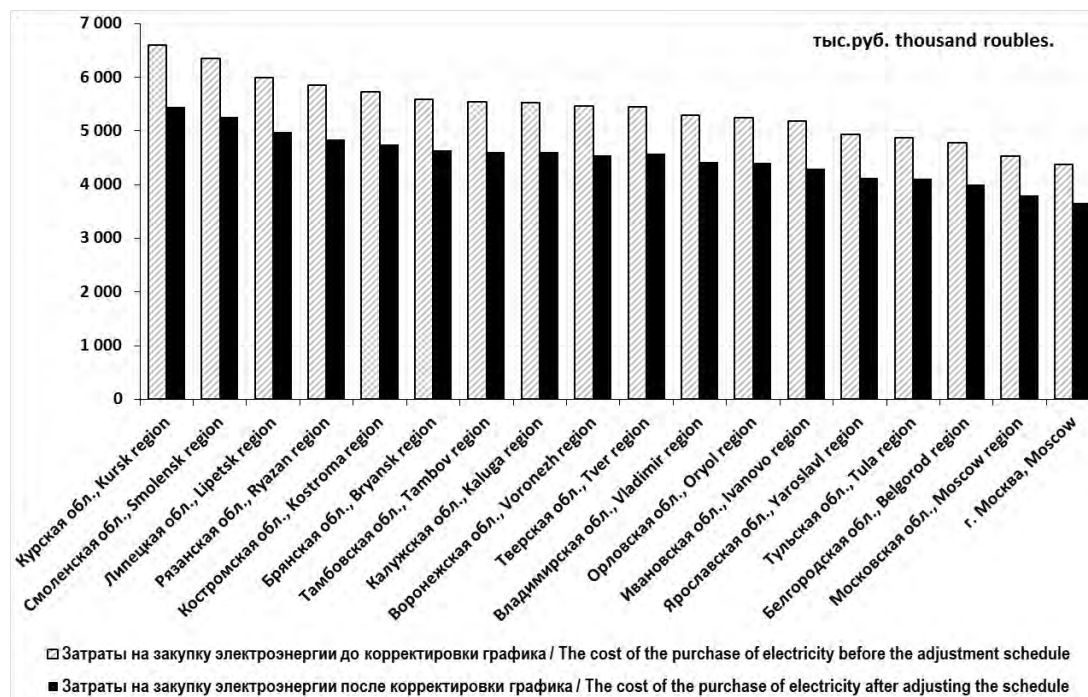


Рисунок 7. Месячные затраты на закупку электроэнергии до и после применения систем накопителей электроэнергии для регионов ЦФО на примере расчета «Графика А»

Figure 7. Monthly costs for the purchase of electricity before and after the application of electric power collectors for the regions of the Central Federal District on the example of the calculation of "Graphic A"

Оценка эффектов для различных уровней расчетного напряжения

Учитывая, что параметры стоимости электрической энергии и электрической мощности одинаковы для всех категорий потребителей электроэнергии, для потребителей, подключенных к различным уровням напряжения ВН (110 кВ и выше), СН1 (35 кВ), СН2 (20 – 1 кВ), НН (0,4 кВ и ниже), тарифы на передачу электроэнергии имеют существенные различия, что также требует дополнительных исследований. Исследованию особенностей формирования стоимости компонента услуги по передаче электроэнергии посвящена работа.

Учитывая выявленные различия эффектов от применения систем промышленных накопителей электроэнергии для суточных графиков нагрузки, имеющих различные показатели коэффициентов заполнения, был проведен расчет эффектов для различных графиков спроса

и различных уровней расчетного напряжения (рисунок 9).

Средние цены на закупку электроэнергии имеют тенденции увеличения по мере снижения уровня расчетного напряжения, за исключением уровней напряжения «СН2» и «НН», в которых по мере снижения уровня напряжения производится увеличение средней цены. Это связано с особенностями формирования тарифов на передачу электроэнергии в различных регионах России. При этом в большинстве регионов тарифы имеют строгое увеличение по мере снижения расчетного уровня напряжения. По мере увеличения коэффициента заполнения суточного графика нагрузок на всех уровнях расчетного напряжения средний тариф на закупку электроэнергии снижается. По мере увеличения коэффициента заполнения суточного графика нагрузок эффект от применения системы накопителей снижается, что подтверждается расчётами, выполненными для всех уровней напряжения.

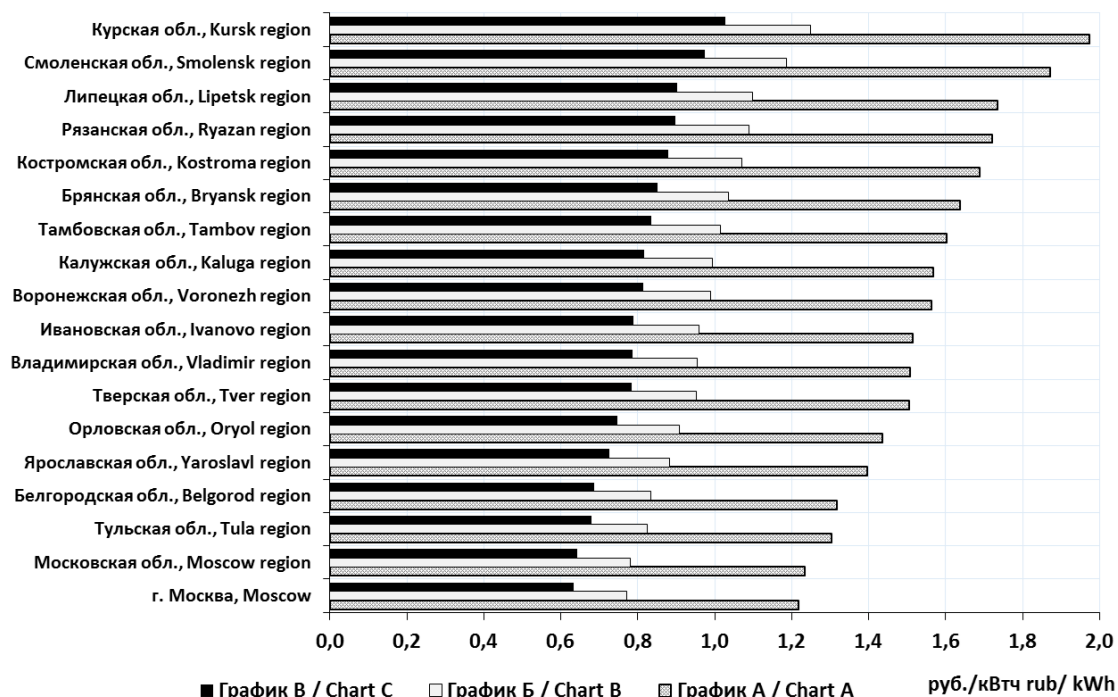


Рисунок 8. Диаграммы параметров снижения средних тарифов на закупку электроэнергии после применения систем накопителей электроэнергии для графиков нагрузки с различными параметрами коэффициентов заполнения
Figure 8. Diagrams of parameters for reducing the average tariffs for the purchase of electricity after the application of electric energy storage systems for load graphs with different fill factor parameters

Как следует из графиков средних эффектов от применения систем накопителей, по мере снижения расчетного напряжения показатели эффектов имеют тенденцию к увеличению. Для «Графика А», рассчитанного для уровня напряжения «ВН», эффект от применения систем накопителей составляет 1,09 р./кВт·ч, для аналогичного графика, но для уровня напряжения «НН» полученный эффект составляет 1,46 р./кВт·ч, что выше эффекта на уровне напряжения «ВН» на 33,8%. Результаты анализа подчеркивают тенденцию увеличения эффекта от применения систем промышленных накопителей электроэнергии по мере снижения коэффициентов заполнения суточных графиков нагрузок на всех уровнях расчетных напряжений по определению услуги по передаче электроэнергии.

Закключение

По результатам проведенного исследования можно сделать ряд выводов.

1) Одним из базовых направлений развития современных систем электроснабжения является интеграция потребления электроэнергии одновременно от централизованной сети электроснабжения и локальных систем промышленных накопителей электроэнергии. Промышленные накопители электроэнергии представляют собой принципиально новый элемент архитектуры сетей электроснабжения, который позволит предать ей новые функциональные свойства и изменить привычный подход к управлению

бизнес-процессами централизованного энергообеспечения потребителей электроэнергии.

2) Развитие мирового рынка систем солнечной и ветрогенерации привело к развитию технологий в области электрохимических накопителей электроэнергии, а также постепенному снижению их стоимости производства, что позволяет расширить использование систем промышленных накопителей на локальных объектах. Действующие условия ценообразования оптового и розничного рынков электроэнергии России позволяют использовать системы промышленных накопителей электроэнергии для целей управления затратами на закупку электроэнергии, это реализуется на основе ценозависимого электропотребления.

3) В результате анализа эффективности применения систем промышленных накопителей электроэнергии для графиков электрических нагрузок, имеющих различные параметры коэффициентов заполнения на примере ценовых параметров, действующих в Воронежской области, было выявлено, что по мере увеличения коэффициентов заполнения суточного графика нагрузки величина снижения среднего тарифа на закупку электроэнергии снижается. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования систем промышленных накопителей электроэнергии в первую очередь для потребителей, имеющих коэффициент заполнения суточных графиков нагрузки менее 0,5.

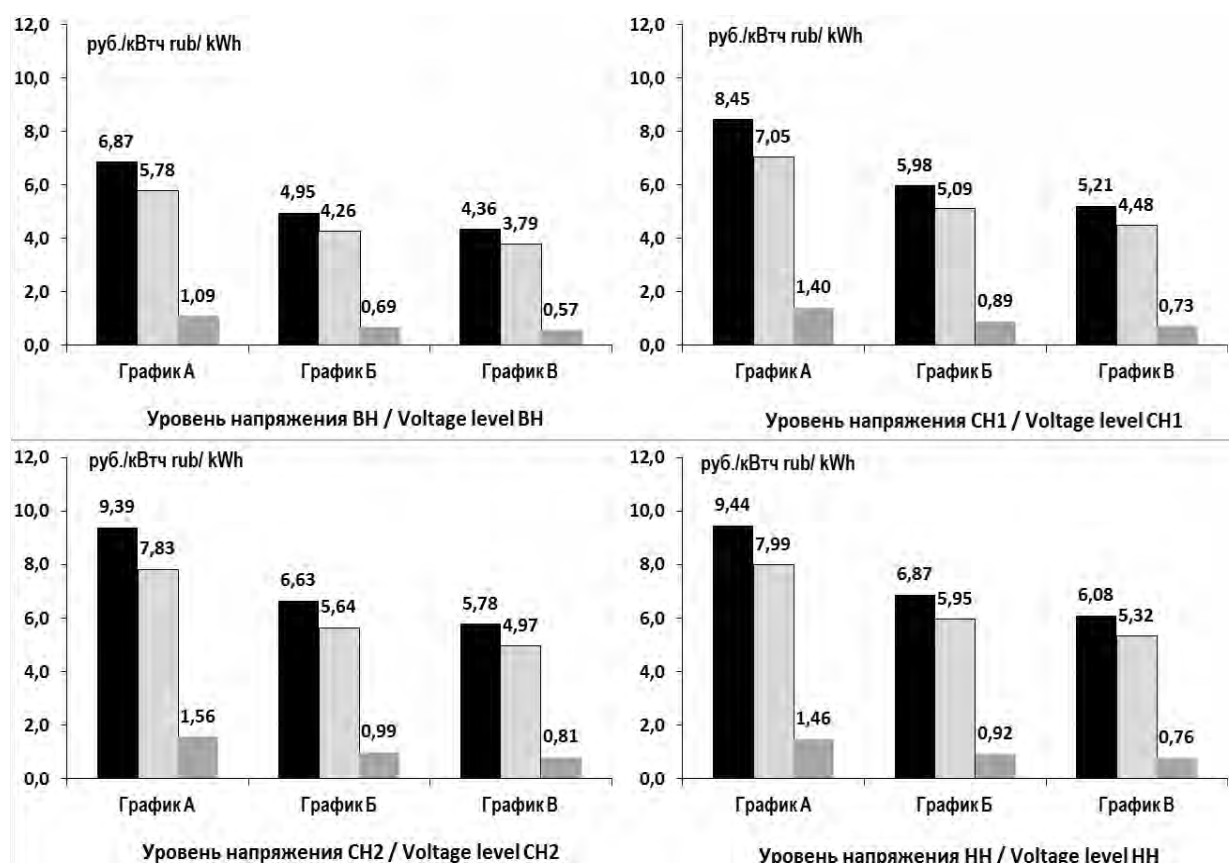


Рисунок 9. Средние цены на закупку электроэнергии до и после применения системы накопителей электроэнергии для различных уровней расчетного напряжения

Figure 9. Average prices for the purchase of electricity before and after applying the system of electricity storage for different levels of rated voltage

4) Расчет и сравнение эффектов от использования систем промышленных накопителей электроэнергии на основе графиков электрических нагрузок, имеющих различный коэффициент

заполнения для регионов, входящих в ЦФО, позволили выявить, что тенденция увеличения среднего эффекта по мере увеличения коэффициента заполнения сохраняется для всех регионов. При этом эффект от применения систем промышленных накопителей в рамках различных типовых графиков для исследуемых регионов является различным, что свидетельствует о необходимости проведения отдельных исследований потенциальных эффектов в случае принятия инвестиционных решений об установке локальных систем промышленных накопителей.

5) Анализ эффектов для различных уровней расчетного напряжения на основе графиков электрических нагрузок, имеющих различный коэффициент заполнения, рассчитанных на примере ценовых параметров услуг по передаче электроэнергии, действующих в Воронежской области, позволил выявить тенденцию увеличения средних эффектов от применения систем накопителей пропорционально снижению уровней расчетного напряжения. Выявленная тенденция подчеркивает получение наибольшего эффекта и показателей эффективности инвестиционных проектов от применения систем промышленных накопителей электроэнергии для потребителей, имеющих более низкий расчетный тариф на услугу по передаче электроэнергии.

Литература

- 1 Knudsen J.A., Hansen J., Annaswamy A.M. Dynamic Market Mechanism for the Integration of Renewables and Demand Response // *IEEE Transactions on Control Systems Technology*. 2016. V. 24. № 3. P. 940–955. doi: 10.1109/TCST.2015.2476785
- 2 Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции SMART GRID. М.: ИАЦ Энергия, 2010. 208 с.
- 3 Litjens G., Sark W.V., Worrell E. On the influence of electricity demand patterns, battery storage and PV system design on PV self-consumption and grid interaction // 2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC). 2017. P. 2021–2024. doi: 10.1109/PVSC.2016.7749983

- 4 Foucault F., Girard R., Kariniotakis G. A robust investment strategy for generation capacity in an uncertain demand and renewable penetration environment // 11th International Conference on the European Energy Market (EEM14). 2014. P. 1–5. doi: 10.1109/EEM.2014.6861240
- 5 Ряпин И.Ю. Сферы применения систем хранения электроэнергии: мировой опыт и российские перспективы // Материалы Международного конгресса REENCON-XXI «Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность». Москва, 2016. С. 257–258.
- 6 Renewables Information. Report International Energy Agency. 2017. 488 p. URL: <https://www.iea.org>
- 7 Power storage systems. Navigant Research URL: www.navigantresearch.com
- 8 Рынок систем накопления электроэнергии в России: потенциал развития. Экспертно-аналитический доклад «Роснано». Москва, 2018. 70 с.
- 9 Соловьева И.А., Дзюба А.П. Управление затратами на электропотребление по показателям волатильности спроса // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 1(33). С. 36–43.
- 10 Головкин П.И. Энергосистема и потребители электрической энергии. М.: Энергия 1, 1979. 359 с.
- 11 Баев И.А., Соловьева И.А., Дзюба А.П. Внедрение модели ценозависимого управления спросом на электропотребление в промышленности // Управление. 2018. Т. 9. № 6. С. 111–121. doi: 10.29141/2218-5003-2018-9-6-11

References

- 1 Knudsen J.A., Hansen J., Annaswamy A.M. Dynamic Market Mechanism for the Integration of Renewables and Demand Response. IEEE Transactions on Control Systems Technology. 2016. vol. 24. no. 3. pp. 940–955. doi: 10.1109/TCST.2015.2476785
- 2 Kobec B.B. Innovative development of the electric power industry based on the SMART GRID concept. Moscow, IAC Energiya 2010. 208 p. (in Russian).
- 3 Litjens G., Sark W.V., Worrell E. On the influence of electricity demand patterns, battery storage and PV system design on PV self-consumption and grid interaction. 2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC). 2017. pp. 2021–2024. doi: 10.1109/PVSC.2016.7749983
- 4 Foucault F., Girard R., Kariniotakis G. A robust investment strategy for generation capacity in an uncertain demand and renewable penetration environment. 11th International Conference on the European Energy Market (EEM14). 2014. pp. 1–5. doi: 10.1109/EEM.2014.6861240
- 5 Ryapin I.Yu. Spheres of application of electric storage systems: world experience and Russian prospects. Materials of the International Congress REENCON-XXI “Renewable Energy XXI Century: Energy and Economic Efficiency”. Moscow, 2016. pp. 257–258. (in Russian).
- 6 Renewables Information. Report International Energy Agency. 2017. 488 p. Available at: <https://www.iea.org>
- 7 Power storage systems. Navigant Research Available at: www.navigantresearch.com
- 8 Market of electric energy storage systems in Russia: development potential. Expert-analytical report of Rusnano. Moscow, 2018. 70 p. (in Russian).
- 9 Solovyova I.A., Dzyuba A.P. Management of energy consumption by demand volatility indicators. Bulletin of Kazan State Power Engineering University. 2017. no. 1 (33). pp. 36–43. (in Russian).
- 10 Golovkin P.I. Power system and consumers of electric energy. Moscow, Energiya 1, 1979. 359 p. (in Russian).
- 11 Baev I.A., Solovieva I.A., Dzyuba A.P. Introducing a model of price-dependent demand management for electricity consumption in industry. Manager. 2018. vol. 9. no. 6. pp. 111–121. doi: 10.29141/2218-5003-2018-9-6-11 (in Russian).

Сведения об авторах

Анатолий П. Дзюба к.э.н., ст. науч. сотрудник, кафедра финансов, денежного обращения и кредита, Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, г. Челябинск, 454080, Россия, dzyuba-a@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-6319-1316>

Information about authors

Anatolyy P. Dzyuba Cand. Sci. (Econ.), senior researcher, finance, money circulation and credit department, South-Ural State University, Lenin Av., 76, Chelyabinsk, 454080, Russia, dzyuba-a@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-6319-1316>

Вклад авторов

Анатолий П. Дзюба написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Contribution

Anatolyy P. Dzyuba 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 15/09/2019	После редакции 14/11/2019	Принята в печать 12/01/2020
Received 15/09/2019	Accepted in revised 14/11/2019	Accepted 12/01/2020

Пути повышения финансовых результатов предприятий сферы ЖКХ

Татьяна А. Журкина¹ zhutat@yandex.ruТатьяна В. Сабетова¹ tsabetova@mail.ru¹ Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

Аннотация. Жилищно-коммунальное хозяйство является неотъемлемой частью социальной сферы любого населенного пункта. В настоящее время его техническое состояние характеризуется высокой степенью износа, низким коэффициентом полезного действия и потерей ресурсов и теплоносителей. Из-за этого жилищно-коммунальное хозяйство является непривлекательным для инвесторов. Проведен подробный анализ финансовых результатов МУП Каменно-Степного сельского поселения «Оазис», выявлены причины снижения эффективности по видам деятельности: теплоснабжению, водооснащению, водоотведению и обращению с твердыми бытовыми отходами. Проведен анализ проблем работы МУП «Оазис» за 2016–2018 гг. В 2017 г. по теплосети из 7,3 км уже 2,1 км нуждались в замене, а в 2018 г. – 2,3 км или 31,5%. Число аварий за 2017–2018 гг. на источниках теплоснабжения (на паровых и тепловых сетях) – 4. Среди потребителей воды менее 50 % имеют приборы индивидуального учета. За 2017–2018 гг. случилось 7 аварий на водопроводе, потери воды составили примерно 13 % от ее общего объема. Из-за прорывов тепловых сетей потери тепловой энергии в 2017 г. составили 1116 гигакалорий, а в 2018 г. – 1235 гигакалорий. Анализируемое предприятие имеет неустойчивое финансовое состояние, оно неплатежеспособно. С целью повышения устойчивости функционирования МУП «Оазис» предлагается осуществить ряд мероприятий: развитие предприятия на основе государственно-частного партнерства, укрепление платежной дисциплины, снижение затрат и укрепление трудовой дисциплины.

Ключевые слова: финансовые результаты, предприятия ЖКХ, выручка, прибыль, рентабельность, государственно-частное партнерство

The ways to improve the financial results of the housing and utility sector companies

Tatiana A. Zhurkina¹ zhutat@yandex.ruTatiana V. Sabetova¹ tsabetova@mail.ru¹ Voronezh State Agricultural University, Michurina str. 1, Voronezh, 394087, Russia

Abstract. Housing and communal services is an integral part of the social sphere of any settlement. Currently, its technical condition is characterized by a high degree of wear, low efficiency and loss of resources and coolants. Because of this, housing and communal services is unattractive to investors. A detailed analysis of the financial results of the municipal unitary enterprise of the Kamennno-Stepnoy rural settlement "Oasis" was carried out, the reasons for the decrease in efficiency by types of activities: heat supply, water supply, sanitation and solid waste management were identified. The analysis of the problems of the work of the MUE "Oasis" for 2016–2018. In 2017, from the 7.3 km heating network, 2.1 km already needed to be replaced, and in 2018 – 2.3 km or 31.5%. The number of accidents for 2017–2018 on heat supply sources (on steam and heat networks) – 4. Among water consumers, less than 50% have individual meters. For 2017–2018 7 accidents occurred on the water supply system, water losses amounted to approximately 13% of its total volume. Due to breakthroughs of heating networks, the loss of thermal energy in 2017 amounted to 1116 gigacalories, and in 2018 – 1235 gigacalories. The analyzed company has an unstable financial condition, it is insolvent. In order to increase the stability of the functioning of the Municipal Unitary Enterprise "Oasis", it is proposed to carry out a number of measures: development of the enterprise on the basis of public-private partnerships, strengthening payment discipline, reducing costs and strengthening labor discipline.

Keywords: financial results, housing and communal services enterprises, revenue, profit, profitability, public-private partnership

Introduction

The insufficiency of budget financing of the housing and utility complex in order to implement targeted full repair and development programs led to a sharp increase in depreciation of fixed assets. The technical condition of the communal infrastructure is characterized, firstly, by high level of wear, secondly, by high accident rate, thirdly, by low efficiency of capacities and, finally, by large losses of energy carriers.

The existing unattractiveness of the urban economy complex for private investment is due to non-fulfillment of budgetary obligations and the lack of effective and transparent procedures for the formation and change of tariffs. Meanwhile, most of the projects to modernize the housing stock and communal infrastructure, transport sector are potentially commercially viable. Creating conditions for the influx of private investment could dramatically change the financial situation of this sector.

Для цитирования

Журкина Т.А., Сабетова Т.В. Пути повышения финансовых результатов предприятий сферы ЖКХ // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 304–312. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-304-312

For citation

Zhurkina T.A., Sabetova T.V. The ways to improve the financial results of the housing and utility sector companies. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 304–312. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-304-312

Discussion

In the course of our research, we came to the conclusion that the most important economic category that describes the financial result of a company is profit. The owners of companies, their business partners, government bodies are mostly interested in profit. Corporations, whose financial result is profit, generate income not only to their owners, but also make significant contribution to the development of the economy, social sphere, and the state as a whole.

The use of profit indicators depends on the purpose of the study. So, for example, to assess the level of production profitability, the indicator of profit from the sale of products can be used; to assess the level of return on total assets (total capital) of a company, the indicator of profit before taxation and interest on loans; to assess the level of return on equity, net profit indicator; for calculating break-even sales volume - margin profit indicator, etc.

The profit remaining at the disposal of a company is used by it independently and is directed for the further development of entrepreneurial activity.

We studied the financial results of the municipal unitary company (MUC) "Oasis" of the Kamenno-Stepnoy rural settlement. It is a small company that specializes in the providing heat supply, water supply, sanitation, and solid household waste management services. In the dynamics for 2016-2018, the analyzed company remained in unstable financial situation, with marked decrease in its solvency and financial stability.

We found that during the analyzed period, revenue increased by 1747 thousand rubles, or 8%, and the cost of services provided - by 3559 thousand rubles, or 16%. As a result, gross profit in 2016 and 2018 was negative, while in 2017 amounted to 258 thousand rubles.

Profit before tax fluctuated over the years and in 2018 amounted to 310 thousand rubles, which is 38 thousand rubles higher than in 2016. Analyzing the amount of tax paid under the simplified taxation system, it should be noted that in 2018 it amounted to 236 thousand rubles, which is 7 thousand rubles more than in 2016; at the same time in 2017 its maximum value was observed - 369 thousand rubles.

During the period of 2016–2018, total revenue for MUC "Oasis" increased by almost 8% from 22.4 million rubles up to 24.1 million rubles. At the same time, revenue from solid household waste (SHW) management during the analyzed period increased by 20%, from water disposal - by 17%, from water supply - by 6.23%, and from

heat supply - by 6.20%. In general, this trend is stable and is observed for all types of activities, except for heat supply, for which in 2018, revenue slightly decreased compared to 2017.

During the period of 2016-2018, the increase in gross profit of MUC "Oasis" is noticeable. In 2016, its activities were unprofitable (–354 thousand rubles), and in 2017 and 2018 - profitable (258 thousand rubles and 2165 thousand rubles, respectively). The most unprofitable activities were water supply and heat supply, the losses for which in 2018 amounted to 1334 thousand rubles and 1487 thousand rubles respectively. At the same time, SHW management is a profitable activity.

We performed a factor analysis of revenue in terms of activity types. According to our estimates, revenue for the provision of water supply services in 2018 compared to 2017 increased by 81 thousand rubles, including due to a slight increase in the amount of water supplied, it increased by 1 thousand rubles, and due to an increase in the price of 1 m³ of water, it increased by 80 thousand rubles. In the dynamics for 2017–2018, there is a noticeable increase in revenue for provided wastewater services by 158 thousand rubles, including due to price growth by 158 thousand rubles, and due to slight increase in the volume of water, revenue did not change significantly.

There is a decrease in revenue for heat supply services rendered by 130 thousand rubles compared with 2017, including due to certain decrease in the number of gigacalories, revenue decreased by 141 thousand rubles, but it increased by 11 thousand rubles due to the price increase. In 2018, compared with 2017, there was a noticeable increase in revenue for provided solid household waste management services by 125 thousand rubles, including due to price growth for 1 m³ of waste, revenue increased by 127 thousand rubles, and due to some decrease in the volume of provided services, it decreased by 2 thousand rubles.

We have identified a steady growth trend in the cost of services in dynamics over 2016-2018. Thus, the cost price of 1 m³ of water for water supply increased by 18.5%, for water disposal - by 8.85%, the cost price of 1 gigacalorie increased by 1.8%, the cost price of 1 m³ of garbage collection - by 10.6%. The management of MUC "Oasis" is recommended to develop and implement a system of measures aimed at reducing the cost of services and thereby increase profits.

According to our calculations, all types of activities are profitable except for water supply, for which the loss for 2017 amounted to 274 thousand rubles, and for 2018 - 734 thousand rubles. Profit for the provided water supply services in

2018 compared to 2017 decreased by 460 thousand rubles, including due to the change in the amount of water supplied, it decreased, due to the sharp increase in the unit cost of the services, it decreased by 539 thousand rubles. At the same time, due to some growth in price, it increased by 80 thousand rubles.

We found that the heat supply profit during the analyzed period increased by 663 thousand rubles, including due to slight increase in the amount of gigacalories it increased by 1 thousand rubles, due to increase in the service cost it decreased by 184 thousand rubles, and due to the growth in the price of gigacalories it increased by 845 thousand rubles. In 2017–2018, there was a noticeable increase in profit from the provision of SHW management services by 1 thousand rubles, including due to a slight decrease in the volume of SHW the profit decreased by 1 thousand rubles, due to the cost growth per 1 m³ of SHW it decreased by 125 thousand rubles, and due to the increase in the price of SHW management services it increased by 127 thousand rubles.

Thus, the key factors that had significant impact on the change in profit for certain types of services are the price and prime cost of services. For all types of services, there is a noticeable increase in the cost per unit, which affects the amount of profit, and the price growth which slightly increases the profit from the provision of a particular type of service.

In the dynamics during the analyzed period, we have identified the growth of individual indicators of profitability. Thus, the profitability of services provided in 2018 compared to 2016 increased by 0.06 percentage points, the profitability of the company in 2017 compared to 2016 increased by 0.04 percentage points, and then in 2018 it decreased by 0.03 percentage points, the profitability of production activities had a steady growth trend and in 2018 increased by 0.08 percentage points compared to 2016.

At the same time, in 2017, compared with 2016, sales profitability increased sharply and became positive, and in 2018 it sharply decreased and became negative again, due to sharp fluctuations in gross profit in MUC “Oasis”. The return on equity in 2017 compared to 2016 increased from 0.60% to 0.96%, and in 2018 it fell sharply and amounted to 0.45%.

Among the key types of activities, water supply is the most unprofitable, the level of loss in 2016 is 4.12%, and in 2017 - 78.93%, in 2018 - 31.02%. Water disposal in 2016 was low-profitable (1.21%), and in 2017–2018 it was unprofitable (–3.94% and 11%, respectively).

Heat supply was profitable only in 2017, while in 2016 and 2018 it was unprofitable. The most profitable activity is the handling of SHW, and in the dynamics for 2016–2018, the level of profitability of this type of activity is growing from 12% to 61%.

We performed analysis of the problems of the work of MUC “Oasis” during 2016–2018. In 2017, out of 7.3 km of heating network, 2.1 km already needed to be replaced, and in 2018 - 2.3 km or 31.5%. The number of accidents for 2017–2018 at heat sources (on steam and heating networks) was 4.

Losses of thermal energy in 2017 were 1116 gigacalories, including 861 gigacalories on heat and steam networks, in 2018 - 1128 gigacalories and 885 gigacalories, respectively.

No injuries have happened, expenses for labour protection measures amounted 31.6 thousand rubles in 2017 and 34.5 thousand rubles in 2018. There were 7 accidents on the water supply network during 2017–2018, leakage and unaccounted consumption in 2017 was 18.6 m³ (20% of the volume of raised water), and in 2018 - 19.1 m³ (22.5% of the volume of raised water).

We analyzed the provision of individual metering devices for apartment buildings and private houses.

Table 1
Provision of individual metering devices (cold water meters) for the clients of MUC “Oasis”

Indicators	The number of apartments in the apartment buildings	The number of private houses
The need for installation in 2018	736	405
Actually installed in 2018	703	327
2017	626	265
2016	47	193
Actually provided, % of the total, in 2018	48.9	44.7
2017	43.5	36.2
2016	3.3	26.4

In 2018, provision of individual metering of cold water is less than 50% in apartment buildings and about 45% in private houses. In dynamics over the analyzed period, this situation has significantly improved. So, the provision of cold water meters in apartment buildings in 2016 was 3.3%, while in 2018 it became 48.9%, and in private houses in 2016 it was 26.4%, and in 2018 it became 44.7%.

The need for installation of cold water meters during the analyzed period was decreasing, as at the beginning of 2018, it amounted to 736 meters for apartments from apartment buildings, and 405 meters for private houses.

We also analyzed the provision of individual heating meters, which are installed one for a whole apartment building or private house.

Table 2
Provision of individual heating metering devices for apartment buildings of the clients of MUC "Oasis"

Indicators	Years		
	2018	2017	2016
The need for installation	27	30	33
Actually provided	7	4	1

According to our data, there is a great need to equip apartment buildings with individual heating meters. In the dynamics for 2016-2018, there is a slight increase in the number of the houses

actually equipped with individual heating meters from 1 house in 2016 to 7 houses in 2018. However, urgent measures should be taken to expedite this process.

The undertaken analysis of the state of housing and utility services revealed the following key points:

1) the impossibility of fail safe operation of heat supply systems due to the high degree of moral and physical deterioration of heat supply networks and heat sources (more than 30% of which require urgent replacement);

2) aging of the equipment at heat supply facilities requires urgent measures to modernize it in order to extend its service life or replace with new ones;

3) high degree of deterioration of heating networks does not allow to switch to higher water temperatures, therefore, it is urgent to increase the heat transmission capacity of heat supply facilities.

Depreciation of the fixed assets by type of activity is shown in the following table 3.

Table 3
Dynamics of fixed asset depreciation by type of activity in MUC "Oasis"

Activity type	Years								
	2016			2017			2018		
	Asset acquisition value, ths.RUR	Accumulated amortization, ths.RUR	Depreciation rate	Asset acquisition value, ths.RUR	Accumulated amortization, ths.RUR	Depreciation rate	Asset acquisition value, ths.RUR	Accumulated amortization, ths.RUR	Depreciation rate
Water supply	25679	12886	50.18	25978	12995	50.02	35178	16589	47.16
Water disposal	18228	11023	60.47	14429	7234	50.14	24048	11459	47.65
Heating supply	30760	15966	51.91	28529	15284	53.57	42593	18698	43.90
SHW management	9024	3997	44.29	15834	11076	69.95	15130	8236	54.43
Total:	83691	43872	52.42	84770	46589	54.96	116949	54982	47.01

According to our data, the depreciation of fixed assets of MUC "Oasis" in 2016–2017 amounted to 52.4% and 55%, respectively, in 2017, this indicator decreased to 47%, as new equipment was purchased for all types of activities. The urgency of the problem of the fixed asset deterioration of the analyzed company was somewhat weakened, although the depreciation of fixed assets for SHW management is higher than 54% in 2018.

At the same time, the implementation of these measures faces the problem of the lack of sufficient funding even for the reproduction of fixed assets, which are extremely worn out physically and are significantly out of date.

Measures aimed at increase of the financial results of the housing and utility services company are recommended to be planned based of their priority and importance. It is necessary to immediately put things in order to recover utility services unpaid on time (in 2018, the amount of overdue receivables amounted to 210 thousand rubles, which is slightly lower than in 2017 and 2016). Moreover, the financial mechanisms for influencing the consumer (financial sanctions) ensure timely and full payment of housing services. At the same time, this method is antisocial.

We analyzed the payment discipline of the company (Table 4).

Table 4
Indicators of turnover of receivables and payables
of MUC "Oasis"

Indicators	2016	2017	2018	Reference growth rate, %
Receivables, ths RUR	2301	3002	3459	150.33
including overdue, ths RUR	284	257	210	73.94
Receivables turnover, rev.	9.72	7.95	6.96	71.6
Payables, ths RUR	736	670	1779	241.71
Payables turnover, rev.	30.9	35.2	14.8	47.9

According to our calculations for the analyzed period, the increase in the value of receivables and payables is 1.5 times and 2.4 times, respectively. Moreover, the receivables are characterized by a steady growth trend, while the accounts payable are characterized by a decrease in 2017 compared to 2016, and then in 2018 its sharp growth is noticeable. During 2016-2018, we see noticeable decrease in the value of accounts receivable turnover by 28.4%, and accounts payable turnover - more than 2 times, which is a negative trend.

It should be borne in mind that the development and implementation of business solutions to acute social problems lie at the junction of business and charity, the key purpose of which is not to make profit. Thus, in the Russian Federation it is necessary to fix in legislation that economic entities of the housing and utility services do not have the right to make profit at all or to limit it to a level not higher than the inflation rate.

Investing in the housing and utility sector should necessarily be done competently, relying on the register of objects, which can indicate the degree of their "problematic nature", deterioration and social significance. Modernization, repair, and replacement of these facilities should be carried out in a certain order, starting with the most significant and problematic ones, which will allow balancing interests of population, investors, and housing and utility sector organization.

The design of penalties for employees of housing and utility service companies should include their full justification by the improper performance of their duties and the negative consequences that take place or could happen.

Achieving a long-term increase in financial results through raising the tariffs faster than it is prescribed by the legislation is not a way out of this situation.

Based on the experts' opinions, we can say that the main reason for the current negative situation in the housing and utility services is its insufficient funding, when about 20% of the needed

funds have not been received. This situation is seriously worsened by the presence of accumulated debt for the payment of housing and utility services. As a result, a chain of non-payments arises, covering many areas of the economy of municipalities. At the same time, this poses a clear threat to the process of the socio-economic development of the region.

The apparent shortage of budgetary funds for housing and utility services and the implementation of only targeted development programs have resulted in sharp increase in the level of the fixed asset depreciation, which has led to more frequent accidents. This all directly and proportionally leads to the decrease in the efficiency of capacities and has an effect on the growth of losses of water, heat, and energy.

Housing and utilities, being an unattractive sector of the national economy, is practically devoid of private investment and is described by nontransparent and ineffective situation with tariff setting.

To improve the financial results of housing and utility service companies, it is necessary to ensure conditions for the inflow of financial resources in the form of private investments. At the same time, there are a number of reasons why this sector is not attractive to entrepreneurs. Firstly, it is a large and diverse sector requiring large amounts of material, monetary, and labour expenses for maintenance, repair, and construction with long payback periods.

Housing and utility complex is one of the largest suppliers of the country. The maintenance and development of this sector requires significant amounts of financial investment. The fundamental improvement in the functioning in this sector can be achieved through the introduction of public-private partnership that takes into account the interests of the authorities, private investors, and end-users of public utilities.

Public-private partnership (PPP) is a statutory form of interaction between the state and private business in relation to state or municipal property, services provided by public authorities at various levels, state or municipal institutions and corporations, in order to implement socially significant projects in all types of economic activities.

At the same time, in order to make a decision concerning public-private partnership, analysis of the advantages and disadvantages of such projects is required. Moreover, they can be especially effective, since they combine the advantages of private company and the state. It should be noted that the business is more mobile than the government, is characterized by the speed and efficiency of decisions and the ability to develop in the innovative mode in order to keep up its competitiveness.

At the same time, authorities can ensure more successful implementation of public-private partnership projects by creating stable regulatory framework, organizing events, including meetings with the representatives of the population. The authorities are often able to apply various methods of economic incentives, such as subsidies, guarantees, and other types of assistance.

It should be noted that PPP is to some extent a profitable association for each partner. It is beneficial for public authorities to share risks between partners. This is especially true for expensive projects with large volumes of risk. The government gets its benefit from reducing the amount of budgetary funds as some part of it is covered by attracting private investment. Moreover, there is always the possibility of choosing a private investor, planning and monitoring the results of its production and financial activities. At the same time, the size of budget allocations increases and the gross regional product grows.

It is beneficial for a private investor to make a long-term contract within an unchanged market and obligations to the state regarding the established minimum level of profitability. At the same time, there is a decrease in the level of risks of the state's impact on the business of its private partner. Since the state pursues certain goals in cooperation and does not have conflicting intentions to create obstacles to the activities of the company. All this obviously leads to the increase in the business reputation of the company, since it is trusted by public authorities.

At the same time, like any other type of activity, PPP is associated with risks, the magnitude of which is directly proportional to the scale and complexity of the implementation of large infrastructure projects. In this situation, one-sidedness and asymmetry of information often take place due to the fact that private partners know the market better and have the opportunity to invest. Moreover, this is a big drawback of the state.

At the same time, there is a risk of hidden intentions on the part of the private partner, since no one can guarantee that he will act within the framework and according to the strategy described in the contract. This risk is especially great in a situation where the government gives a significant part of project management to the private partner.

The risk of transferring all uncertainties to the state is also clearly expressed. In this situation, the public sector will not be able to transfer its financial obligations to a private partner and this burden will fall on the taxpayers.

The private partner is exposed to various risks, the main of which is the technical risk associated with the implementation of the construction.

It arises because of the increase in costs compared to the forecast, change in the work schedule, and malfunction in service. There are also political and legal risks associated with the inability of the state to comply with the terms of the contract or with changes in tax laws that entail negative consequences for private partners.

Private business is exposed to economic and financial risks that arise as a result of changes in the economy, such as inflation, exchange rates, oil and precious metal prices. There is a risk of force majeure in the event of an emergency of a natural, social, or political nature.

Currently, the development of PPP in the housing sector has a serious barrier associated with undeveloped legislative framework, the absence of the long-term financing system, and the lack of clear and transparent mechanism for setting tariffs for housing and utility services.

It is recommended that authorities create a strategy for developing public-private partnership. The scope of work should cover the following aspects: improving federal and regional legislation in this area, modernizing the financial system, creating full-fledged market conditions in the housing and utilities sector, improving the system of tariff regulation for utilities, providing the sector with qualified specialists in the area of PPP and changing the image of the public authorities. Since the image of public authorities as unreliable, and sometimes even as unscrupulous partner, is currently pronounced, which sharply inhibits the development of PPP.

At present, forecasting and planning the financial results of utility companies is hampered by the unstable tariff policy, and the non-transparency of financial flows to housing and utility companies. Immediate adoption of the following measures will contribute to stabilization of the financial condition and improvement of the financial results of the company in question:

1. Financial recovery of the company.
2. Strict legal regulation of the tariff setting procedure.
3. Transfer of certain types of activities to self-sufficiency (for MUC "Oasis" it is recommended to transfer SHW management to self-sufficiency, since this particular type of activity was profitable during 2016-2018).
4. Performing a comprehensive economic analysis of the utility management system.
5. Creating a clear list of responsibilities prescribed in the regulatory framework for all departments of the housing and utility sector, which will eliminate duplication.
6. Expanding the list of opportunities for attracting budget funds and their direction for reforming the housing and utility service system.

Continuous implementation of the planned activities will improve the attractiveness of housing and utility service companies for private investors.

In the nearest future, it is necessary to outline a plan for the assessment and technical examination of the assets of housing and utility service companies, undertake measures to improve the management system, and improve the mechanism for planning, distribution, and control over the use of financial resources. [12-15]

Improving the education level of personnel, their timely retraining and advanced training will contribute to improving labour discipline, increasing labour productivity and, as a result, improving financial results.

In order to optimize the financial resource flow of a utility company, it is necessary to immediately take measures to reduce receivables and payables, and to prevent the development of a non-payment crisis. For this purpose, it is recommended to use the restructuring procedure for these types of debt.

The increase in receivables and payables of the utility company indicates that control with suppliers and consumers of services is not given enough attention. It is necessary to take all measures to comply with the rules of payment discipline, which will optimize financial flows, the stability of which is necessary to avoid penalties and the uninterrupted supply of fuel and auxiliary materials to the company. Recovery of the amounts of overdue and debt unpaid on time through the court is recommended to be used only as a last resort.

We recommend that, in order to monitor the status of the payments, stage-by-stage analysis of them is carried out using the following control methods: organoleptic, calculation-analytical, and documentary. These methods should be used comprehensively and crossly, which will allow taking into account all the specifics of the activity of MUC "Oasis".

A serious problem in utility companies is that utility tariffs are not divided into the constant part, independent of the quantity of services consumed, and the variable one that is directly dependent on this part. With the traditional "single" tariff ("cost + profitability"), reduction in the consumption of the tangible carrier of the service leads to the decrease in both variable and constant part of expenses, and as a result, to reduction in funding for the replacement of worn-out fixed assets, and for ongoing repairs and overhauls, reconstruction, and modernization. [9]

In this case, to solve local problems of utility companies, such as fuel economy, preserving the contingent of consumers, it is advisable to use

double-rate tariffs with the allocation of constant and variable parts. The introduction of double-rate tariffs will reduce seasonal fluctuations in payments, reduce the working capital of these companies, and increase their financial stability. Besides, the introduction of double-rate tariffs in water supply stimulates consumers to install metering devices for consumed water and save it, since it allows reducing payments with a reasonably high unsubsidized tariff per unit for rational consumption of services and correct functioning of the supply devices.

Conclusion

Among the disadvantages of the existing tariff setting for the services of corporations-monopolists in the communal sphere, it should also be noted:

- its costly mechanism,
- lack of sufficient, objective, and truthful information on the costs of manufacturers and instruments of influence on these costs,
- lack of transparency in economic and financial activities,
- insufficient efficiency the existing procedure for the preparation, verification, and approval of tariffs,
- lack of coordination in tariff setting for various regulation levels,
- excessive influence of the social factors to establish the tariffs, etc. [7]

To alter the existing situation it is necessary:

- to provide procedural and organizational support for the formed system of effective tariff regulation of public utilities organizations;
- to keep on technological and financial audit of tariffs for housing and utility services with the analysis of generalized audit results;
- to develop a procedure for approving tariffs with regulation of actions and responsibilities of each of the parties;
- to pursue the tariff policy in direct conjunction with a policy to establish the volumes of these services actually received by consumers;
- to carry out operational monitoring of compliance with federal and regional standards for payment of utilities;
- to introduce the system of coefficients that take into account the territorial features of the utility provision when setting tariffs;
- to enact a single document defining the procedure of tariff calculation;
- to set deadlines for tariff revisions; [5]
- to introduce double-rate tariffs for consumers into the pricing process, which will allow eliminating the existing imbalance between the revenues and expenses of utility service companies and, ultimately, eliminating cross-subsidization.

The improvement of the financial resources management system of the public utilities sector, which is the most important branch of life support, can be achieved only if the systemic reform of the housing and utility services financial mechanism is performed through the development of conceptual approaches to improving tariff setting, improving cash flow control, and searching for non-traditional sources of financing through institutional reforms and harmonization of the taxation for the companies in this sector. Besides, the elimination of those shortcomings in the organization of financial and economic activities of utility companies that was initiated in the pre-reform period, should increase the efficiency of the use of financial resources of the sector and improve the financial condition of utility companies. [3]

We have developed a scheme of priority measures aimed at improving financial results and financial condition of MUC “Oasis” as a typical company in the housing and utility sector (Fig. 1).

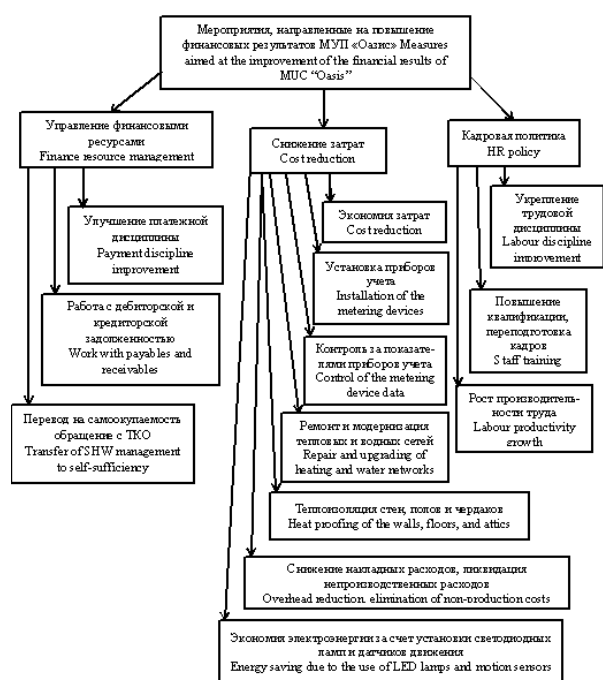


Fig. 1. Scheme of the priority measures aimed at improving financial results of MUC “Oasis”

It is necessary by all measures to achieve increased discipline of the population when paying for utilities. The company should stimulate control over the reasons for cost increases by type of service. IT also requires carrying out the measures to increase the resource use efficiency, reduce the overhead costs to the planned level, eliminate non-production costs of working time and resources.

The growth of labour productivity is not a prerequisite for the growth of financial results of the company. [1] Consider its dynamics in Table 5.

Table 5
Labour productivity dynamics in MUC “Oasis”

Labour productivity type	2016	2017	2018	Reference growth rate, %
Annual, ths RUR	908	875	973	107.16
Daily, RUR	463.5	472.3	495.7	106.95
Shift, RUR	450.1	460.8	468.3	104.04

During the analyzed period, an increase in all types of labour productivity is noticeable. Thus, annual labour productivity increased by 7.16%, daily - by 6.95%, shift - by 4.04%. At the same time, labour productivity growth is lower than the growth rate of the service cost for the whole company, which increased by 15.7% over the analyzed period.

Urgent measures must be taken to improve the thermal insulation of walls, floors, and attics, to reduce transmission losses of thermal energy through window openings.

The establishment of the single date for fixing the indicators of meters of electricity, heat and water is necessary, as well as monitoring the correctness of entering the indicators of metering devices in receipts for payment of the delivered services (at least once every 3 months). It is recommended to carry out timely verification of metering devices. In order to save electricity, the installation of LED lamps and motion sensors in public places (at entrances) is recommended.

Литература

- Бородин В.А. Бухгалтерский учет для субъектов малого и среднего предпринимательства. Об организационных формах ведения бухгалтерского учета // Финансовая газета. 2014. № 4, 5. С. 56–59.
- Зернаев Д.С. Бухгалтерская финансовая отчетность в современной экономике // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. 2015. № 17. С. 157–161.
- Кемаева С.А., Бондаренко В.В. Анализ упрощенных форм бухгалтерской отчетности малых компаний // Международный бухгалтерский учет. 2013. № 27. С. 54–57.
- Кемаева С.А., Козлова Е.Е., Ионова Е.С. Анализ кредитоспособности малых компаний кредитным экспертом банка // Международный бухгалтерский учет. 2014. № 10. С. 23–34.
- Мамашов К.А. Совершенствование форм финансовой отчетности в современных условиях // Молодой ученый. 2016. №4. С. 442–444.
- Миронова О.А. Бухгалтерская (финансовая) отчетность и ее роль в обеспечении финансовой безопасности бизнеса // Экономические науки. 2015. № 122. С. 83–86.
- Першин С.П., Нежинская А.А. Достоверность первичных данных – основа формирования учетной информации // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 96. С. 1–15.

8 Пономарев С.А. Бухгалтерская отчетность: порядок оформления и форма представления с учетом изменений законодательства // Бухгалтер и закон. 2013. № 3. С. 6–8.

9 Раева И.В., Разумова К.В. Совершенствование механизма управления дебиторской задолженностью на предприятии телекоммуникационной отрасли // Молодой ученый. 2014. № 12. С. 175–178.

10 Сабетова Т.В. Состояние и факторы изменения качества жилого фонда в сельской местности Воронежской области // Актуальные проблемы реновации жилищного фонда города: взаимосвязь экономических, технических и правовых аспектов: доклады Всероссийской научно-практической конференции. Белгород, 2016. С. 339–344.

11 Сапожникова Н.Г. Консолидированная финансовая отчетность корпораций // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. № 3–1. С. 235–240.

12 Трушкина А.В. Бухгалтерская (финансовая) отчетность как информационная база финансового анализа // Молодой ученый. 2016. № 13. С. 527–529.

13 Rozhentsova I., Mottaeva A. Terms of orientation on customer needs in the housing sector // International Science Conference SPbWOSCE-2016 “SMART City”. 2017. V. 106. doi: 10.1051/mateconf/201710608076

14 Green J., Newman P. Citizen utilities: The emerging power paradigm // Energy Policy. 2017. V. 105. P. 283–293.

15 Borkovskaya V. Project Management Risks in the Sphere of Housing and Communal Services // VI International Scientific Conference “Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education” (IPICSE-2018). 2018. V. 251. doi: 10.1051/mateconf/201825106025

References

1 Borodina V.A. Accounting for small and medium-size business. Concerning the organizational forms of accounting. Financial gazette. 2014. no. 4-5. pp. 56–59. (in Russian).

2 Zernaev D.S. Bookkeeping and financial statement in the contemporary economy. Fundamental and applied research: problems and results. 2015. no. 17. pp.157–161. (in Russian).

3 Kemaeva S.A., Bondarenko V.V. Analysis of simplified accounting statement forms of small companies. International accounting. 2013. no. 27. pp.54–57. (in Russian).

4 Kemaeva S.A., Kozlova E.E., Ionova E.S. Analysis of credibility of the small companies by a bank’s credit expert. International accounting. 2014. no. 10. pp.23–34. (in Russian).

5 Mamashov K.A. Improvement of the financial statement forms under the current conditions. Young researcher. 2016. no. 4. pp. 442–444. (in Russian).

6 Mironova O.A. Bookkeeping (financial) statement and its part in ensuring the financial security of business. Economic sciences. 2015. no. 122. pp. 83–86. (in Russian).

7 Pershin S.P., Nezhinskaya A.A. Veracity of raw data is the basis for accounting information formation. Multi-issue network digital scientific journal of Kuban state agrarian university. 2014. no. 96. pp. 1–15. (in Russian).

8 Ponomarev S.A. Accounting statement: the execution procedure and presentation form taking into consideration the changes in legislation. Accountant and the law. 2013. no. 3. pp. 6–8. (in Russian).

9 Raeva I.V., Razumova K.V. Improvement of the mechanism of receivables management in a telecommunication company. Young researcher. 2014. no. 12. pp. 175–178. (in Russian).

10 Sabetova T.V. The state and the factors of changing the quality of available housing in rural areas of the Voronezh region. Urgent issues of a city’s available housing renovation: interconnection of economic, technical, and legal aspects: Proc.conf. Belgorod, 2016. pp. 339–344. (in Russian).

11 Sapozhnikova N.G. Consolidated financial statement of corporations. Urgent issues of humanitarian and natural sciences. 2014. no. 3-1. pp. 235–240. (in Russian).

12 Trushkina A.V. Accounting (financial) statement as the information basis for financial analysis. Young researcher. 2016. no. 13. pp. 527–529. (in Russian).

13 Rozhentsova I., Mottaeva A. Terms of orientation on customer needs in the housing sector. International Science Conference SPbWOSCE-2016 “SMART City”. 2017. vol. 106. doi: 10.1051/mateconf/201710608076

14 Green J., Newman P. Citizen utilities: The emerging power paradigm. Energy Policy. 2017. vol. 105. pp. 283–293.

15 Borkovskaya V. Project Management Risks in the Sphere of Housing and Communal Services. VI International Scientific Conference “Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education” (IPICSE-2018). 2018. vol. 251. doi: 10.1051/mateconf/201825106025

Сведения об авторах

Татьяна А. Журкина к.э.н., доцент, кафедра экономического анализа, статистики и прикладной математики, Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, zhutat@yandex.ru

Татьяна В. Сабетова к.э.н., доцент, кафедра управления и маркетинга в АПК, Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, tsabetova@mail.ru

Information about authors

Tatiana A. Zhurkina Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic analysis, statistics and applied mathematics department, Voronezh State Agricultural University, Michurina str. 1, Voronezh, 394087, Russia, zhutat@yandex.ru

Tatiana V. Sabetova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, management and marketing in agro-industrial complex department, Voronezh State Agricultural University, Michurina str. 1, Voronezh, 394087, Russia, tsabetova@mail.ru

Вклад авторов

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

Contribution

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/02/2020	После редакции 11/02/2020	Принята в печать 20/02/2020
Received 01/10/2019	Accepted in revised 02/11/2019	Accepted 19/11/2019

Прогнозирование целевых значений показателей ФЦП «Развитие внутреннего и въездного туризма в РФ 2011-2018 годы»

Надежда Ю. Агаева	¹	Nadinn_ktn@mail.ru	 0000-0001-8623-265
Татьяна В. Алексеева	¹	zyablova@mail.ru	 0000-0001-6395-5312
Екатерина С. Талтынова	¹	ekaternageeva@mail.ru	 0000-0001-6749-8227
Александр Е. Столяров	¹	stolyarov_1997@bk.ru	 0000-0003-3086-3280
Дарья М. Певнева	¹	assol0793@mail.ru	
Ирина П. Нестеренко	¹	irochka2n@gmail.com	

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

Аннотация. В России за последние 20 лет произошла череда процессов, повлекшая за собой сильные изменения внешней, внутренней экономики, рынка труда и туристского рынка страны. Некоторые изменения не получили положительной динамики, другие столкнулись с чередой неудач. Рассматривая точно индустрию гостеприимства, можно понять, что неэффективное развитие данного кластера связано с тем, что услуги, оказываемые данной сферой, находятся на очень низком уровне. Более того, качество услуг всегда равно профессиональному уровню работников и их желанию оказать гостю персонализированную услугу с индивидуальным подходом к нему. Именно такой процесс работы служит фактором вовлеченности персонала в процесс предоставления услуг и дальнейшего успешного существования предприятия на рынке услуг и его развития. Последние 5-10 лет можно описать как время для оформления индустрии гостеприимства как самостоятельной отрасли. Выход на мировой уровень последовал после большого числа мероприятий международного класса. Важным фактором является глобальный охват территорий и всех субъектов России. Внимание к индустрии гостеприимства вышло на уровень государства и отражено в большом количестве документов долгосрочного значения с конкретными задачами. Все ключевые этапы, которые были поставлены перед отраслью, выведены в целевых программах и направлены как на въездной, так и на выездной туризм. Введение данных программ способствовало созданию коллективных средств размещения различного уровня, что увеличило число рабочих мест и снизило уровень безработицы по регионам, увеличило инвестиционную привлекательность регионов. В последние 20 лет наблюдается рост инвестиций в регионы более чем в 3 раза.

Ключевые слова: регионы, развитие туризма, инвестиционная привлекательность, субъекты туризма, потенциал, направления развития.

Forecasting the target values of the Federal target program “Development of domestic and inbound tourism in the Russian Federation 2011-2018”

Nadezhda Yu. Agaeva	¹	Nadinn_ktn@mail.ru	 0000-0001-8623-265
Tatyana V. Alekseeva	¹	zyablova@mail.ru	 0000-0001-6395-5312
Alexander E. Stolyarov	¹	ekaternageeva@mail.ru	 0000-0001-6749-8227
Ekaterina S. Taltynova	¹	stolyarov_1997@bk.ru	 0000-0003-3086-3280
Daria M. Pevneva	¹	assol0793@mail.ru	
Irina P. Nesterenko	¹	irochka2n@gmail.com	

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

Abstract. In Russia over the past 20 years, a series of processes has occurred, which entailed strong changes in the external, internal economy, labor market and the tourist market of the country. Some changes did not receive positive dynamics, others faced a series of failures. Looking at the hospitality industry in a specific way, one can understand that the inefficient development of this cluster is due to the fact that the services provided by this sector are at a very low level. Moreover, the quality of services is always equal to the professional level of employees and their desire to provide a guest with a personalized service with an individual approach to it. It is such a process of work that serves as a factor in the involvement of personnel in the process of providing services and the continued successful existence of the enterprise in the services market and its development. The last 5-10 years can be described as the time for the design of the hospitality industry as an independent industry. Entering the world level followed after a large number of international-class events. An important factor is the global coverage of territories and all subjects of Russia. Attention to the hospitality industry has reached the state level and is reflected in a large number of documents of long-term significance with specific tasks. All the key stages that were set before the industry are outlined in targeted programs and are aimed at both inbound and outbound tourism. The introduction of these programs contributed to the creation of collective accommodation facilities of various levels, which increased the number of jobs and reduced the unemployment rate in the regions, and increased the investment attractiveness of the regions. Over the past 20 years, there has been an increase in investment in the regions by more than 3 times.

Keywords: regions, tourism development, investment attractiveness, tourism subjects, potential, development directions

Для цитирования

Агаева Н.Ю., Алексеева Т.В., Столяров А.Е., Талтынова Е.С., Певнева Д.М. Нестеренко И.П. Прогнозирование целевых значений показателей ФЦП «Развитие внутреннего и въездного туризма в РФ 2011-2018 годы» // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 313-321. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-313-321

For citation

Agaeva N.Yu., Alekseeva T.V., Stolyarov A.E., Taltynova E.S., Pevneva D.M., Nesterenko I.P. Forecasting the target values of the Federal target program “Development of domestic and inbound tourism in the Russian Federation 2011-2018”. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 313–321. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-313-321

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

Введение

Индустрия гостеприимства является кластером экономики, направленным на оказание разноплановых услуг. Это область с высокой степенью роста и развития. Данная сфера аккумулирует в себе комплекс зданий, сооружений, человеческого капитала, инвестиций и много другого, образуя огромную систему, в которой важным сегментом являются гостиницы. Как показывает практика, рост турпотока въездного и выездного туризма способствует повышению доходности всех кластеров экономики, что увеличивает заинтересованность инвесторов в расширении индустрии гостеприимства не только на уровне регионов.

Туризм – это отрасль, аккумулирующая в себе большое количество подотраслей, которые способствуют ее развитию и жизнедеятельности. Отрасль туризма очень динамично развивается. Исходя из данных за 2017 г., приведенных WTTC – World Travel and Tourism Council, в разрезе мирового внутреннего валового продукта

туристская отрасль занимает около 11% или порядка 9 трл дол. США [2]. Общее количество рабочих мест достигло более 300 миллионов, соответственно в мировом масштабе одно место из десяти – это рабочие, занятые в сфере туризма.

В 2017 г. одно из пяти рабочих мест образовано в сфере туризма. Инвестиционные вложения в сферу туризма составляют порядка 900 млрд дол. США (почти 5% от общего инвестиционного потенциала, вложенного в мировую экономику) [2, 7]. Основываясь на информации WTTC Глории Гевара, туристский кластер – это важный элемент, способствующий отсутствию стагнации экономики. Это обеспечивает технический прогресс, сопровождающийся увеличением числа предприятий и, как следствие, увеличением числа рабочих мест и улучшением жизни населения [5].

Общепринятая мировая тенденция – это увеличение спроса на туристские услуги, что способствует увеличению доходности государства. Россия обладает уникальным потенциалом территорий различного климатического плана, природной составляющей, количеством исторических мест, что подчеркивает ее туристический потенциал.

Согласно «Стратегии развития туризма в РФ на период до 2020 года» туризм рассматривается как существенная составляющая инновационного развития страны [3]. Стратегия базируется на таких приоритетах, как увеличение темпа

роста экономики, улучшение уровня жизни граждан России. Формирование, укрепление и рост индустрии туризма зависит от роста инфраструктуры туризма на всех уровнях от местного, регионально до федерального. С целью реализации задач регионального уровня находится в работе федеральная целевая программа «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011–2018 годы)», утвержденная постановлением №644 Правительства РФ от 2 августа 2011 г.

Согласно этому Постановлению каждый год будет проводиться оценка выполненных результатов [4]. Получить какие-либо выводы по работе программы и ее положительном/отрицательном исходе возможно посредством выбора нескольких показателей, которые и характеризуют динамику и результат работы. Более того, в выборке будут участвовать значения, четко установленные (целевые), а полученные данные в конце года будут проходить процедуру сравнения с целевыми значениями. Положительным будет считаться результат, который покажет максимальную приближенность итоговых данных установленным целевым значениям. Однако положительная динамика будет отмечаться тогда, когда итоговые годовые значения будут максимально приближены к установленной планке.

Анализ данных, представленных на сайте Ростуризма, показал, что результатом реализации вновь утвержденной ФЦП, направленной на развитие внутреннего и въездного туризма, с 2019 г. должно стать увеличение доли туризма в ВВП страны до 5% к 2025 г. [5]. В настоящее время, по данным Ростуризма, доля туризма в внутреннего валового продукта в России не превышает 4%, в то же время в мире этот показатель достигает чуть более 10%. Глава Ростуризма отметил, что основная задача данной программы – это глобальное увеличение объема туристской сферы, причем темпы ее развития должны существенно обгонять экономику страны.

Цель работы – построение прогноза изменения показателей сферы туризма на 2018 г. и сравнение прогноза с целевыми показателями рассматриваемой программы. Задачами исследования являются аналитический обзор, обобщающий анализ, выявление популярных направлений российского туризма, расчет прогноза изменения значений показателей на конец 2018 г. методом полиномиальной аппроксимации, сравнение полученных результатов с целевыми показателями ФЦП.

Материалы и методы

Система целевых индикаторов эффективности ФЦП для удобства выполнения расчётов и последующего сравнения была переработана путем объединения аналогичных показателей. Были преобразованы в один показатель суммированием:

— численность размещенных в коллективных средствах размещения граждан Российской Федерации и иностранных граждан (общая численность размещенных в коллективных средствах размещения лиц);

— количество лиц, работающих в коллективных средствах размещения и работающих в туристских фирмах (общее количество лиц, работающих в сфере туризма);

— объем платных туристских услуг, оказанных населению и объем платных услуг гостиниц и аналогичных средств размещения (общий объем платных туристских услуг и услуг гостиниц).

Результаты и обсуждение

В ходе исследования было проведено преобразование (таблица 1).

Таблица 1.

Сводная таблица целевых индикаторов и показателей, используемая для сравнения с прогнозируемыми значениями

Table 1.

A summary table of target indicators and indicators used for comparison with forecast values

Целевые индикаторы и показатели Target indicators and indicators	Планируемые значения на 2018 г. Planned values for 2018
Количество койко-мест в коллективных средствах размещения, тыс. ед. Number of beds in the DAC, thousand units	1893
Площадь номерного фонда коллективных средств размещения, тыс. м ² Area of the number Fund of the DAC, thousand. м ²	21547
Общая численность лиц, размещенных в коллективных средствах размещения, млн. чел. Total number of persons placed in the DAC, million people	68
Общее количество лиц, работающих в сфере туризма, тыс. чел. Total number of people working in the tourism sector, thousand people	794
Инвестиции в основной капитал средств размещения (гостиницы, места для временного проживания), млн. р. Investments in the main capital of accommodation facilities (hotels, places for temporary accommodation), million rubles	35025
Общий объем платных туристских услуг и услуг гостиниц (включая аналогичные средства размещения), млрд. р. Total volume of paid tourist and hotel services (including analogous accommodation facilities), billion rubles	917

Проведя анализ данных России на основании бюллетеня Аналитического центра при Правительстве РФ «Восстановление спроса на туристские услуги в России», выявлено заметное уменьшение объема туруслуг на 30% в 2017 г. в сравнении с уровнем кризисного 2014 г., но за 9 месяцев 2017 г. этот же показатель двинулся в сторону роста и приблизился к аналогичным показателям сентября 2015 г. [6].

Ростуризм, подводя итоги 2016 г., выявил стабильный рост турпоездов, причем рост наблюдается на протяжении 4 лет подряд, и в соответствующем году количество поездок, обусловленных внутренним туризмом, достигло почти 60 млн.

Туристический поток в Россию также не стоял на месте. В первой половине 2017 г. доля туристов из-за границы составила порядка 1,5 млн человек. Общая положительная тенденция роста уровня турпотока внутри страны и вне

показывает устойчивые позиции России как туристического направления.

Инфраструктура туризма – комплексное понятие, в которое входят наземные сооружения, инфраструктура и прочее, но основной составляющей являются коллективные и индивидуальные средства размещения. Согласно действующему ГОСТ Р 51185–2014 «Туристские услуги. Средства размещения. Общие требования» под коллективными средствами размещения понимаются средства размещения (наземные постройки), которые предназначены для оказания всех видов сервиса юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями [3].

Динамику развития туристской индустрии в положительную или в отрицательную сторону можно проследить посредством оценки изменения настоящих итоговых показателей по соответствующему году, анализируя все средства размещения.

После анализа было выявлено, что изменение всех показателей носит положительный характер (таблица 2). Отмечается общий рост за период с 2002 по 2017 гг. по показателям:

численности коллективных средств размещения, числа номеров и мест в них, а также ночевков в коллективных средствах размещения [7].

Таблица 2.

Показатели по коллективным средствам размещения за период с 2014 по 2017 гг.

Table 2.

Indicators for collective accommodation facilities for the period from 2014 to 2017

Показатели Indicators	Годы Years			
	2014	2015	2016	2017
Число коллективных средств размещения, ед. Number of collective funds accommodation, units	15 590	20 135	20 023	21 284
Число номеров, ед. Number numbers, units	670 762	770 353	787 197	742 068
Число мест, тыс. Number of seats, thousand	1 573	1 763	1 834	1 907
Число ночевков, млн. Number of overnight stays, million	184	212	216	221

Обращаясь к аналитическим данным Росстата, за последние 15 лет можно наблюдать устойчивый рост количества коллективных средств размещения, а в 2017 г. этот показатель увеличился в 2,5 раза.

Все сферы деятельности, связанные с предоставлением услуг, подвержены влиянию экономики страны и напрямую зависят от курса национальной валюты. В связи с тем что в 2016 г. экономика России находилась в непростом положении из-за падения курса рубля, наблюдалось снижение турпотока.

Несмотря на все сложности наблюдается и устойчивость определенных показателей. Так, с 2002 по 2017 гг. отмечается рост доступных для размещения мест в коллективных средствах размещения. Среди всех прочих показателей оценки работы и выполнения ФЦП особо значимым является площадь номерного фонда [8]. Анализ динамики изменения данного показателя говорит о том, что на данном этапе осуществляется постройка и ввод в эксплуатацию различных средств размещения. Посредством статистических данных можно проследить изменение данного показателя по годам (таблица 3).

Таблица 3.

Изменение площади номерного фонда за период с 2014 по 2017 гг.

Table 3.

Changing the area of the room Fund for the period from 2014 to 2017

Показатель Indicators	Годы Years			
	2014	2015	2016	2017
Площадь номерного фонда, тыс. м ² Number of rooms, thousand m ²	13 131	13 396	17 844	15 596

Рассматривая анализируемый период, можно наблюдать колебания показателя площади номерного фонда. Беря в рассмотрение 2010 г. наблюдается снижение по сравнению с 2009, так как именно в этом году финансовый кризис имел мировой характер, в связи с чем многие предприятия были закрыты. Причем падение происходило до 2013 г. Объяснить это можно нестабильным состоянием экономики, застоем производства в течение долгого времени и, как следствие, увеличение числа безработных, снижение заработной платы и уровня жизни населения.

Несмотря на 5-летнее падение данного показателя, 2014 г. характеризуется ростом, а связано это с присоединением к России республики Крым. Крым обладает уникальным природным потенциалом, огромным количеством различных средств размещения, это большой, курортный регион. В связи с чем в 2016 г. наблюдалось увеличение показателя площади номерного фонда [9]. В 2017 г. наблюдался незначительный спад из-за неустойчивого состояния экономики и некоторого застоя туризма внутри страны [10].

Анализируя региональную специфику и показатель численности размещенных иностранных граждан и граждан РФ, можно выявить спады турпотока в 2009 г. из-за сложной ситуации на мировом экономическом рынке. Дальнейший возврат на исходные позиции произошел только к 3-му кварталу 2010 г., а к середине 2011 г. отмечался значительный рост, причем по отношению к 2008 г. и составлял 106%. В период с 2012 по 2017 гг. отмечался положительный рост многих показателей в соответствии с ФЦП, особенно по числу размещенных граждан – иностранцев [12] (рисунок 1).



Рисунок 1. Динамика численности размещенных в коллективных средствах размещения иностранных граждан и граждан России за период с 2013 по 2017 гг.
Figure 1. Dynamics of the number of foreign and Russian citizens placed in collective accommodation facilities for the period from 2013 to 2017

В части положительной динамики можно отметить 2017 год, сравнивая его с 2013 г., произошло увеличение численности размещенных граждан РФ в КСР, темпы роста достигли 149%, а увеличение численности иностранных граждан достигло в 60%.

Динамика увеличения численности размещенных в КСР иностранных граждан и граждан России характеризует формирование положительного интереса к путешествиям в Российской Федерации [11, 13] (рисунок 2). Обращаясь к официальным статистическим источникам, в 2017 г. выявлено процентное соотношение размещенных в КСР российских и иностранных граждан как 87% к 13% соответственно.

Анализируя данные, выявлено, что основная масса размещенных российских и иностранных граждан в КСР распределена в Центральном федеральном округе (таблица 4). Далее следует распределение российских граждан по следующим округам Южный и Приволжский федеральные округа. Рассматривая размещение иностранных граждан можно выделить Северо-Западный и Южный федеральные округа.

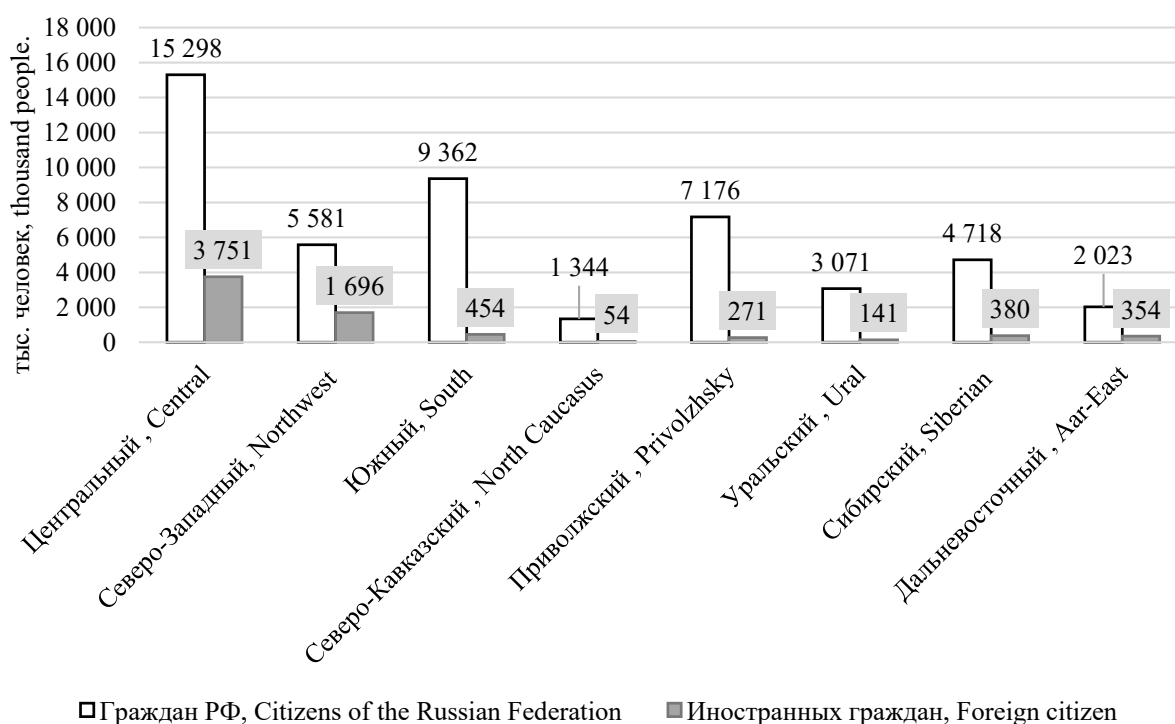


Рисунок 2. Численность размещенных лиц в КСР по РФ и ФО

Figure 2. Number of persons placed in the DAC for the Russian Federation and the Federal district

С целью определения наиболее предпочтительных регионов по туристическому потоку за 2017 г. для анализа были взяты различные субъекты РФ по показателю размещения туристов Российских и зарубежных. На основании

проведенного исследования получена статистика распределения по субъектам ФО с наибольшей численностью размещенных в КСР граждан России.

Таблица 4.
Распределение численности
по федеральным округам

Table 4.
Distribution of population by federal districts

Центральный федеральный округ Central federal district	
г. Москва Moscow	7 203 783
Московская область Moscow oblast	3 195 755
Ярославская область Yaroslavl oblast	625 017
Владимирская область Vladimir oblast	549 995
Тверская область Tver oblast	455 321
Сибирский федеральный округ Siberian federal district	
Новосибирская область Novosibirsk oblast	858 647
Алтайский край Altai territory	680 039
Красноярский край Krasnoyarsk region	676 233
Иркутская область Irkutsk oblast	595 634
Северо-Западный федеральный округ North-Western Federal district	
г. Санкт-Петербург Saint Petersburg	2 167 428
Ленинградская область Leningrad oblast	643 247
Калининградская область Kaliningrad oblast	638 049
Уральский федеральный округ, Urals federal district	
Свердловская область Sverdlovsk oblast	1 125 335
Тюменская область Tyumen oblast	1 027 955
Челябинская область Chelyabinsk oblast	757 339

Проанализировав результаты исследования по числу размещенных граждан РФ по российским регионам за 2017 г. выявлено, что большая часть посещала Краснодарский край. Ввиду того что выявлено 5 лидеров туризма в России, то в порядке уменьшения наблюдается следующая последовательность: Московская область, город Санкт-Петербург, Республика Татарстан и Республика Крым.

Полученные данные позволяют сделать вывод о выгодном географическом положении округов, как наиболее привлекательных для туристов и туризма (рисунок 3).



Рисунок 3. Географическое расположение наиболее предпочтительных регионов России за 2017 г.

Figure 3. Geographical location of the most preferred regions of Russia for 2017

Федеральные округа с наибольшей численностью размещенных иностранных граждан перечислены на рисунке 4.

В ходе исследования были выявлены самые распространенные направления въездного туризма за 2017 г.: Москва, Санкт-Петербург, Краснодарский край, Московская область, Приморский край.

Исходя из данных статистического анализа можно сделать вывод, что наиболее посещаемыми для туристов из-за границы являются Москва и Санкт-Петербург, что объясняется следующими факторами:

- наличие большого числа памятников культуры;
- обилие КСР на территории обоих городов;
- развитая инфраструктура;
- наличие объектов историко-культурного наследия;
- развитая транспортная сеть;

Далее распределение регионов осуществляется по рейтингу. Географическое расположение наиболее предпочтительных регионов России за 2017 г.: Краснодарский край, Московская область и город Санкт-Петербург. В целевых индикаторах ФЦП присутствует такой показатель, как количество лиц, работающих в коллективных средствах размещения [14], и количество лиц, работающих в туристических фирмах [15, 16, 17]. Данные результаты показали динамику изменения вакантных мест для работы.

В отчетный период (15 лет) динамика изменения вакантных мест для работы в сфере туризма изменилась следующим образом: по КСР – 2012 г. – 386 359, 2013 г. – 375 322, 2014 г. – 399 146, 2015 г. – 402 577, 2016 г. – 466 643, 2017 г. – 462 356; по туристским агентствам – 2012 г. – 48 662, 2013 г. – 50 144, 2014 г. – 45 463, 2015 г. – 48 433, 2016 г. – 39 969, 2017 г. – 40 805; всего: 2012 г. – 435 021, 2013 г. – 425 466, 2014 г. – 444 609, 2015 г. – 451 010, 2016 г. – 506 612, 2017 г. – 503 161.

Данные по коллективным средствам размещения приведены по работникам, находящимся в штатном расписании [15–17]. В данные по турфирмам включены внешние совместители и работники, выполнявшие работы по договорам гражданско-правового характера.

Количество рабочих коллективных средств размещения за 15 лет имеет положительную динамику к увеличению до 19,7%, а количество рабочих туристических агентств за 15 лет уменьшилось на 16,1%.

Значительным моментом развития туризма как одного из экономических кластеров является инвестиционная активность, то есть вложения, которые идут на работу коллективных средств размещения [15] (таблица 5).

Таблица 5.

Динамика изменения инвестиционной активности

Table 5.

Dynamics of changes in investment assetsnews

Год Year	Инвестиционная активность, млн р. Investment activity, million rubles
2009	17905
2010	20669
2011	41224
2012	27633
2013	67449
2014	80469
2015	32654
2016	30366
2017	56120

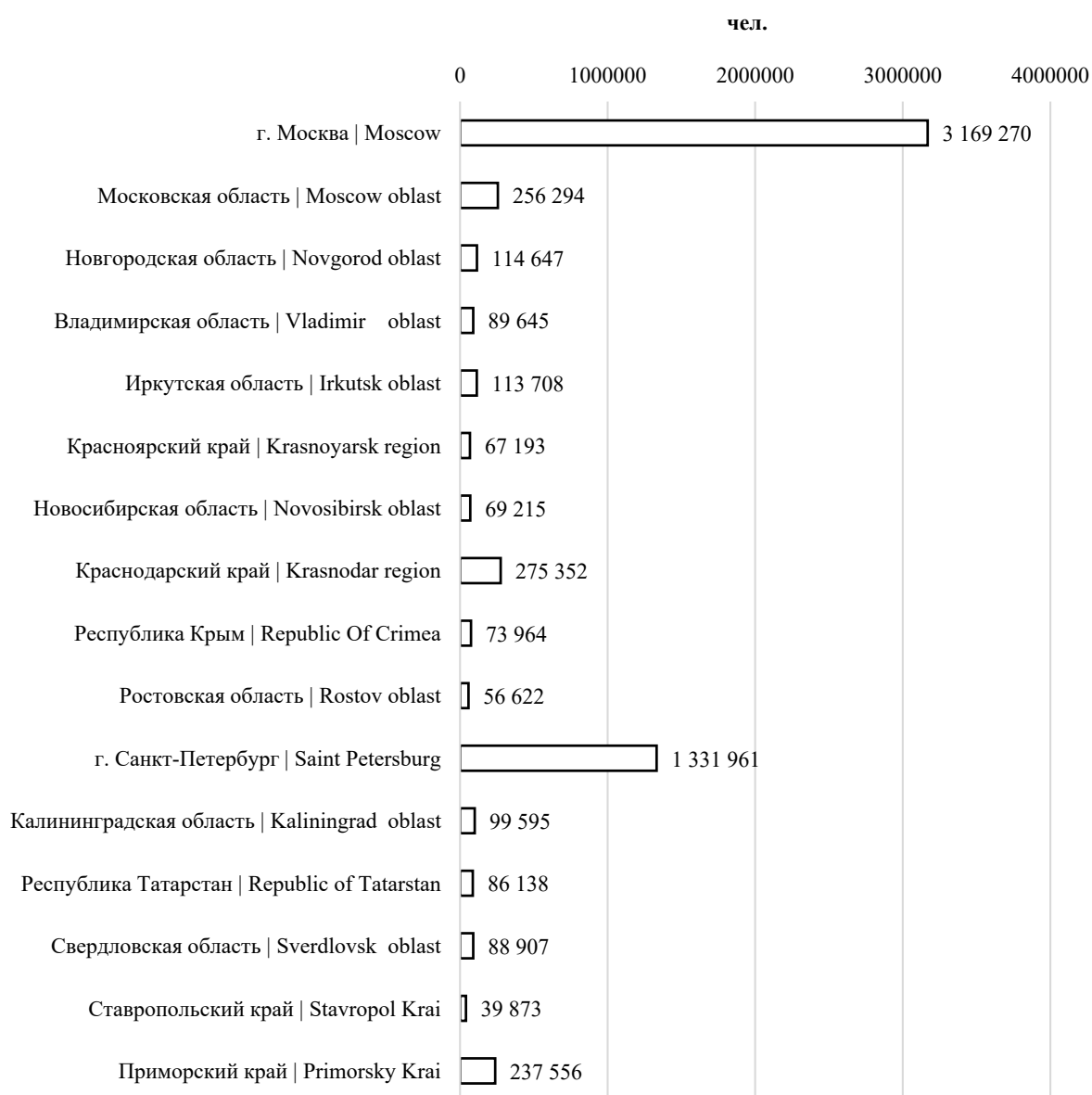


Рисунок 4. Субъекты ФО с наибольшей численностью размещенных в КСР иностранных граждан (2017 г.)

Figure 4. Subjects of the Federal district with the largest number of foreign citizens placed in the DAC (2017)

Заключение

При проведении исследований было выявлено следующее:

- положительная динамика совокупных показателей по КСР показывает эффективность проводимой ФЦП;
- в условиях формирования туристского имиджа верно определен вектор будущего развития;
- для дальнейшего роста показателей актуально развитие курортов Крыма и

Краснодарского края, которые являются базой туристского потенциала страны;

- объем инвестиций в основной капитал в последнее 10-летие возрос почти в 3 раза.

На основании вышеизложенного можно сделать выводы о том, что изменение числа размещений туристов находится в прямой зависимости от количества КСР, что показывает высокую заинтересованность вложения финансовых средств в индустрию туризма.

Литература

- 1 Агаева Н.Ю., Веретенников А.Н. Управление инновационной активностью в индустрии гостеприимства // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2017. № 4. С. 18–22.
- 2 Сайт WTTC. URL: <https://www.wttc.org/media-centre/press-releases/press-releases/2018/one-in-five-of-all-new-jobs-created-globally-in-2017-are-attributable-to-travel-and-tourism>
- 3 Интернет-портал «Кодекс». URL: <http://docs.cntd.ru/document/420200177>
- 4 Интернет-портал «Гарант». URL: <http://base.garant.ru/55171986>
- 5 Сайт Ростуризма. URL: <https://www.russiatourism.ru/content/9/section/85/detail/13464>
- 6 Бюллетень «Восстановление спроса на туристские услуги в РФ» Аналитического центра при Правительстве РФ. URL: <https://www.russiatourism.ru/content/9/section/85/detail/13464>
- 7 Росстат. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/retail/#
- 8 ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31579>
- 9 Интернет-портал «Hotelier. Pro». URL: <http://hotelier.pro/tourizm/item/2944-rosstat/2944-rosstat>
- 10 Интерфакс. URL: <http://www.interfax.ru/russia/594030>
- 11 Численность размещенных лиц в коллективных средствах размещения. ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31560>
- 12 Численность иностранных граждан, размещенных в коллективных средствах размещения. ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/44042>
- 13 Бюллетень «Восстановление спроса на туристские услуги в РФ» Аналитического центра при Правительстве РФ. URL: <https://www.russiatourism.ru/content/9/section/85/detail/13464>
- 14 Агаева Н.Ю., Токарева Д.М., Бабенко А.А., Ярцева А.А. Анализ динамики численности коллективных средств размещения в период с 2002 по 2017 годы // АНИ: экономика и управление. 2018. Т. 7. № 3 (24). С. 13–16.
- 15 Среднесписочная численность работников (без совместителей и работников несписочного состава). ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31445>
- 16 Furmanov K., Balaeva O., Predvoditeleva M. Forecasting Tourism Flows from the Russian Federation into the Mediterranean Countries // Tourism Management, Marketing, and Development. 2016. P. 39–57.
- 17 Dedkova E., Gudkov A. Tourism Export Potential: Problems of Competitiveness and Financial Support // Integrated Science in Digital Age. 2019. P. 187–202.

References

- 1 Agaeva N.Yu., Veretennikov A.N. Management of innovative activity in the hospitality industry. Azimuth of scientific research: Economics and management. 2017. no. 4. pp. 18–22. (in Russian).
- 2 WTTC Website. Available at: <https://www.wttc.org/media-centre/press-releases/press-releases/2018/one-in-five-of-all-new-jobs-created-globally-in-2017-are-attributable-to-travel-and-tourism> (in Russian).
- 3 Internet portal “Code”. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/420200177> (in Russian).
- 4 Internet portal “Garant”. Available at: <http://base.garant.ru/55171986> (in Russian).
- 5 The Website of the Federal tourism Agency. Available at: <https://www.russiatourism.ru/content/9/section/85/detail/13464> (in Russian).
- 6 Bulletin “Restoration of demand for tourist services in the Russian Federation” of the Analytical center under the Government of the Russian Federation. Available at: <https://www.russiatourism.ru/content/9/section/85/detail/13464> (in Russian).
- 7 Rosstat. Available at: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/retail/# (in Russian).
- 8 EMISS. Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/31579> (in Russian).
- 9 Internet portal “Hotelier. Pro”. Available at: <http://hotelier.pro/tourizm/item/2944-rosstat/2944-rosstat> (in Russian).
- 10 Interfax. Available at: <http://www.interfax.ru/russia/594030> (in Russian).
- 11 Number of persons placed in collective accommodation facilities. EMISS. Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/31560> (in Russian).
- 12 Number of foreign citizens placed in collective accommodation facilities. EMISS. Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/44042> (in Russian).
- 13 Bulletin “Restoration of demand for tourist services in the Russian Federation” of the Analytical center under the Government of the Russian Federation. Available at: <https://www.russiatourism.ru/content/9/section/85/detail/13464> (in Russian).

14 Agaeva N.Yu., Tokareva D.M., Babenko A.A., Yartseva A.A. Analysis of the dynamics of the number of collective accommodation facilities in the period from 2002 to 2017. ANI: Economics and management. 2018. vol. 7. no. 3. (24). pp. 13–16. (in Russian).

15 Average number of employees (without part-time and non-part-time employees). EMISS. Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/31445> (in Russian).

16 Furmanov K., Balaeva O., Predvoditeleva M. Forecasting Tourism Flows from the Russian Federation into the Mediterranean Countries. Tourism Management, Marketing, and Development. 2016. pp. 39–57.

17 Dedkova E., Gudkov A. Tourism Export Potential: Problems of Competitiveness and Financial Support. Integrated Science in Digital Age. 2019. pp. 187–202.

Сведения об авторах

Надежда Ю. Агаева к.т.н., кафедра туризма и гостиничного дела, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, Nadinn_ktn@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8623-265>

Татьяна В. Алексеева д.т.н., кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zyaablova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6395-5312>

Екатерина С. Талтынова магистр, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ekaternynageeva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6749-8227>

Александр Е. Столяров магистр, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, stolyarov_1997@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3086-3280>

Дарья М. Певнева ст. преподаватель, кафедра туризма и гостиничного дела, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, assol0793@mail.ru

Ирина П. Нестеренко инженер, кафедра туризма и гостиничного дела, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, irochka2n@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

Nadezhda Yu. Agaeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, tourism and hotel business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, 394036, Russia, Nadinn_ktn@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8623-265>

Tatyana V. Alekseeva Dr Sci. (Engin.), professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zyaablova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6395-5312>

Alexander E. Stolyarov master student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ekaternynageeva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6749-8227>

Ekaterina S. Taltynova master student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, stolyarov_1997@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3086-3280>

Daria M. Pevneva senior lecturer, tourism and hotel business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, assol0793@mail.ru

Irina P. Nesterenko engineer, tourism and hotel business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, irochka2n@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 28/01/2020	После редакции 06/02/2020	Принята в печать 17/02/2020
Received 28/01/2020	Accepted in revised 06/02/2020	Accepted 17/02/2020

Анализ потенциала инвестиционной привлекательности рыбохозяйственного комплекса России

Валентина М. Кручинина¹ vmk.market@vniiesh.ru  0000-0003-0811-796X
Светлана М. Рыжкова¹ smr.market@vniiesh.ru  0000-0002-1908-0747

¹ Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства, Хорошевское ш., 35/2, г. Москва, 123007 Россия

Аннотация. Рыбохозяйственный комплекс является составной частью национальной экономики. Рыба и продукты ее переработки – важная часть сбалансированного и здорового питания населения. Они не имеют альтернативной замены, поэтому эффективно функционирующий рыбохозяйственный комплекс играет большую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны, сохраняет водные биоресурсы. В прибрежных районах – это центр занятости трудовых ресурсов, так как рыболовство не может обойтись без смежных отраслей: судостроения, производства снастей, переработки, упаковки и транспортировки рыбной продукции, а следовательно, это ядро производственной и портовой инфраструктуры, стимул для развития социальной сферы и центр притяжения инноваций. В настоящее время отрасль переживает трудности, связанные как с внутренними проблемами, так и внешними. Для дальнейшего поступательного развития комплекса необходимо привлекать инвесторов и финансирование из различных источников для технического перевооружения имеющейся материально-технической базы, а также создавать совершенно новые производственные фонды. Потенциальному инвестору необходима информация о возможных плюсах и минусах, приобретениях и потерях. Поэтому целью настоящего исследования является анализ потенциала инвестиционной привлекательности отечественного рыбохозяйственного комплекса. В теоретической науке отсутствует определение инвестиционной привлекательности. Поэтому при проведении настоящего исследования авторы следовали канонам классической экономической теории и использовали методы сравнения, исторический, дедукцию и индукцию, статистический и др. Анализируя законодательство, нормативно-правовые документы, научные статьи, монографии, обзоры, пришли к следующим выводам: рыбохозяйственный комплекс обладает инвестиционной привлекательностью при совокупности определенных условий. Потенциал инвестиционной привлекательности рыбохозяйственного комплекса на современном этапе характеризуется наличием законодательной базы, возрастающим спросом на рыбу на мировых рынках и внутри страны, устойчивостью условий получения квот на вылов рыбы и водных биологических ресурсов, участием государства в софинансировании проектов, наличием госзаказа на готовую продукцию, возможностями научного потенциала и др.

Ключевые слова: рыбохозяйственный комплекс, рыба, водные ресурсы, инвестиционная привлекательность, инвестиционный процесс, рентабельность, основные фонды, капитал

Analysis of the potential investment attractiveness of the Russian fisheries sector

Valentina M. Kruchinina¹ vmk.market@vniiesh.ru  0000-0003-0811-796X
Svetlana M. Ryzhkova¹ smr.market@vniiesh.ru  0000-0002-1908-0747

¹ All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Khoroshevskoe h., 35/2, Moscow, 123007 Russia

Abstract. The fishery complex is an integral part of the national economy. Fish and its processed products are an important part of a balanced and healthy diet. They do not have an alternative replacement, therefore, an efficiently functioning fishery complex plays a big role in ensuring the country's food security and preserves aquatic biological resources. In coastal areas, it is a center of labor force employment, since fishing cannot do without related industries: shipbuilding, production of gear, processing, packaging and transportation of fish products, and therefore it is the core of production and port infrastructure, an incentive for the development of the social sphere and a center attraction of innovation. Currently, the industry is experiencing difficulties associated with both internal and external problems. For further progressive development of the complex, it is necessary to attract investors and financing from various sources for the technical re-equipment of the existing material and technical base, as well as create completely new production assets. A potential investor needs information about the possible pluses and minuses, acquisitions and losses. Therefore, the purpose of this study is to analyze the potential investment attractiveness of the domestic fisheries complex. In theoretical science there is no definition of investment attractiveness. Therefore, when conducting this study, the authors followed the canons of classical economic theory and used comparison methods, historical, deduction and induction, statistical and others. Analyzing the legislation, regulatory documents, scientific articles, monographs, reviews, they came to the following conclusions: the fishery complex has an investment attractiveness under a set of certain conditions. The potential for investment attractiveness of the fishery complex at the present stage is characterized by the presence of a legislative base, increasing demand for fish in world markets and domestically, the stability of the conditions for obtaining quotas for fishing and aquatic biological resources, government participation in co-financing projects, the availability of a state order for finished products, and scientific opportunities capacity etc.

Keywords: fishery complex, fish, water resources, investment attractiveness, investment process, profitability, fixed assets, capital

Для цитирования

Кручинина В.М., Рыжкова С.М. Анализ потенциала инвестиционной привлекательности рыбохозяйственного комплекса России // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 322–332. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-322-332

For citation

Kruchinina V.M., Ryzhkova S.M. Analysis of the potential investment attractiveness of the Russian fisheries sector. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 322–332. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-322-332

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

Введение

Россия в силу своего географического положения имеет выход к трем океанам: Северному Ледовитому, Атлантическому и Тихому. Кроме того, ей принадлежат внутренние водные источники – озера, реки, водохранилища, пруды. Поэтому рыболовство – исторически сложившийся промысел в экономике страны, а эффективно функционирующий рыбохозяйственный комплекс играет большую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны, сохраняет водные биоресурсы. В прибрежных районах – это центр занятости трудовых ресурсов, ядро производственной и портовой инфраструктуры, стимул для развития социальной сферы и центр притяжения инноваций. В настоящее время отрасль переживает трудности, связанные как с внутренними проблемами, так и внешними. Для дальнейшего поступательного развития комплекса необходимо привлекать инвесторов и финансирование из различных источников для технического перевооружения имеющейся материально-технической базы, а также создавать совершенно новые производственные фонды. Потенциальному инвестору необходима информация о возможных плюсах и минусах, приобретениях и потерях.

Развитие невозможно без инвестиций, при этом каждый инвестор желает, чтобы инвестиции использовались оптимальным образом, принося наибольший экономический эффект [7]. Так, Л.О. Житинская говорит о финансовой составляющей инновационного проекта и утверждает, что инновационный проект считается финансово-состоятельным, если сбалансированы активы, и пассивы и сальдо денежных средств положительно, а в течение реализации проекта достаточно денежных средств для других инновационных проектов, что повышает эффективность инвестирования и обеспечивает диверсификацию инвестиционного портфеля, уменьшая финансовые риски [2].

В теоретической науке отсутствует определение инвестиционной привлекательности. А. Маршалл в труде «Принципы экономики» (1890) определил инвестиции как вложение ресурсов в расчете на отдаленное будущее. На принятие решения о возможных инвестициях оказывает влияние размер прибыли, который может быть получен при благоприятных условиях [8]. При этом во время написания труда А. Маршалл считал рыбную отрасль инвестиционно привлекательной, так как «море огромно, а рыба плодотворна». Он предсказал, что этот золотой период не может долго продолжаться: «Некоторые полагают, что человек способен выловить в море практически неограниченное количество рыбы, не сокращая сколько-нибудь существенно оставшиеся ее запасы, т. е., иными словами, что

закон убывающей отдачи вообще едва ли применим к морским рыбным промыслам; другие же считают, что, как свидетельствует опыт, продуктивность падает на тех промыслах, которые энергично эксплуатируются, особенно траулерами с паровыми двигателями. Вопрос этот важен, так как на будущее человечества окажет значительное влияние количество и качество наличных запасов рыбы» [8].

Цель работы – изучение инвестиционной привлекательности отечественного рыбохозяйственного комплекса, анализ его потенциала.

В процессе исследования были решены следующие задачи: рассмотрено нормативно-правовое обеспечение отрасли, институциональная среда, произведена оценка объемов вылова рыбы и добычи других морепродуктов в исторической ретроспективе (в СССР и после его распада) и состояния производственных фондов и флота отрасли, взвешены финансовые и экономические показатели комплекса и др.

Материалы и методы

Авторы, следуя канонам классической экономической теории, использовали метод научного анализа и метод сравнения при оценке производственных фондов и нормативно-правовой базы, в статистическом и историческом исследовании преобладает метод индуктивный, а монографический помог объединить полученные материалы в научную статью. Были изучены и критически оценены обзоры, статьи, монографии, статистические отчеты Федеральной службы государственной статистики как в печатных периодических изданиях, так и в электронном виде.

Результаты и обсуждение

К концу XVIII-началу XIX вв. рыболовство переходит от индивидуального к промышленному и становится добывающей отраслью. В это время происходит формирование и концентрация российских фирм и акционерных организаций, специализация в производстве рыбы и водных биологических ресурсов, возникает рыбоперерабатывающая отрасль.

Как и всей экономике России, революция 1917 г. и последовавшая за ней гражданская война нанесли катастрофический ущерб рыбной отрасли. Только в 20-е гг. XX в. начинает формироваться ее нормативно-правовая база. С 50-х гг. XX в. правительство стало целенаправленно развивать рыбную отрасль: создана база рыбопромышленного судостроения и судоремонта, строится мощный рыбопромысловый флот, прибрежные фабрики по переработке рыбы и холодильники, развиваются целые поселки, где жители заняты в основном рыбным промыслом. В это время рыбопромысловый флот

занимался промыслом в большинстве морей Мирового океана. Действовавшие международные нормы в области рыболовства в 50–80-е гг. XX в. способствовали увеличению объемов вылова в необходимых для снабжения населения

количествах. В период 1950–1988 гг. добыча морских биоресурсов увеличилась в 6,4 раза и в 1988 г. составила 11,5 млн т. В два следующих года добыча снизилась: в 1990 г. она составляла 91,3% от объемов 1988 г. (рисунок 1).

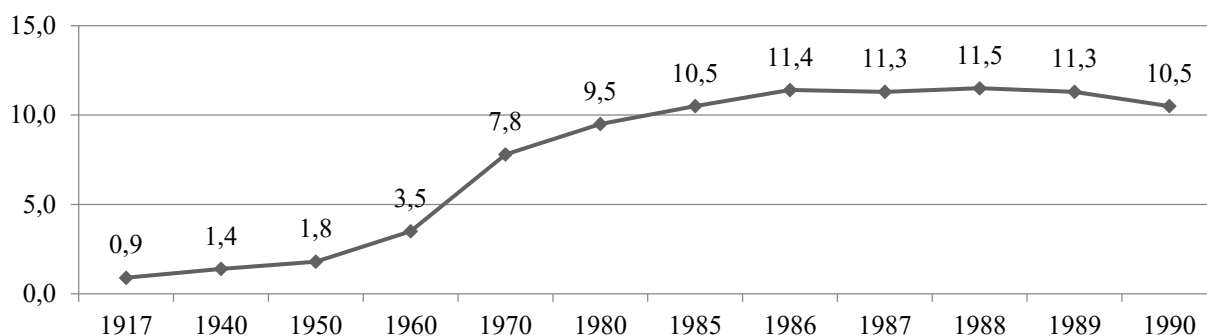


Рисунок 1. Улов рыбы и добыча других морепродуктов в СССР, млн т

Figure 1. Catch of fish and production of other seafood in the USSR, million tons [12]

Финансовые вложения способствовали постоянному росту вылова рыбы, а темпы роста объема рыбной продукции с 1940-х по 1980-е гг. превышали темпы роста всей пищевой промышленности СССР почти в 2 раза

(таблица 1). Однако к концу 1980-х гг. темпы роста замедлились. Хотя по отношению к 1985 г. в последующие годы добывалось больше рыбы, но появились признаки стагнации отрасли.

Таблица 1.

Темпы роста объема продукции пищевой промышленности за период 1940–1980 гг. (1940=1)

Table 1.

Growth rates of food industry output over the period 1940–1980 (1940=1)

	Годы Years								
	1940	1965	1970	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Пищевая промышленность, в т. ч. Food industry, including	1	3,5	4,7	6,1	6,0	6,2	6,4	6,5	6,5
Рыбная промышленность Fishing industry	1	6,2	8,8	12	12	12	11	12	12

Среди отраслей пищевой промышленности, входящих в АПК, рыбная по объемам прибыли стояла на третьем месте после пищевкусовой, мясной и молочной. В последние советские годы она потеснила мясомолочную отрасль, увеличив свою долю в общем объеме прибыли, с 8,9% в 1980 г. до 16–20% в период 1985–1990 гг.

Рентабельность также была ниже, чем в этих отраслях, однако в конце 1980-х гг. выросла до 11% по сравнению с базовым годом. В 1990 г. по отношению к пяти предыдущим годам произошло падение уровня рентабельности более чем на 2 п.п. (таблица 2).

Таблица 2.

Финансовые показатели предприятий пищевой промышленности по отраслям

Table 2.

Financial indicators of food industry enterprises by industry

	Годы Years							1990 к 1989,%; +, – п.п. 1990 to 1989,%; +, – sub.'
	1980	1985	1986	1987	1988	1989	1990	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Прибыль Profit								
Перерабатывающие отрасли, входящие в АПК (пищевая промышленность), млрд р., в т. ч. Processing industries included in the agro-industrial complex (food industry), billion rubles, including:	8,3	9,5	9,0	9,4	9,9	9,5	8,8	92,6
пищевкусовая flavoring	3,8	4,6	3,7	4,1	4,9	4,8	4,8	100
мясная и молочная meat and dairy	3,8	3,2	3,5	3,5	3,2	2,9	2,6	89,7
рыбная fish	0,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,4	77,8
Доля прибыли рыбной промышленности в общем объеме прибыли пищевой промышленности, % Share of profit of the fishing industry in the total profit of the food industry, %	8,9	17,5	20,0	19,2	18,7	19,4	16,2	-3,2 п.п.

Продолжение табл. 2 | Continuation of table 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рентабельность Profitability								
Перерабатывающие отрасли, входящие в АПК (пищевая промышленность), %, в т. ч.: Processing industries included in the agro-industrial complex (food industry), %, including:	18,4	15,1	14,2	14,7	16,3	16,2	14,2	-2,0
пищевкусовая flavoring	16,0	13,4	11,0	12,4	15,0	16,1	15,3	-0,8
мясная и молочная meat and dairy	37,2	24,1	24,9	24,4	24,9	22,9	18,4	-4,5
рыбная fish	6,4	11,1	11,6	11,1	11,9	11,2	8,6	-2,6

В последнее десятилетие перед началом распада СССР структура производственных фондов рыбной промышленности оставалась стабильной. Основную долю занимали машины и оборудование, к которым относятся как силовые и рабочие машины и оборудование, так

и измерительные и регулирующие устройства и приборы, а также вычислительная техника (более 70%). Сооружения и транспортные средства составляли чуть менее 10% каждые. Немаловажную роль играли здания, на которые приходилось более 6% (таблица 3).

Таблица 3.

Структура промышленно-производственных фондов пищевой и рыбной промышленности

Table 3.

Structure of industrial and production funds of the food and fish industry

	На 01.01.1981 г.	On 01.01.1981	На 01.01.1991 г.	On 01.01.1991
	Промышленность пищевая, в т. ч. Food industry, including	Рыбная промышленность Fishing industry	Промышленность пищевая, в т. ч. Food industry, including	Рыбная промышленность Fishing industry
Промышленно-производственные основные фонды – всего, в т. ч.: Industrial and production fixed assets-total, including:	100	100	100	100
здания building	35,9	6,9	33,7	6,2
сооружения constructions	11,4	9,6	9,9	9,3
передаточные устройства the transfer device	3,1	0,5	2,5	0,5
машины и оборудование machinery and equipment	45,4	74,4	48,1	73,7
транспортные средства means of transport	3,8	8,2	4,8	9,6
прочие основные фонды other fixed assets	0,4	0,4	1,0	0,7

После распада СССР Россия обладала рядом факторов для успешного развития рыбной промышленности: географическое положение обусловило историческое занятие населения рыболовством не только в прибрежных водах, но и в прудовых хозяйствах. Экономическая устойчивость позволяла получать стабильную прибыль и обеспечивать уровень рентабельности, необходимый для строительства судов, плавбаз, рыбоперерабатывающих заводов. Рыба вошла в рацион жителей страны. Однако с переходом к рыночной экономике ситуация меняется. Децентрализация хозяйства привела к потере отраслевого принципа – единый рыболовецкий комплекс распался на множество организаций, которые или прекратили существование,

или были полностью или частично приватизированы. Если в СССР превалировал экспедиционный океанический рыбный промысел, то устаревшие суда в 1990–2000 гг. позволяют его осуществлять в исключительной экономической зоне России. Численность флота за период с 2000 по 2018 гг. уменьшилась на четверть (рисунок 4). Несовершенство законодательной базы и безграмотность управленческих реформ (например, продажа долей квот на аукционах, что позволило «внедриться» в отрасль иностранцам и состоятельным дельцам, желающим лишь получить быструю выгоду) привели к тому, что рыболовецкие организации не рассматривали рыбный бизнес на долгосрочный период.

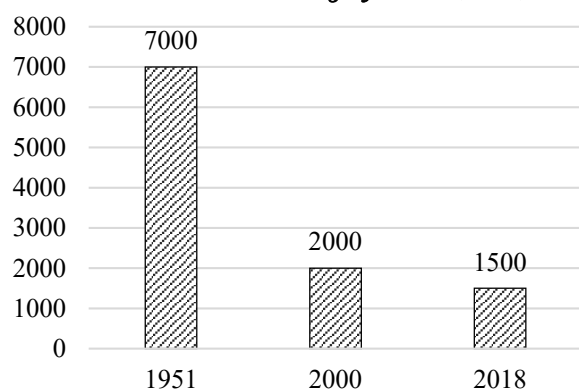


Рисунок 2. Численность флота, шт.

Figure 2. The strength of the fleet, pcs

Озабоченность положением дел в рыбохозяйственном комплексе отразилась в «Концепции развития рыбного хозяйства России на период до 2020 г.», в которой отмечалось, что с 1991 по 2006 гг. общий объем добычи водных биологических ресурсов снизился с 6,93 до 3,3 млн т (на 52,5%). Объем добычи в исключительных экономических зонах иностранных государств сократился на 65%, а в открытых районах Мирового океана – на 75%. За этот

же период более чем в 2 раза снизились уловы биологических ресурсов во внутренних водоемах.

Проблемами отрасли названы: низкая эффективность государственного администрирования; отсутствие конкурентной среды, стимулирующей привлечение капитала в экономику рыбного хозяйства; снижение запасов водных ресурсов; обострение конкуренции в мировом рыболовстве; отсутствие стимулирующих условий для повышения доступности строительства и модернизации судов и рыбоперерабатывающих производств и др.

После распада СССР объемы вылова рыбы и добычи водных биологических ресурсов в России постоянно снижались до 2004 г., со следующего года они стали расти (таблица 4). Уже в 2005 г. производство выросло на 15,4% по сравнению с предыдущим годом. В 2018 г. рост составил 63,6% к объемам 2004 г. Еще большими темпами увеличивается стоимость произведенной продукции. Если в 2004 г. она повышалась за счет цен при постоянном падении производства, то с 2005 г. ее рост обусловлен и увеличением вылова водных биоресурсов всех видов.

Таблица 4.

Производство и стоимость товарной продукции в России (включая консервы) [5]

Table 4.

Production and cost of commodity products in Russia (including canned goods) [5]

Годы Years	Произведено, тыс. т Produced, thousand tons	Стоимость произведенной продукции, млн р. Cost of manufactured products, million rubles.
2000	3142,2	60400,6
2001	3015,2	66195,5
2002	2833,4	63817,8
2003	2912,3	69337,7
2004	2546,0	63006,5
2005	2934,7	78642,0
2006	3013,4	87285,0
2007	3261,4	101619,1
2008	3158,4	100528,2
2009	3255,8	109644,9
2010	3408,0	114215,4
2011	3681,9	132493,6
2012	3683,0	151021,2
2013	3887,4	187121,3
2014	3790,7	200366,5
2015	3829,3	220480,6
2016	4029,0	236365,8
2017	4152,0	242437,6
2018	4164,0	243137,7

Начиная с 2004 г., органами власти принят ряд важных документов, позволивших стабилизировать положение в рыбохозяйственном комплексе. К таким документам следует отнести Федеральный закон от 20.12.2004 г. № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов», который закрепил

добычу водных ресурсов на основе квот путем заключения договора на 15 лет (принцип долгосрочного закрепления ресурсов зафиксировал за рыбаками право после прошедших в начале 2000-х гг. аукционов, которые были отменены в 2004 г. как механизм распределения квот).

Для поддержки рыбодобывающей отрасли в 2016 г. введен новый вид квот на инвестиционные цели (инвестиционный принцип). Инвесторы могут получить квоту, взяв на себя обязательство построить суда рыбопромыслового флота на российских судостроительных верфях и (или) предприятия, предназначенные для производства рыбной и иной продукции и построенные на территории России.

Федеральный закон от 02.07.2013 г. № 148-ФЗ «Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» устанавливает правовые основы регулирования в области аквакультуры (рыбоводства) – деятельности, связанной с выращиванием водных организмов, разведением и (или) содержанием в искусственно созданной среде обитания. Развитие аквакультуры имеет важное значение для насыщения рынка рыбной продукцией. В мире в 2016 г. 64,1% добытой рыбы приходилось на аквакультуру. В России этот сектор отстает от мировых показателей и является незначительным. Учитывая, что Россия наряду с США и Канадой относится к трем странам, в которых производство рыбопродуктов значительно удалено от потребителя (основные водные пространства находятся вокруг территории страны), то развитие аквакультуры должно стать для государства одной из первоочередных задач.

В 2014 г. принята государственная программа «Развитие рыбохозяйственного комплекса», нацеленная на обеспечение перехода

от экспортно-сырьевого типа к инновационному типу развития рыбного хозяйства на основе сохранения, воспроизводства, рационального использования водных биологических ресурсов, внедрения новых технологий, развития импортозамещающих подотраслей. С 2015 г. действует отраслевая программа «Развитие товарной аквакультуры (товарного рыбоводства) в Российской Федерации на 2015–2020 годы». Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса РФ на период до 2030 г. направлена на обеспечение динамичного развития рыбохозяйственного комплекса России, обновление производственных фондов, уход от сырьевой направленности экспорта путем стимулирования производства продукции с высокой долей добавленной стоимости, создание благоприятных условий для ведения бизнеса и привлечения инвестиций в отрасль.

Развитие институциональной базы стабилизировало экономическую ситуацию в отрасли. В последние годы увеличились инвестиционные вложения в рыболовство и рыбоводство. Так, в 2017 г. по сравнению с 2010 г. инвестиции выросли в 12,4 раза (таблица 5). Если в 2003 г. убыток отрасли равнялся 7194 млн р., в 2005 г. прибыль составила 29 млн р., то, начиная с 2010 г., размер прибыли резко рос: с 10344 до 98875 млн р. в 2017 г. (более чем в 9 раз). Рентабельность отрасли в 2015, 2016. и 2018 гг. равнялась или превышала 54%, снизившись в 2017 г. до 43,8%. В рыболовстве и рыбоводстве 81,9% организаций в 2018 г. были прибыльными, что больше, чем в 2017 г. на 8,6 п.п.

Таблица 5.

Финансовые вложения организаций в рыболовство и рыбоводство в России, млрд р. (данные ФСГС)

Table 5.

Financial investments of organizations in fishing and fish farming in Russia, billion rub. (FSGS data)

Годы Years	Финансовые вложения Financial investment	Долгосрочные вложения Long-term investments	Краткосрочные вложения Short-term investments
2010	9,4	4,8	4,6
2011	10,5	2,8	7,7
2012	13,4	7,1	6,3
2013	16,5	5,1	11,4
2014	28,2	17,2	11,0
2015	68,0	22,8	45,2
2016	67,9	36,8	31,1
2017	116,7	19,1	97,6
2017: 2016, %	1,7 р.	51,9	3,1 р.

Рентабельность проданных товаров, продукции и услуг организаций в рыболовстве и рыбоводстве в 2017 г. составила 43,8%, а рентабельность активов – 19,1%. В 2018 г. значения выросли до 54,0 и 20,8% соответственно.

Это выше показателей, чем в других сельскохозяйственных отраслях, больше, чем в организациях по добыче полезных ископаемых и в несколько раз превышают значения по всей экономике России (таблица 6).

Таблица 6.

Рентабельность проданных товаров, продукции (работ, услуг) и активов организаций
по видам экономической деятельности (данные ФСГС)

Table 6.

Profitability of sold goods, products (works, services) and assets of organizations
by type of economic activity (FSGS data)

Отрасли Industries	Годы Years			
	2017		2018	
	Рентабельность проданных товаров, продукции (работ, услуг) Profitability of goods and products sold (works, services)	Рентабельность активов Return on assets	Рентабельность проданных товаров, продукции (работ, услуг) Profitability of goods and products sold (works, services)	Рентабельность активов Return on assets
Всего Total,	6,7	3,8	12,3	6,4
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming,	16,0	5,4	20,2	7,1
Растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях Crop and livestock production, hunting and related services in these areas	13,6	4,3	17,0	5,8
Лесоводство и лесозаготовки Forestry and logging	4,9	-0,5	11,1	1,7
Рыболовство и рыбоводство Fishing and fish farming	43,8	19,1	54,0	20,8
Добыча полезных ископаемых Mining	24,6	10,4	33,6	17,3

Рыба и водные биологические ресурсы являются важной статьей экспорта России. В 2018 г. вывезено рыбопродуктов на 5099 млн дол. США, что превышает уровень 2010 г. в 1,9 раза. Импорт по объемам значительно отстает от экспорта. В 2018 г. в Россию импортировано рыбы, рыбных продуктов на сумму 1802 млн дол. США, что 2,8 раза ниже объемов экспорта (рисунок 3).

Основной вид экспортной продукции – рыба мороженая, за исключением рыбного филе, и ракообразные. Самая высокая экспортная цена за 1 т ракообразных – 14128,0 дол., рыбное филе реализуется по цене 3670,3 дол., рыба сушеная и соленая – по 4280,4 дол., рыба мороженая – по 1668,0 дол., а рыба свежая и охлажденная – по 1053,7 дол.

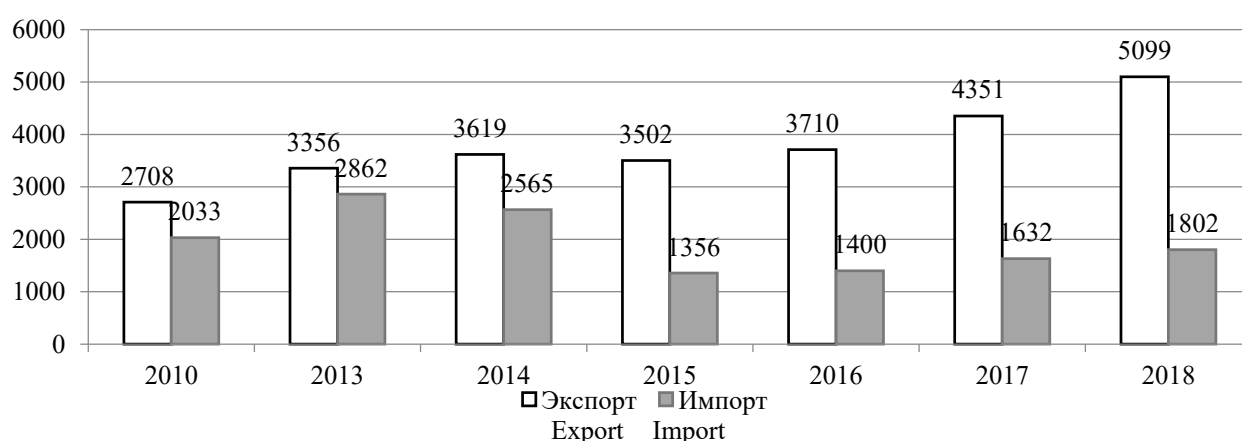


Рисунок 3. Экспорт и импорт России рыбы, рыбопродуктов и морепродуктов, млн дол. США (данные ФСГС)

Figure 3. Russian exports and imports of fish, fish products and seafood, USD million USA

На внутреннем рынке удельный вес рыбы, ракообразных и моллюсков в обороте розничной торговли пищевыми продуктами в 2018 г. занял 4,5% (в 2017 г. – 4,4%). Объем розничной торговли этим видом продуктов составил

670,5 млрд р., что больше показателя 2017 г. на 1,9% (в сопоставимых ценах), а розничная продажа консервов из рыбы и морепродуктов равнялась 139,0 млрд р. В структуре потребительских расходов домашних хозяйств рыба

и рыбные продукты занимают в последние годы 2,0–2,1%, и это соответствует долям фруктов и ягод (2,2–2,3%), овощей и бахчевых (2,1–2,2%).

Средние потребительские цены на рыбу и рыбную продукцию постоянно растут. Например, цены на рыбу мороженую неразделанную в 2018 г. выросли по сравнению с 2000 г. в 5,2 раза с 29,54 до 152,14 р., на рыбу соленую, маринованную и копченую – в 6,5 раза с 61,22 до 398,24 р., а на консервы рыбные натуральные и с добавлением масла (за условную банку 350 г) – в 1,6 раза с 21,15 до 113,71 р. В структуре розничных цен себестоимость продукции занимает от 15 до 35%. Отпускная цена производителей

ниже розничной в зависимости от вида продукции в 2,5–5,7 раза (таблица 7). Значительную долю в конечной цене рыбной продукции занимают расходы и прибыль сферы обращения. Уменьшение количества посредников между производителем и потребителем является одним из условий снижения цены на рыбные товары, а значит, и доступности рыбы для покупателей. В настоящее время продукты из рыбы мороженой по цене лишь в 2,0–2,5 раза ниже цены на мясо говядины, свинины, кур, а рыба соленая, маринованная и копченая превышает стоимость этих видов мяса.

Таблица 7.

Структура розничных цен на рыбные товары в 2018 г. (данные ФСГС)

Table 7.

Structure of retail prices for fish products in 2018 (FSGS data)

Структура розничной цены Retail price structure	Наименование товара Name of goods		
	Рыба живая, свежая и охлажденная Fish is alive, fresh and chilled	Рыба мороженая разделанная (кроме лососевых пород) Frozen butchered fish (except salmon breeds)	Рыба копченая Smoked fish
Стоимость сырья и основных материалов за вычетом возвратных отходов Cost of raw materials and basic materials minus a returnable waste	25,86	29,53	42,40
Расходы на производство, включая коммерческие расходы Production costs, including the cost of	25,10	23,25	16,79
Полная себестоимость ед. продукции Total cost of production units	50,96	52,78	59,19
Фактическая прибыль, убыток (–) Actual profit or loss (–)	5,91	4,89	5,29
НДС, акциз и другие виды налогов VAT, excise and other types of taxes	0,16	3,97	5,18
Отпускная цена с НДС, акцизом и другими видами налогов Selling price with VAT, excise tax and other types of taxes	57,03	61,64	69,66
Плата за доставку продукции (товара) покупателям, осуществляемую перерабатывающим предприятием Payment for delivery of products (goods) to customers carried out by the processing enterprise	00,0	00,0	0,05
Оборот сферы обращения, включая НДС, исчисленный организацией розничной торговли Turnover of the sphere of circulation, including VAT, calculated by the retail trade organization	42,97	38,36	30,29

При этом отрасль характеризуется значительным износом основных фондов. Так, по данным за 2015 г. он составил на конец года 52,4%. Дальнейшее развитие рыбохозяйственного комплекса невозможно без модернизации старых и создания новых судов и перерабатывающих организаций. По вводу в действие основных фондов на 1 р. инвестиций комплекс опережает все виды экономической деятельности, кроме

транспорта и связи, финансовой деятельности и государственного управления. Если доля инвестиций, направленных на реконструкцию и модернизацию, в общем объеме инвестиций в целом по экономике имеет тенденцию к снижению в период 2005–2018 гг., то этот показатель по рыболоводческой отрасли не имеет четкого тренда (рисунок 4).

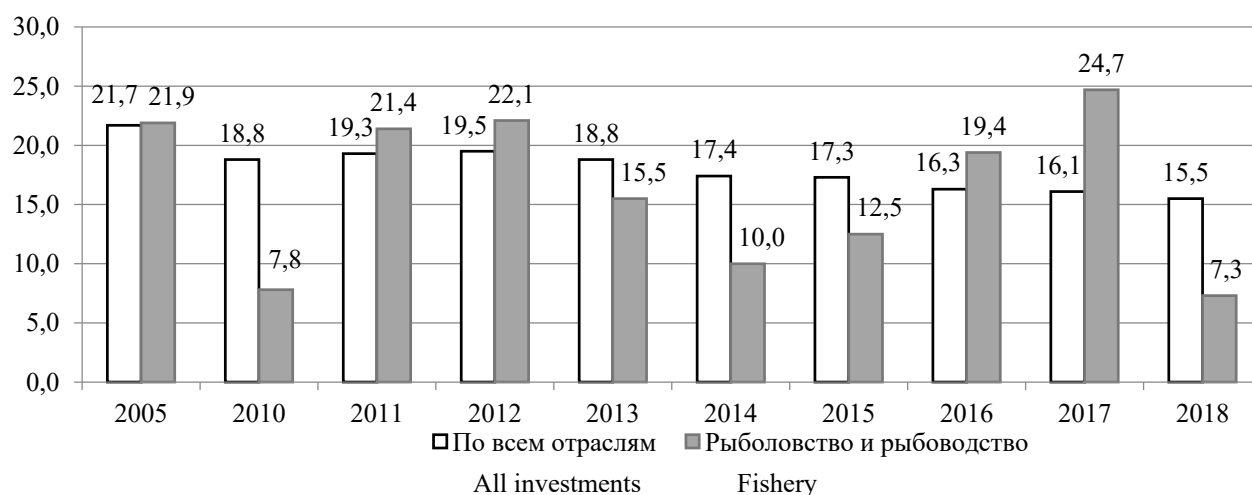


Рисунок 4. Доля инвестиций, направленных на реконструкцию и модернизацию, в общем объеме инвестиций в основной капитал в России, в % (данные ФСГС)

Figure 4. The share of investments aimed at reconstruction and modernization in the total volume of investments in the main capital in Russia, in %

Обсуждение

Инвестиционный процесс – сложное, многоуровневое и многогранное явление или длительное действие, которое является одним из движущих рычагов экономики [4]. К сожалению, одним из недостатков современной инфраструктуры товарных рынков России является недостаточное законодательно-правовое и нормативное обеспечение [10]. Поэтому нужен механизм, привлекающий инвестиции в основные фонды и инфраструктуру производственной сферы рыбохозяйственного комплекса, направленный на повышение их эффективности. М. Портер определил пять конкурентных сил, формирующих стратегию развития любой отрасли, которая помогает инвесторам определить, насколько хорошо корпорация может адаптироваться к изменениям на своем целевом рынке: «Требования к капиталу – если капитал, необходимый для инвестирования, высок, чтобы начать новое предприятие, отрасль, вероятно, столкнется с минимальной угрозой нового входа. Однако этот барьер ослабляется, если доходность высока и ожидается, что она останется такой же» [9]. Субъектам рыбохозяйственного комплекса необходимо учитывать изменения во внешней среде, к которым нужно быстро приспосабливаться: глобализация мировой экономики, появление новых конкурентов, дифференциация рынков, ускорение научно-технического прогресса как по странам в целом, так и в отдельных отраслях. В настоящее время в мире происходит смена технологических укладов: доминирующий до последнего времени пятый уклад, ключевыми факторами которого являются

микроэлектроника и программное обеспечение, близок к пределу своего роста, а шестой технологический уклад выходит из эмбриональной фазы в фазу роста со своими факторами [1].

Инвестиционный процесс, непосредственно осуществляясь в каждом конкретном случае на микроуровне экономики, выступает на ее макроуровне в виде объединенной в единое целое совокупности единичных инвестиционных процессов, приносящих, помимо суммы их непосредственных эффектов, синергетический эффект, проявляющийся в масштабе народного хозяйства [4]. Для эффективного и устойчивого развития рыбохозяйственного комплекса инновационного типа необходимо формировать комплексный механизм государственной поддержки [6]. Промышленным организациям, цехам, плавучим средствам необходимы системные инвестиции в обновление материально-технической базы. Перспективное развитие рыбохозяйственного комплекса возможно только с внедрением современных технологий с учетом совершенствования мероприятий по контролю за качеством выпускаемой продукции. Использование на эти цели кредитных ресурсов из-за высоких процентных ставок нецелесообразно, так как увеличивается обременение [3].

Заключение

Для привлечения инвестиций в экономику рыбохозяйственного комплекса мало одного желания потенциальных инвесторов. Помощь государства на данном этапе может выступить катализатором их активности. Однако противоречивые действия государства не дают полной уверенности на получение отдачи на вложенный капитал.

Примером может служить следующее. Государственная программа по развитию рыбохозяйственного комплекса, принятая в 2014 г., была рассчитана до 2024 г., а затем постановлением Правительства РФ от 31.03.2017 г. № 395 ее срок сокращен до 2020 г. После принятия закона о рыболовстве, закрепляющего принцип долгосрочности квот, принято решение об изменении распределения квот на вылов крабов: 50% квот будет распределяться на аукционах. При этом часть крабодобытчиков потеряет возможность продолжить свой промысел. Нестабильность правового поля снижает инвестиционную привлекательность рыболовного бизнеса.

Потенциал инвестиционной привлекательности рыбохозяйственного комплекса на современном этапе характеризуется наличием законодательной базы, учитывающей действительное положение дел в рыбной отрасли, возрастающим спросом на рыбу на мировых рынках и внутри страны, относительной устойчивостью условий получения квот на вылов рыбы и водных биологических ресурсов, технологической оснащенностью отрасли, участием государства в софинансировании проектов, наличием госзаказа на готовую продукцию, возможностями научного потенциала, развитостью рыбных товарных рынков.

Литература

- 1 Алиева И.З., Аминов И.А., Аношкина М.С. и др. Современное предпринимательство в инновационной экономике: теория и практика. Москва: Перо, 2015. 318 с.
- 2 Житинская Л.О. Обоснование экономических решений по инвестированию инновационных проектов: рационализация инвестирования инновационных проектов // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1. С. 343–351. doi: 10.20914/2310–1202–2017–1–343–351.
- 3 Кручинина В.М. Современное состояние и перспективы развития промышленности потребительской кооперации Центросоюза // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1. С. 401–409. doi: 10.20914/2310–1202–2017–1–401–409.
- 4 Кручинина В.М. Роль инвестиций в экономике страны // Предпринимательство. 2005. № 5. С. 72–77.
- 5 Материалы к научно-практической конференции: 15 лет российскому рыболовному законодательству. Москва: ВАРПЭ, 2019. 89 с.
- 6 Шаркова А.В., Килиячков Н.А., Белобрагин В.В. и др. Концепция эффективного предпринимательства в сфере новых решений, проектов и гипотез: изд. 2-е. Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2019. 641 с.
- 7 Хасаншин И.И., Саватнеев А.А., Нарбаев Т.Р. Формирование и основы анализа инвестиционного портфеля предприятия // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 1. С. 331–334. doi: 10.20914/2310–1202–2018–1–331–334.
- 8 Marshall A. Principles of economics: 8th ed. London: Macmillan, 1920.
- 9 Porter M.E. The Five Competitive Forces That Shape Strategy. Special Issue on HBS Centennial // Harvard Business Review. 2008. V. 86. № 1. P. 78–93.
- 10 Ryzhkova S. The improvement of standart and legal base of infrastructure of the fruit and vegetable market // Economy modernization: new challenges and innovative practice: 2nd International Conference. Sheffield: B&M publishing, 2014. P. 25–29.

References

- 1 Alieva I.Z., Aminov I.A., Anoshkina M.S. et al. Modern entrepreneurship in the innovative economy: theory and practice. Moscow, Pero, 2015. 318 p. (in Russian).
- 2 Zhitinskaya L.O. The economic rationale for investing decisions innovative projects: rationalization of investments for innovative projects. Proceedings of VSUET. 2017. vol. 79. no. 1. pp. 343–351. doi: 10.20914/2310–1202–2017–1–343–351 (in Russian).
- 3 Kruchinina M.V. Current state and prospects of development of the industry of consumer cooperatives Centrosoyuz. Proceedings of VSUET. 2017. vol. 79. no. 1. pp. 401–409. doi: 10.20914/2310–1202–2017–1–401–409 (in Russian).
- 4 Kruchinina V.M. The role of investments in the country's economy. Entrepreneurship. 2005. no. 5. pp. 72–77. (in Russian).
- 5 Materials for the scientific and practical conference: 15 years of Russian fishing legislation. Moscow, VARPE, 2019. 89 p. (in Russian).
- 6 Sharkova A.V., Kilyachkov N.A., Belobragin V.V. et al. The Concept of effective entrepreneurship in the field of new solutions, projects, and hypotheses. ed. 2nd. Moscow, Publishing and trading Corporation Dashkov & Co., 2019. 641 p. (in Russian).
- 7 Hasanshin I.I., Savatneev A.A., Narbaev T.R. Formation and basis of the analysis of the investment portfolio of the enterprise. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 1. pp. 331–334. doi: 10.20914 / 2310–1202–2018–1–331–334 (in Russian).
- 8 Marshall A. Principles of economics: 8th ed. London: Macmillan, 1920.
- 9 Porter M.E. The Five Competitive Forces That Shape Strategy. Special Issue on HBS Centennial. Harvard Business Review. 2008. vol. 86. no. 1. pp. 78–93.
- 10 Ryzhkova S. The improvement of standart and legal base of infrastructure of the fruit and vegetable market. Economy modernization: new challenges and innovative practice: 2nd International Conference. Sheffield: B&M publishing, 2014. pp. 25–29

Сведения об авторах

Валентина М. Кручинина к.э.н., вед. науч. сотр., отдел маркетинга и развития продуктовых рынков, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства, Хорошевское ш., 35/2, Москва, 123007 Россия, vmk.market@vniiesh.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0811-796X>

Светлана М. Рыжкова к.э.н., вед. науч. сотр., отдел маркетинга и развития продуктовых рынков работы, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства, Хорошевское ш., 35/2, Москва, 123007 Россия, smr.market@vniiesh.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1908-0747>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Valentina M. Kruchinina Cand. Sci. (Econ.), senior research fellow, food markets marketing and development department, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Khoroshevskoe h, 35/2, Moscow, 123007 Russia, vmk.market@vniiesh.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0811-796X>

Svetlana M. Ryzhkova Cand. Sci. (Econ.), senior research fellow, food markets marketing and development department, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Khoroshevskoe h, 35/2, Moscow, 123007 Russia, smr.market@vniiesh.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1908-0747>

Contribution

Authors were equally involved in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 30/01/2020	После редакции 07/02/2020	Принята в печать 17/02/2020
Received 30/01/2020	Accepted in revised 07/02/2020	Accepted 17/02/2020

Особенности логистического обеспечения высокотехнологичного предприятия

Ирина В. Казьмина¹ kazminakazmina@ya.ru  0000-0002-2610-8656
Анна А. Дерканосова² aa-derk@ya.ru  0000-0002-9726-9262

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

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

Аннотация. Рассматриваются особенности поддержки логистической сферы производства оборудования (изделий) на российских высокотехнологичных предприятиях и проводится уточнение основных направлений деятельности предприятий в части обеспечения интегрированной поддержки логистической сферы изделий на всех стадиях жизненного цикла. Исходя из современных тенденций развития экономики РФ, особую актуальность приобретает применение новейших логистических технологий в управлении производственными предприятиями. Установлено, что при реализации традиционной системы логистической поддержки изделия информационные потоки несут информацию о продуктовых требованиях, стоимости, процедуре заказа и доставки готовых изделий потребителям. В настоящее время предпринимаются определенные шаги по внедрению CALS-технологий, которые рассматриваются как инструменты организации и непрерывной информационной поддержки всех участников создания, производства и использования на всех стадиях жизненного цикла изделий, сокращения издержек в процессах производства, эксплуатации и ремонта. Выявлено, что в традиционной системе поддержки логистической сферы изделия отсутствует централизованное планирование, логистическая информационная система не может оперативно изменять параметры основных элементов системы поддержки в зависимости от изменившихся условий эксплуатации изделия. Предложена перспективная система интегрированной поддержки логистической сферы на основе CALS-технологий, устраняющая недостатки путем проведения анализа поддержки логистической сферы.

Ключевые слова: логистическая поддержка, цикл изделия, логистические цепочки, информационные потоки, CALS-технологии

Features of the logistics support of a high-tech enterprise

Irina V. Kazmina¹ kazminakazmina@ya.ru  0000-0002-2610-8656
Anna A. Derkanosova² aa-derk@ya.ru  0000-0002-9726-9262

1 Academy named after professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin St. Old Bolsheviks, 54 "A", Voronezh, 394064, Russia

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

Abstract. The features of support for the logistics sphere of production of equipment (products) at Russian high-tech enterprises are examined and the main areas of activity of enterprises are clarified in terms of providing integrated support for the logistics sphere of products at all stages of the life cycle. Based on current trends in the development of the economy of the Russian Federation, the use of the latest logistics technologies in the management of production enterprises is of particular relevance. It has been established that in the implementation of the traditional system of product logistic support, information flows carry information about product requirements, cost, ordering and delivery of finished products to consumers. Currently, certain steps are being taken to introduce CALS-technologies, which are considered as tools for organizing and providing continuous information support to all participants in the creation, production and use of products at all stages of the product life cycle, reducing costs in the production, operation and repair processes. It was revealed that in the traditional support system for the product's logistics sphere there is no centralized planning, the logistics information system cannot promptly change the parameters of the main elements of the support system depending on the changed operating conditions of the product. A promising system of integrated support for the logistics sector based on CALS-technologies is proposed, which eliminates the shortcomings by analyzing the support of the logistics sector.

Keywords: logistic support, product cycle, supply chains, information flows, CALS technologies

Введение

Исходя из современных тенденций развития экономики РФ, особую актуальность приобретает применение новейших логистических технологий в управлении высокотехнологичными предприятиями [1]. В настоящее время одно из традиционных направлений по обеспечению эффективности производственных предприятий лежит в плоскости создания механизма, который обеспечивал бы взаимодействие элементов логистической цепочки. Для построения логистических цепочек и достижения указанных целей необходимы описание, учет и оценка

выполняемых функций предприятий с использованием информационных технологий.

Построение логистических цепочек, объединенных в сеть, охватывает процессы от проектирования изделий, закупок сырья и комплектующих до поставок запчастей и агрегатов. Экономической основой этого процесса становится стремление к снижению общих издержек и необходимость концентрации на предприятиях только профильных технологий и ресурсов. Приоритет отдается информационным технологиям, обеспечивающим гибкие формы организации высокотехнологичного производства и доставки изделий.

Для цитирования

Казьмина И.В., Дерканосова А.А. Особенности логистического обеспечения высокотехнологичного предприятия // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 333–339. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-333-339

For citation

Kazmina I.V., Derkanosova A.A. Features of the logistics support of a high-tech enterprise. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 333–337. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-333-337

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

Результаты и обсуждение

Логистическое обеспечение на основе традиционной системы поддержки логистической сферы изделия осуществляется на основе взаимодействия элементов логистической цепочки «поставка материалов и комплектующих – производство оборудования – поставка запасных частей – эксплуатация».

Информационное обеспечение указанного логистического процесса осуществляется путем передачи потоков сообщений, формируемых отправными потоками между звеньями системы или логистической системой и окружающей средой в бумажной, электронной (цифровой), речевой или другой форме. Предоставленная система логистической поддержки не может оперативно изменять параметры основных элементов системы поддержки, в ней отсутствует централизованное планирование [2,3].

При построении логистических цепочек возникает ряд трудностей, которые необходимо преодолеть. Основными сложностями на пути развития логистики в России являются низкий уровень внедрения на предприятии современных информационных систем управления, систем связи и телекоммуникаций, а также слабый уровень оперативной информационной поддержки участников создания, производства и эксплуатации производственных изделий.

Логистические традиционные информационные системы высокотехнологичного предприятия представляют собой соответствующие информационные сети, начинающиеся с дневных требований заказчиков, распространяющиеся через распределение и производство до поставщиков. Эти системы обычно разделяются на три основных вида: плановые, диспетчерские и исполнительные (таблица 1).

Таблица 1.

Виды логистических информационных систем

Table 1.

Types of logistics information systems

Виды логистических информационных систем Types of logistics information systems			
Вид Type	Назначение Purpose	Решаемые задачи Solved tasks	Особенности Features
Плановые Planned	Определены принятием долгосрочного решения стратегического характера Defined by a strategic decision	Оптимизация и создание элементов цепи логистического характера. Управление условными и постоянными данными. План по производству. Общее управление затратами. Процесс управления резервами и прочими задачи Optimization and creation of logistic chain elements. Conditional and persistent data management. Production plan. General cost management. The process of managing reserves and other tasks	Формируются на уровне администрации управления Formed at the management administration level
Диспозитивные (диспетчерские) Dispatch (dispatch)	Предназначены для обеспечения отлаженной работы логистических систем Designed to ensure the smooth functioning of logistics systems	Подробный процесс управления затратами (местами складирования). Распоряжение внутрискладским транспортом. Отбор грузов по заказам и их комплектование. Учет отправляемых грузов Dispatch (dispatch) Detailed cost management process (storage locations). Disposal of internal storage. Selection of goods on orders and their picking. Accounting for consignments and other tasks	Формируются на уровне управления цехом или складом Formed at the level of management of the shop or warehouse
Исполнительные (оперативные) Executive (operational)	Предназначены для оперативного решения разнообразных задач, связанных с производством Designed for the operational solution of various tasks related to production	Реализация процесса контроля потоков материальных средств. Процесс оперативного управления процессами производства. Управление поставками запасных частей. Управление сферой перемещения и других подобных задач Implementation of the process of controlling flows of material assets. The process of operational management of production processes. Supply management of spare parts; Management of the scope of movement and other similar tasks	Формируются на уровне оперативного или административного менеджмента Formed at the level of operational or administrative management

Информационная система логистики при этом играет роль системы, обеспечивающей передачу управляющих воздействий менеджмента предприятия конечным исполнителям и обратную связь по результатам деятельности. Она обеспечивает подготовку, ввод, хранение, обработку, контроль и передачу данных. Информационная система отличается иерархической структурой, степень ее автоматизации высока.

Логистическая информационная система может быть реализована как совокупность взаимосвязанных средств вычислительной техники (СВТ) разной производительности и абонентских пунктов (терминалов). Их подсистемы выполняют функции на различных уровнях

управления, как правило, используя общий банк данных. Информацию все более высокого уровня получают сжатием данных из детальной базы более низких уровней

При реализации традиционной системы логистической поддержки продукции информационные потоки несут информацию о продуктовых требованиях, стоимости готовых изделий, процедуре заказа и доставки готовых изделий потребителям.

Для прогнозирования, к примеру, объема продаж информационные источники, формирующие информационные потоки, включают в себя следующие основные сведения, представленные на рисунке 1.



Рисунок 1. Требуемая информация в виде информационных цифровых потоков для прогнозирования объема продаж при обеспечении логистической деятельности высокотехнологичного предприятия

Figure 1. The required information in the form of information digital streams for forecasting sales volume while ensuring the logistics of the enterprise

Передача информационных потоков при производственной деятельности высокотехнологичного предприятия обеспечивается, как правило, с использованием СВТ. Цифровая передача данных представляет собой автоматизированное соединение информационных систем разных предприятий или территориально удаленных друг от друга подразделений одного предприятия. Связь между ними обеспечивают коммуникационные системы при помощи средств связи. Пропускная способность у цифровых сетей гораздо выше, чем у аналоговых, поэтому они в большей степени отвечают быстрдействию СВТ. Однако организация цифровой сети связана с крупными расходами,

но вместе с тем уменьшаются удельные затраты на передачу данных, потому что преобразовывать данные не нужно, передача происходит намного быстрее [4,5].

Высокое качество современных цифровых каналов изменило требования к протоколам локальных и глобальных компьютерных сетей, входящих в состав логистических информационных систем. Отличительной особенностью подобных систем является то, что на первый план вместо процедур обеспечения надежности вышли процедуры обеспечения гарантированной средней скорости доставки информации владельцам логистических цепочек. В этих сетях

предполагается, что искажение битов происходит настолько редко, что ошибочный пакет выгоднее просто уничтожить, а все проблемы, связанные с его потерей, перепоручить программному обеспечению более высокого уровня. При этом стало возможным проектирование служб, работа которых связана с доставкой пользователю больших объемов информации в реальном времени – текста, изображений, голоса, электронной документации, специфических информационных ресурсов, программных средств подготовки модулей данных и электронных публикаций, в общем, всего того, что получило название мультимедийной информации.

Кроме того, в локальных сетях, используемых в логистических информационных

системах, в настоящее время уделяется такое же большое внимание методам обеспечения защиты информации от несанкционированного доступа [6, 7], как и в глобальных.

Это определено тем, что локальные сети перестали быть изолированными, они имеют выход во «внешний мир» через глобальные связи.

Для систематизации представлений о множестве логистических действий и выполняемых функциях при обеспечении логистической деятельности высокотехнологичного предприятия разработана классификационная схема информационных потоков (рисунок 2), в основу которой положены четыре классификационных признака.

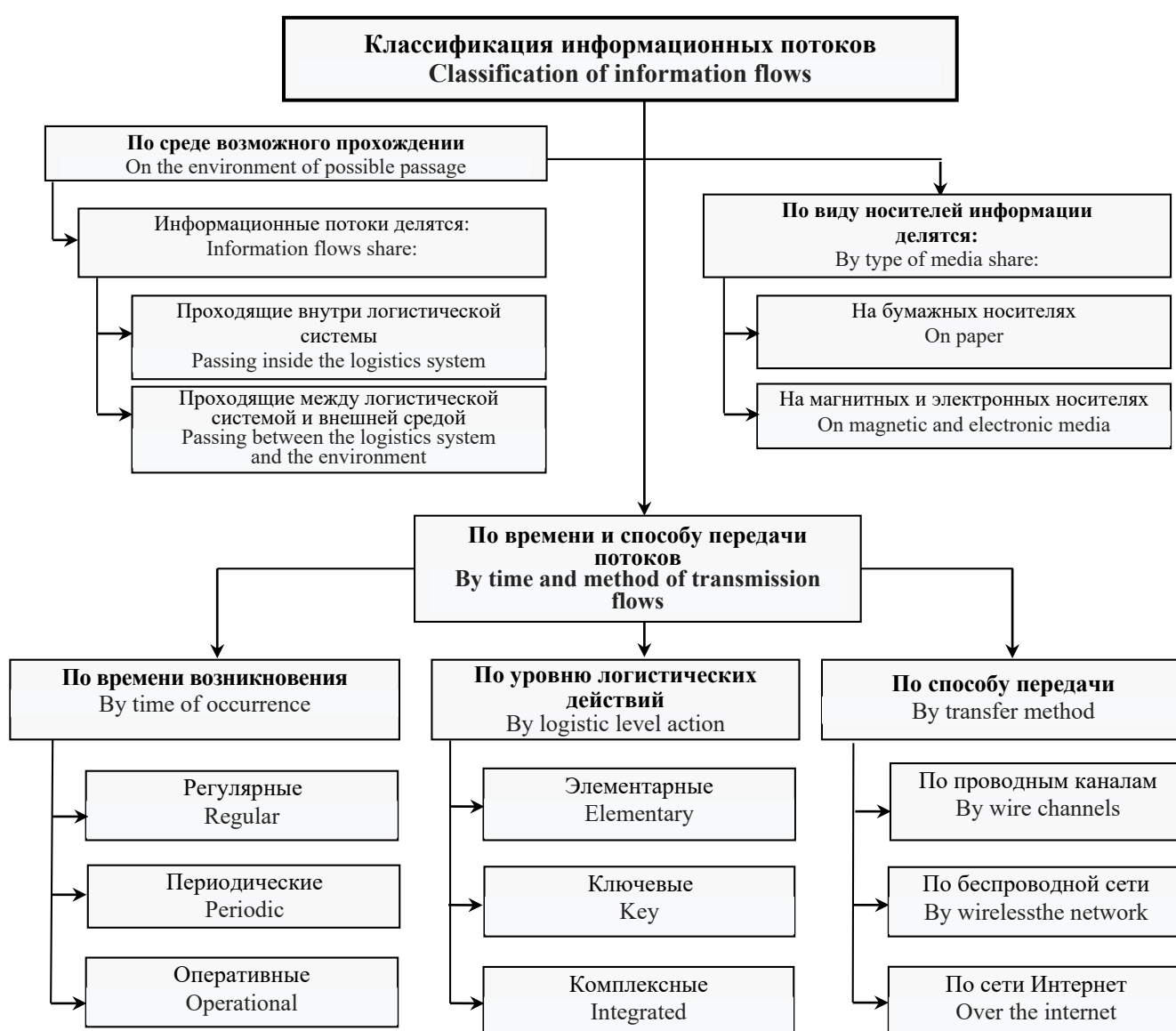


Рисунок 2. Классификация информационных потоков при обеспечении логистической деятельности высокотехнологичного предприятия

Figure2. Classification of information flows while ensuring the logistic activities of a high-tech enterprise

Классификация информационных потоков осуществлялась на основе использования методов системного анализа возможных информационных потоков при деятельности предприятий в области логистики, участвующих в производстве оборудования, с учетом информационной связанности их потенциальных децентрализованных подразделений. Разработанная классификационная схема информационных потоков при обеспечении логистической поддержки высокотехнологичного оборудования указывает на большое разнообразие и специфические особенности информационных потоков, проходящих внутри логистической системы, а также между логистической системой и внешней средой.

Системный анализ перспективных направлений информационной поддержки всех участников разработки, производства и эксплуатации изделия на всех стадиях жизненного цикла показал, что наиболее перспективным направлением по реформированию высокотехнологичного предприятий является создание специального механизма.

Подобный механизм должен гибко и эффективно обеспечивать взаимодействие следующих элементов логистической цепочки: «разработка оборудования – поставка материалов и комплектующих – производство оборудования – поставка запасных частей – эксплуатация – техническое обслуживание – ремонт – утилизация». Указанная логистическая цепочка включает четыре дополнительных элемента относительно традиционной логистической цепочки. За счет включения четырех дополнительных логистических элементов обеспечивается [8,9]:

- своевременная разработка электронной технической документации, программных средств и других программных инструментов для производства нового оборудования;

- снижение материальных и временных затрат на техническое обслуживание, производство запасных частей и ремонт оборудования;

- увеличение уровня гарантийного и сервисного обслуживания высокотехнологичного оборудования на всех стадиях жизненного цикла;

- планирование и своевременная организация процессов утилизации оборудования и его составных частей.

Сегодня в России предпринимаются определенные шаги по внедрению CALS-технологий (CALS – Continuous Acquisition and Lifecycle Support), которые рассматриваются как инструменты организации и непрерывной информационной поддержки всех участников создания, производства и использования на всех стадиях жизненного цикла изделий, сокращения издержек в процессах производства,

эксплуатации и ремонта [4,6–8]. Эффективное применение этого инструментария возможно на базе интегрированной логистической поддержки (ИЛП), являющейся ядром концепции CALS-технологий.

CALS-технологии являются инструментом, интегрирующим промышленные автоматизированные системы в единую многофункциональную систему. Целью интеграции автоматизированных систем проектирования и управления является повышение эффективности создания и эксплуатации высокотехнологичного оборудования. Повышение эффективности заключается в следующем.

Во-первых, повышается качество высокотехнологичного оборудования за счет более полного учета имеющейся информации при проектировании и принятии управленческих решений. Сокращаются материальные и временные затраты на проектирование, изготовление, эксплуатацию и ремонт оборудования.

Во-вторых, существенно снижаются затраты на эксплуатацию благодаря реализации функций ИЛП. Существенно облегчается решение проблем ремонтпригодности, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации. Кроме того, появляются более широкие возможности для специализации российских предприятий, вплоть до создания виртуальных предприятий, участвующих в разработке и создании оборудования, что также способствует снижению затрат.

Система ИЛП обеспечивает производственное предприятие оперативной и аналитической информацией в электронном (цифровом) виде, что делает взаимодействие участников рынка более эффективным и надежным в масштабе реального времени. Кроме того, ИЛП – совокупность видов инженерной деятельности, реализуемых посредством управленческих, инженерных и информационных технологий, ориентированных на обеспечение высокого уровня готовности изделий (в том числе показателей, определяющих надежность, долговечность, ремонтпригодность, эксплуатационную и ремонтную технологичность и др.) при одновременном снижении затрат, связанных с их эксплуатацией и обслуживанием.

ИЛП высокотехнологичного промышленного оборудования (изделия) включает, как правило, следующие направления деятельности [10, 12]:

- анализ логистической поддержки (АЛП) с целью обеспечения разумного баланса требований в отношении стоимости жизненного цикла высокотехнологичного изделия и коэффициента готовности оборудования;

- сопровождение эксплуатационной и ремонтной документации;

- управление техническим обслуживанием и ремонтом изделия;
- обучение персонала, в том числе разработка технических средств обучения;
- обеспечение заказчика специальным и измерительным оборудованием, необходимым для эксплуатации, обслуживания и ремонта;
- планирование и организацию процессов упаковки, погрузки и разгрузки, хранения и транспортирования изделия;
- поддержку программного обеспечения и вычислительных средств;
- разработку инфраструктуры системы технической эксплуатации;
- мониторинг технического состояния изделия и процессов эксплуатации и технического обслуживания;
- планирование и организацию процессов утилизации изделия.

Исходные данные и результаты АЛП хранятся в специализированной электронной базе данных – БД АЛП. Функции по созданию и ведению БД АЛП обычно выполняет разработчик. БД АЛП строится на основе информационной модели (модели данных) и поддерживается в актуальном состоянии на протяжении всего жизненного цикла изделия. Информация из БД АЛП может использоваться во всех процессах ИЛП, а также в процессах разработки и проектирования высокотехнологичного изделия. При необходимости вся БД АЛП или ее часть может передаваться заказчику. Процесс АЛП носит циклический, итеративный характер. На каждом последующем этапе уточняются результаты предыдущего этапа.

Ускорение рыночной реакции на базе логистических информационных систем позволит высокотехнологичным предприятиям решать задачи:

- обеспечения своевременности поставки материалов, комплектующих и оборудования, существенного снижения производственных затрат и сроков поставок оборудования;
- осуществления материально-технического обеспечения в процессе эксплуатации высокотехнологичного оборудования;
- создания гибких и надежных технологий управления перевозками;
- создания эффективной системы организации производства, построенной на требованиях рынка, с выдачей необходимых требований в систему материально-технического обеспечения предприятия;
- обеспечения оптимальных бизнес-процессов системы поставки изделий на основе контроля за движением материальных потоков;

— снижения издержек в процессах производства и эксплуатации высокотехнологичного оборудования;

- обеспечения гарантийного и сервисного обслуживания высокотехнологичного оборудования и др.

В международных стандартах по ИЛП и АЛП напрямую дается указание, что любой договор на поставку должен содержать принципы и условия развертывания системы ИЛП и последующего анализа логистической поддержки [3–6,11]. Следовательно, вопрос создания системы ИЛП высокотехнологичного оборудования с целью эффективного обеспечения взаимодействия всех основных элементов логистической цепочки (разработка оборудования – поставка материалов и комплектующих – производство оборудования – поставка запасных частей – эксплуатация – техническое обслуживание – ремонт – утилизация) перестал быть вопросом удобства или экономической выгоды, а стал вопросом развития российских предприятий в условиях цифровой экономики. Кроме того, в традиционной системе логистической поддержки отсутствует централизованное планирование, данная система не может оперативно изменять параметры основных элементов системы поддержки в зависимости от изменившихся условий эксплуатации изделия. В системе ИЛП данные недостатки можно устранить путем проведения АЛП.

Заключение

На основании анализа особенностей логистического обеспечения производства в высокотехнологичного оборудования на российских предприятиях и уточнения основных направлений их деятельности в части обеспечения ИЛП изделий на всех стадиях жизненного цикла можно сделать следующие выводы. В традиционной системе логистической поддержки изделия отсутствует централизованное планирование, логистическая информационная система не может оперативно изменять параметры основных элементов системы поддержки в зависимости от изменившихся условий эксплуатации технически сложного изделия. В перспективной системе интегрированной логистической поддержки на основе CALS-технологий указанные недостатки устраняются путем проведения анализа логистической поддержки.

Установлено, что вопрос создания системы интегрированной поддержки логистической сферы российской высокотехнологичной техники с использованием информационных технологий перестал быть вопросом финансовой выгоды, а стал элементом выживания российских компаний в условиях международного рынка.

Литература

- 1 Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.В., Чубарова Е.В. Технологии интегрированной поддержки логистической сферы изделий машиностроения. М.: ИД «Информбюро», 2016. 232 с.
- 2 Судов Е.В., Левин А.И. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России. М., 2015. 341 с.
- 3 Казьмина И.В. Анализ угроз экономической безопасности компании и содержания организационных и технических мероприятий по её обеспечению // Территория науки. 2014. № 4. С. 77–86.
- 4 Бауэрсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. Москва: Олимп-Бизнес, 2017. 635 с.
- 5 Денисова В.А. Методы совершенствования транспортно-распределительной логистической деятельности компании // Евразийский союз ученых. 2019. № 4/9. С. 17–19.
- 6 Валетов И.И., Шмидт И.А. Интегрированная информационная среда поддержки жизненного цикла авиационного двигателя в части анализа логистической поддержки // Фундаментальные исследования. 2016. № 11–3. С. 495–499.
- 7 Prasolov V.I., Kesego M. The concept and organisation of the functioning of an economic security system of an organization // Modern Economy Success. 2017. № 2. P. 58–69.
- 8 Kotabe M., Helsen K. Global Marketing Management. New York: JhonWilet & Sons, 2014. 325 p.
- 9 Казьмина И.В. Экономические аспекты логистической поддержки применительно к технической эксплуатации авиационной техники // Организатор производства. 2019. Т. 27. № 1. С. 72–80.
- 10 Коваленко Б.Б. Цифровая трансформация: пути создания конкурентных преимуществ бизнес организаций // Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 9 (9). С. 49–52.

References

- 1 Courts E.V., Levin A.I., Petrov A.V., Chubarova E.V. Technologies for integrated support of the logistics sphere of engineering products. Moscow, Informbyuro, 2016. 232 p. (in Russian).
- 2 Sudov E.V., Levin A.I. The concept of development of CALS-technologies in the industry of Russia. Moscow, 2015. 341 p. (in Russian).
- 3 Kazmina I.V. Analysis of threats to the economic security of the company and the content of organizational and technical measures to ensure it. Territory of science. 2014. no. 4. pp. 77–86. (in Russian).
- 4 Bowersox D.J., Kloss D.J. Logistics: Integrated Supply Chain. Moscow, Olimp-Biznes, 2017. 635 p. (in Russian).
- 5 Denisova V.A. Methods of improving the transport and distribution logistics activities of the company. Eurasian Union of Scientists. 2019. no. 4/9. pp. 17–19. (in Russian).
- 6 Valetov I.I., Schmidt I.A. The integrated information environment for supporting the life cycle of an aircraft engine in terms of the analysis of logistic support. Fundamental Research. 2016. no. 11–3. pp. 495–499. (in Russian).
- 7 Prasolov V.I., Kesego M. The concept and organization of the functioning of an economic security system of an organization. Modern Economy Success. 2017. no. 2. pp. 58–69.
- 8 Kotabe M., Helsen K. Global Marketing Management. New York, JhonWilet & Sons, 2014. 325 p.
- 9 Kazmina I.V. Economic aspects of logistics support in relation to the technical operation of aircraft. Production organizer. 2019. vol. 27. no. 1. pp. 72–80. (in Russian).
- 10 Kovalenko B.B. Digital Transformation: Ways to Create Competitive Advantages for Business Organizations. Science and Business: Ways of Development. 2017. no. 9 (9). pp. 49–52. (in Russian).

Сведения об авторах

Ирина В. Казьмина к.э.н., доцент, кафедра восстановления авиационной техники, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия, kazminakazmina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2610-8656>

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

 <https://orcid.org/0000-0002-9726-9262>

Information about authors

Irina V. Kazmina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restoration of aviation equipment department, Academy named after professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin, St Old Bolsheviks, 54 "A", Voronezh, 394064, Russia, kazminakazmina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2610-8656>

Anna A. Derkanosova Cand. Sci. (Engin.), service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, aa-derk@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9726-9262>

Вклад авторов

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

Contribution

All authors were equally involved in writing 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 27/01/2020	После редакции 05/02/2020	Принята в печать 14/02/2020
Received 27/01/2020	Accepted in revised 05/02/2020	Accepted 14/02/2020

Действующая система государственной поддержки малого предпринимательства в Тюменской области

Светлана В. Пелькова¹ svepelkova@ya.ru  0000-0001-5367-2861
Татьяна А. Кольцова¹ tak72@mail.ru  0000-0002-7849-5010

¹ Тюменский государственный университет, ул. Володарского, 6, г. Тюмень, 625003, Россия

Аннотация. Исследованы меры государственной поддержки и регулирования субъектов малого бизнеса в Тюменской области. Правовая основа механизма государственной поддержки малого предпринимательства в регионе представлена документами федерального и регионального уровня. В инфраструктуру государственной поддержки малого бизнеса в Тюменской области входят региональные органы власти, а также организации коммерческого и некоммерческого характера, функционирование которых направлено на осуществление содействия реализации программ развития малого бизнеса, оказание помощи малому бизнесу и обеспечение условий для его создания и развития. Основные меры государственной поддержки по отношению к субъектам малого предпринимательства включают региональную инвестиционную поддержку, гарантийный инвестиционный фонд региона, обеспечение кредитов, предоставление субсидий, микрозаймов, правовое сопровождение субъектов малого предпринимательства. Проведенное авторами исследование системы государственной поддержки малого бизнеса Тюменской области позволяет оценить ее как довольно сбалансированную и разнообразную совокупность мер и форм помощи субъектам малого предпринимательства. Но несмотря на это действующая система поддержки малого бизнеса нуждается в дальнейшем совершенствовании. В связи с этим авторами предлагаются конкретные меры улучшения государственной поддержки малого бизнеса, которые могут быть непосредственно внедрены в практику Тюменской области, а именно: система рейтинговой оценки соискателей государственной поддержки с точки зрения социально-экономического эффекта их деятельности, призванная сократить уровень бюрократизма; система получения инсайдерской информации о деятельности субъектов малого бизнеса, призванная повысить эффективность государственной поддержки; изменение системы государственных реестров с целью обмена региональным опытом мер государственной поддержки и предотвращения злоупотреблений.

Ключевые слова: малый бизнес, субъекты предпринимательства, государственная поддержка, инвестиционные займы, микрозаймы, денежные субсидии, инновационное предприятие

The current system of state support for small business in the Tyumen region

Svetlana V. Pelkova¹ svepelkova@ya.ru  0000-0001-5367-2861
Tatyana A. Koltsova¹ tak72@mail.ru  0000-0002-7849-5010

¹ University of Tyumen, Volodarskogo street, 6, Tyumen, 625003, Russia

Abstract. Researchers of measures of state support and regulation of small businesses in the Tyumen region. The legal basis of the mechanism of state support for small businesses in the region is represented by documents of the Federal and regional level. The infrastructure of state support for small business in the Tyumen region includes regional authorities, as well as organizations of a commercial and non-commercial nature, whose operation is aimed at promoting the implementation of small business development programs, providing assistance to small businesses and providing conditions for their creation and development. The main measures of state support in relation to small businesses include regional investment support, the region's guarantee investment fund, providing loans, providing subsidies, microloans, and legal support for small businesses. The authors conducted a study of the system of state support for small businesses in the Tyumen region allows us to evaluate it as a fairly balanced and diverse set of measures and forms of assistance to small businesses. However, despite this, the current system of small business support needs further improvement. In this regard, the authors propose specific measures to improve state support for small businesses, which can be directly implemented in the practice of the Tyumen region, namely: the system of rating candidates for state support from the point of view of socio-economic impact of their activities designed to reduce the level of bureaucracy; the system of obtaining insider information about activity of subjects of small business, designed to increase the efficiency of the state support; the response of the system of state registers in order to exchange regional experience of measures of state support and prevention of abuses.

Keywords: small business, subjects of business, state support, investment loans, microloans, cash subsidies, innovative enterprise

Введение

В последние десятилетия в России происходят масштабные преобразования государственной и общественной систем: демократизация всех сфер общественной жизни, реформирование экономики для перехода от экстенсивного (сырьевого) к интенсивному (инновационному) типу, строительство социального и правового государства. Эти сложные внутренние изменения происходят под существенным давлением

извне: обострение отношений с западными партнерами ввиду событий в Украине, введение экономических санкций, политика остракизма в отношении России, широко пропагандируемая США, Великобританией и другими странами. Указанное не облегчает задач развития, стоящих перед страной. Однако совместными усилиями общества и государства такие жесткие условия должны стать стимулом развития отечественного бизнеса и экономики в целом.

Для цитирования

Пелькова С.В., Кольцова Т.А. Действующая система государственной поддержки малого предпринимательства в Тюменской области // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 340–349. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-340-349

For citation

Pelkova S.V., Koltsova T.A. The current system of state support for small business in the Tyumen region. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 340–349. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-340-349

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

Активизация предпринимательской деятельности в России, особенно субъектов малого бизнеса, должна стать одним из важнейших аспектов развития экономики [1]. Ю.В. Быковская, Л.Н. Иванова, Е.А. Сафонова считают, что число субъектов малого предпринимательства и объемы их предпринимательской деятельности являются наиболее существенными критериями, которые довольно ярко отражают конкурентоспособность отрасли, региона и страны [2]. Л.Ю. Богачкова, Н.Ю. Усачева, А.А. Усачев отмечают, что малый бизнес является основой любого кластера, поэтому очень важно наладить эффективное сотрудничество между субъектами малого предпринимательства и крупными предприятиями кластера [3]. Аналогичного мнения придерживается и ряд зарубежных авторов. Так, Доминго Рибейро-Сориано подчеркивает, что малым предприятиям «...отводится ведущая роль в росте конкурентоспособности отдельных отраслей экономики, а также в повышении инновационного потенциала отдельных территорий» [4]. Е. Зварыч отмечает, что малый бизнес оказывает существенное влияние на уровень экономического развития региона [5]. Питер М. Берс, Альберт Н. Линк считают, что развитие субъектов малого предпринимательства положительно влияет на рост инновационного потенциала территории, а увеличение порогового уровня средств, направляемых на финансирование инноваций в сфере малого предпринимательства, позитивно сказывается на вероятности того, что финансируемый проект не будет досрочно ликвидирован и достигнет технического завершения [6]. Д. Кит Роббинс, Луи Дж. Пантуоско, Даррелл Ф. Паркер, Барбара К. Фуллер по результатам десятилетнего анализа, проведенного в 48 штатах США, доказали существенный вклад субъектов малого предпринимательства в рост валового государственного продукта [7].

Достичь положительных социально-экономических эффектов функционирования субъектов малого предпринимательства невозможно без активной поддержки государства. Именно государство должно создавать предпосылки для увеличения количества субъектов малого бизнеса, роста объемов их производства и повышения эффективности [8].

Усилия государства должны быть направлены на формирование максимально комфортной налоговой, административной, инвестиционной среды для малого предпринимательства и предложение широкого спектра мер поддержки малого бизнеса. Это позволит обеспечить экономический рост, демонополизацию экономики и развитие конкурентной среды, насыщение внутреннего рынка отечественным

продуктом, а также обеспечит занятость населения, формирование среднего класса. Создание благоприятного предпринимательского климата является одним из оптимальных способов добиться экономического роста как региона, так и в целом страны [9].

Указанное актуализирует исследование вопросов повышения эффективности системы мер поддержки малого предпринимательства в конкретных экономических условиях на определенной территории страны.

Цель работы – разработать рекомендации по совершенствованию системы мер поддержки малого предпринимательства в Тюменской области. Достижение указанной цели обеспечивается посредством решения следующих задач:

- исследования организационно-правового механизма регулирования малого предпринимательства;
- характеристики инфраструктуры государственной поддержки малого бизнеса в Тюменской области;
- анализа особенностей реализации мер государственной поддержки по отношению к субъектам малого предпринимательства в Тюменской области.

Материалы и методы

Общенаучными и конкретно-научными методами в исследовании проведен обзор организационно-правового механизма регулирования предпринимательства и инфраструктуры государственной поддержки малого бизнеса в Тюменской области. Это позволило выделить особенности реализации мер государственной поддержки по отношению к субъектам малого предпринимательства в Тюменской области.

Результаты и обсуждение

В каждом отдельном регионе под влиянием сложившейся нормативно-правовой базы государственной поддержки предпринимательства, состава и функций объектов инфраструктуры, на которые возлагается реализация программ развития малого бизнеса, инвестиционной привлекательности территории и стимулирования инновационной деятельности, складывается своя специфика развития малого предпринимательства [10].

Понятие «государственная поддержка малого предпринимательства» довольно объемное. Оно включает в себя формирование как правовых, так и экономических условий, стимулов для развития субъектами малого бизнеса производства, для инвестирования в него различных видов ресурсов (материальных, финансовых, трудовых) на более льготных условиях [11].

Организационно-правовая основа механизма государственной поддержки малого предпринимательства закладывается на уровне федерального законодательства. Федеральное

законодательство, определяющее границы государственной поддержки малого бизнеса на региональном уровне, включает в себя ряд федеральных законов (рисунок 1).



Рисунок 1. Федеральная правовая основа государственной поддержки малого бизнеса в Тюменской области
Figure 1. Federal legal framework for state support of small businesses in the Tyumen region

Помимо федеральных законов правовую основу государственной поддержки малого бизнеса определяет «Стратегия развития малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации на период до 2030 г.», которая ориентирована на достижение следующей цели: обеспечение развития малого бизнеса в связи с его инновационной, структурной, социальной значимостью, а также положительным влиянием на занятость.

Стратегия определяет базовые индикаторы развития малого бизнеса (неотделимо от среднего бизнеса), которые в 2030 г. будут свидетельствовать о достижении цели (в сравнении с 2014 г.):

- рост оборота в 2,5 раза;
- рост производительности труда в 2 раза;
- рост удельного веса обрабатывающего производства до 20%;

- рост удельного веса занятых до 35%.

Реализация государственной политики предполагает системное регулирование в области поддержки малого предпринимательства, разработку и внедрение программ финансовой, технологической, информационной, консультационной, кадровой помощи малым предприятиям. Так, для достижения целей поддержки малого предпринимательства, закрепленных законом № 209-ФЗ, в Тюменской области были приняты постановления Правительства Тюменской области от 01.04.2008 г. № 99-п «О порядке отбора субъектов малого и среднего предпринимательства для предоставления государственной поддержки в форме субсидии», от 22.12.2014 г. № 688-п «Об утверждении государственной программы Тюменской области «Основные направления развития малого и среднего предпринимательства» до 2020 г.»,

от 10.06.2019 г. № 181-п «Об утверждении порядка предоставления субсидий из средств областного бюджета на возмещение затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях лизинговыми компаниями», распоряжение Правительства Тюменской области от 05.05.2008 г. № 488-рп «О совете по развитию малого и среднего предпринимательства», закон Тюменской области от 5 мая 2008 г. № 18 «О развитии малого и среднего предпринимательства в Тюменской области», а также приказ Департамента инвестиционной политики и государственной поддержки предпринимательства Тюменской области от 03.07.2017 № 165 «О внесении изменений в приказ от 27.04.2016 г. № 56 «О создании комиссии по отбору субъектов малого (среднего) предпринимательства для получения государственной поддержки».

Согласно постановлению Правительства Тюменской области от 22.12.2014 г. № 688-п «Об утверждении государственной программы Тюменской области «Основные направления

развития малого и среднего предпринимательства» до 2020 г.» объем финансирования программы государственной поддержки малого бизнеса в Тюменской области составляет на 2018–2019 гг. по 158187 тыс. р. в год.

Организационная составляющая государственной поддержки малого бизнеса в Тюменской области подразумевает наличие инфраструктуры, реализующей эту поддержку. В инфраструктуру государственной поддержки малого бизнеса в регионе включаются:

- региональные органы власти;
- организации коммерческого и некоммерческого характера, функционирование которых направлено на осуществление содействия тем или иным образом реализации программ развития малого бизнеса в Тюменской области; оказание помощи малому бизнесу и обеспечение условий для его создания и развития. К организациям данного назначения применяются четкие требования (рисунок 2).

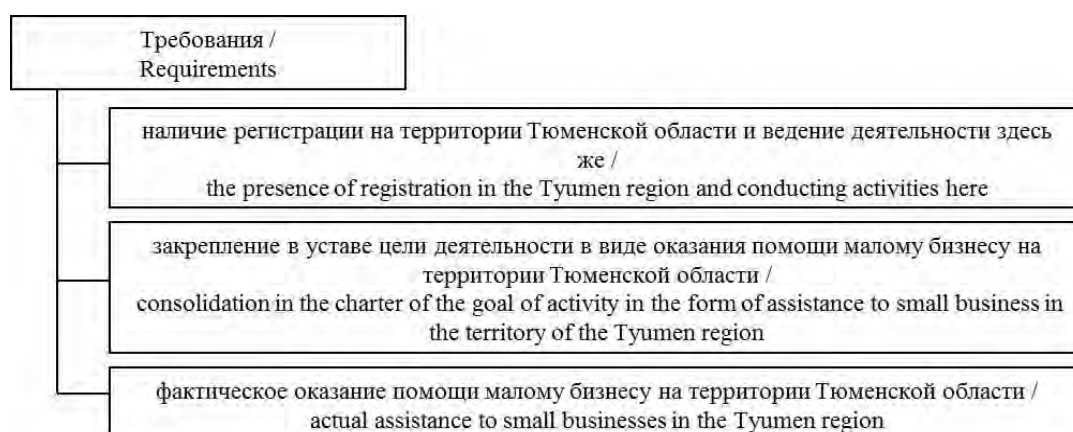


Рисунок 2. Требования к организациям, задействованным в оказании государственной поддержки малому бизнесу в Тюменской области

Figure 2. Requirements for organizations involved in providing state support to small businesses in the Tyumen region

От администрации Тюменской области руководящая функция государственной поддержкой малого бизнеса делегирована Департаменту инвестиционной политики и государственной поддержки предпринимательства Тюменской области. Указанный департамент выступает в качестве заказчика региональных программ развития малого бизнеса, предлагает корректировки входящих в них мероприятий, уточняет объем расходов на реализацию программ и т. д.

Также в организационную инфраструктуру государственной поддержки малого бизнеса Тюменской области входят такие организации, как:

- фонд «Инвестиционное агентство Тюменской области», который ориентирован на поддержку инвестиционных проектов малого бизнеса;

- фонд микрофинансирования Тюменской области, целью функционирования которого является предоставление малому бизнесу доступных финансовых ресурсов. Данный фонд ориентирован в числе прочих и на поддержку проектов на их старте;

- гарантийный фонд, выступающий в качестве поручителя малого бизнеса по кредитам. Стоимость активов фонда составляет 218,6 млн р., предоставление которых осуществляется за небольшое вознаграждение (0,5–1,0% от суммы поручительства);

- центр поддержки предпринимательства, ориентированный на поддержание начинающих предпринимателей;

- областной бизнес-инкубатор, цель которого состоит в осуществлении содействия развитию регионального бизнеса;

- технопарк, продвигающий инновационные проекты малого бизнеса;

- центр координации поддержки экспортно-ориентированных субъектов малого и среднего предпринимательства, основная цель которого – совместная работа с предприятиями Тюменской области по расширению географии поставок и открытию новых каналов сбыта;

- Региональный центр компетенций в сфере производительности труда, инжиниринга и прототипирования, ориентированный на помощь субъектам малого предпринимательства в разработке и совершенствовании производственных и технологических процессов, поиске потенциальных партнеров и продвижении продукта.

В сложившейся системе региональной поддержки малого предпринимательства важная роль отводится инвестиционной политике. Реализация эффективной инвестиционной политики региона предполагает наличие таких необходимых условий, как:

- региональная инвестиционная стратегия;
- региональное нормативно-правовое регулирование, обеспечивающее привлечение инвестиций в малый бизнес региона и предусматривающее государственные мероприятия по поддержке малого бизнеса;
- мероприятия, направленные на формирование и обеспечение доверия со стороны

инвесторов и установление долгосрочных партнерских связей с ними;

- создание гарантийного инвестиционного фонда региона;

- региональная инвестиционная программа на конкурсной основе;

- сложившаяся система аудита инвестиционных проектов, их экспертизы, а также страхования осуществленных инвестиций;

- наличие контроля относительно целевого использования государственных средств и анализ эффективности мероприятий и произведенных затрат;

- создание инфраструктуры, необходимой для осуществления инвестиционной деятельности и др.

С целью повышения инвестиционной привлекательности Тюменской области, формирования благоприятной обстановки для развития и осуществления предпринимательской и инвестиционной деятельности в марте 2013 г. Правительством Тюменской области был создан фонд «Инвестиционное агентство Тюменской области». Его основная цель заключается в полном сопровождении инвестиционного проекта, реализуемого субъектом малого предпринимательства. При этом к инвестиционному проекту предъявляются следующие требования:

- его стоимость не должна превышать 50 млн р.;

- недостающие ресурсы можно получить от привлеченных самостоятельно инвесторов или по программам инвестиционных займов (таблица 1).

Таблица 1.

Условия предоставления инвестиционных займов субъектам малого предпринимательства

Table 1.

Conditions for granting investment loans to small businesses

Программа Program	Получатели Recipients	Цель использования Purpose of use	Сумма займа, млн р. Loan amount, million rubles	Срок займа Loan term	Годовая ставка Annual rate (%)
1	2	3	4	5	6
1. Региональная экономика Regional economy	Субъекты малого бизнеса, занятые реализацией инвестиционного проекта Small business entities engaged in the implementation of an investment project	Осуществление инвестиционного проекта (покупка оборудования, компьютеров, материалов, оплаты строительных услуг, строительство помещений) Implementation of the investment project (purchase of equipment, computers, materials, payment for construction services, construction of premises)	5–50 (включительно) (inclusive)	Согласно сроку окупаемости проекта (максимум – 60 месяцев) According to the payback period of the project (maximum – 60 months)	8,5
2. Развитие промышленности / Industry development	Субъекты малого бизнеса, занятые реализацией инвестиционного проекта Small business entities engaged in the implementation of an investment project	Осуществление инвестиционного проекта (покупка оборудования, компьютеров, материалов, оплаты строительных услуг, строительство помещений) Implementation of the investment project (purchase of equipment, computers, materials, payment for construction services, construction of premises)	5–50 (включительно) (inclusive)	Согласно сроку окупаемости проекта (максимум – 60 месяцев) According to the payback period of the project (maximum – 60 months)	8,5

Продолжение табл. 1 | Continuation of table 1

1	2	3	4	5	6
3. Развитие промышленности Industry development	Субъекты малого бизнеса, занятые реализацией инвестиционного проекта Small business entities engaged in the implementation of an investment project	Осуществление инвестиционного проекта (покупка оборудования, компьютеров, материалов, оплаты строительных услуг, строительство помещений) Implementation of the investment project (purchase of equipment, computers, materials, payment for construction services, construction of premises)	5–50 (включительно) (inclusive)	Согласно сроку окупаемости проекта (максимум – 60 месяцев) According to the payback period of the project (maximum – 60 months)	3,0

Предоставление средств по программам осуществляется при соблюдении дополнительного условия: субъект малого бизнеса должен располагать инвестиционными ресурсами в размере 20% (первые две программы) или 50% (третья программа) от общей потребности в инвестициях.

Дополнительной преференцией является возможность получения отсрочки по возврату кредита – максимум на 12 месяцев.

Еще одной формой поддержки малого бизнеса Тюменской области является микрокредитование, осуществляемое Агентством на условиях, изложенных в таблице 2.

Таблица 2.

Условия предоставления микрозаймов субъектам малого предпринимательства

Table 2.

Conditions for granting microloans to small businesses

Программа Program	Размер займа Loan amount	Срок выдачи (мес.) Date of issue (months)	Годовая ставка Annual rate (%)	Возможность отсрочки (мес.) Delay option (months)
Фирменная торговля Company trade	До 1,5 млн р. Up to 1.5 million rubles	36	6,50	6
Микрофинансирование и развитие торговли Microfinance and Trade Development	До 1 млн р. Up to 1 million rubles		Ключевая ставка ЦБ РФ, действующая на дату подписания договора микрозайма* The key rate of the Central Bank of the Russian Federation, effective at the date of signing the microloan agreement*	3
Микрофинансирование инвестиционных и инновационных проектов и проектов по развитию несырьевого экспорта («Микроинвест») Microfinance of investment and innovative projects and projects for the development of non-commodity exports («Microinvest»)	До 5 млн р. Up to 5 million rubles		3,00	6
Микрофинансирование-старт («Микростарт») Microfinance start («Microstart»)	До 1 млн р. Up to 1 million rubles		6,5*	3
Микрофинансирование и развитие Microfinance and Development	До 3 млн р. Up to 3 million rubles		Ключевая ставка, действующая на дату подписания договора микрозайма* The key rate of the Central Bank of the Russian Federation, effective at the date of signing the microloan agreement*	3

* В случае предоставления беззалогового микрозайма процентная ставка увеличится в 1,4 раза

If an unsecured microloan is provided, the interest rate will increase 1.4 times

Агентство также предоставляет поручительства субъектам малого и среднего бизнеса в отношении их обязательств перед банками – участниками программы «Гарантийный фонд». Содержание программы составляют следующие условия:

- объем поручительства Агентства по конкретному обязательству не может быть выше 50% от величины обязательства (сумма

кредита плюс проценты) (в пределах 10% от стоимости активов фонда – примерно 21,8 млн р.);

- срок кредитования – не более 10 лет, микрокредитования и банковской гарантии – не более 3 лет;

- данная форма поддержки является платной – сумма вознаграждения равна 0,5–1,0% от суммы предоставляемого поручительства;

- в качестве получателей поддержки могут выступать субъекты малого бизнеса любой сферы деятельности, за исключением тех, деятельность которых связана с ведением игорного бизнеса, производством подакцизных товаров, добычей и реализацией полезных ископаемых или участвующих в соглашениях о разделе продукции.

К положительным сторонам указанного инструмента можно отнести относительную простоту схемы получения поручительства:

- отсутствует необходимость предварительного обращения для одобрения заявки в Агентство, поскольку подача заявки производится через банк-партнер;
- довольно быстрое (в течение 3 рабочих дней) решение вопроса о возможности предоставления поручительства;
- банк-партнер самостоятельно представляет необходимые документы в Агентство;
- критерии предоставления поручительства соответствуют критериям выдачи кредита банком-партнером.

Также в качестве мер государственной финансовой поддержки малого предпринимательства предусматриваются денежные субсидии, предоставление которых осуществляет Департамент инвестиционной политики и государственной поддержки предпринимательства Тюменской области с учетом рекомендаций Комиссии по отбору субъектов малого (среднего) предпринимательства для получения государственной поддержки.

Выплата субсидий согласно действующему законодательству Тюменской области осуществляется по следующим направлениям:

- компенсация затрат, связанных с реализацией договора лизинга;
- компенсация части суммы первоначального взноса (до 5 млн р. по отдельному договору, но не более 50% суммарной величины платежа);
- компенсация части суммы лизинговых платежей ($\frac{3}{4}$ ключевой ставки ЦБ РФ на дату платежа, но не более 70% годовой суммы расходов по договору лизинга) [12]. В качестве предмета лизинга при этом могут выступать: оборудование, устройства, механизмы, приборы, аппараты, агрегаты, установки, машины, компьютеры, периферийное оборудование, запоминающие устройства и прочие устройства хранения данных, средства защиты информации, а также информационные и телекоммуникационные системы, защищенные с использованием средств защиты информации, прочие устройства автоматической обработки данных, коммуникационное оборудование, относящееся ко второй и выше амортизационным группам;
- частичное возмещение затрат на уплату процентов по кредитным средствам;
- частичное возмещение затрат на участие в выставках и ярмарках (международных, общероссийских и региональных);
- частное субсидирование затрат на образование;
- субсидирование затрат на технологическое присоединение к объектам электросетевого хозяйства [13].

Условия получения субсидий представлены на рисунке 3.

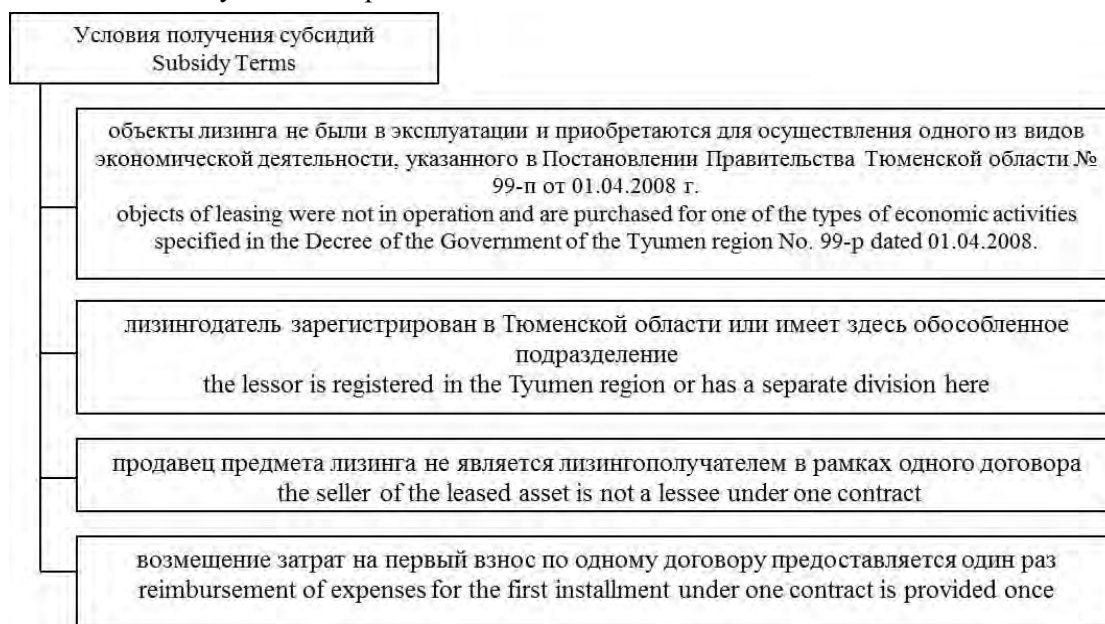


Рисунок 3. Условия получения субсидий по договору лизинга в Тюменской области

Figure 3. Conditions for obtaining subsidies under a lease agreement in Tyumen region

Но необходимо отметить, что в настоящее время такие виды субсидирования, как возмещение затрат по кредитам, выставочно-ярмарочных и образовательных затрат, а также затрат на технологическое присоединение к объектам электросетевого хозяйства, приостановлены до 1 января 2020 г.

Также существует особый порядок субсидирования малых предприятий, занятых инновационной деятельностью. На территории Тюменской области субсидии предоставляются инновационным предприятиям:

- имеющим государственный контракт, заключенный с Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, на выполнение НИОКР в рамках реализации программы «Старт». Программа реализуется в 3 этапа. Альтернативой конкурсу «Старт-3» является программа «Бизнес-Старт»;

- имеющим опыт разработки и продаж собственной наукоемкой продукции и планирующим разработку и освоение новых видов продукции. Программа «Развитие» предусматривает предоставление субсидии, варьирующей в границах 15–20 млн р., на срок от 1 года до 2 лет при условии софинансирования от 30 до 100% (за счет собственных средств или средств инвестора);

- завершившим стадию НИОКР и планирующим создание или расширение производства инновационной продукции. В приоритете находятся динамично развивающиеся субъекты малого предпринимательства, делающие акцент на импортозамещающие проекты с высокой наукоемкостью и перспективой коммерциализации. Программа «Коммерциализация» предусматривает выдачу субсидии в пределах 20 млн р. на срок до 1 года при условии софинансирования не менее 100% суммы гранта (из собственных средств или средств инвестора);

- желающим внедрить свои разработки для развития продуктовых линеек средних и крупных технологических предприятий. Программа «Кооперация» предусматривает выплату грантов до 25 млн р. на срок от 1,5 до 2 лет при условии софинансирования 100% суммы гранта (из собственных средств или средств инвестора).

Таким образом, власти Тюменской области прикладывают максимум усилий для создания благоприятной среды развития малого бизнеса посредством:

- формирования нормативной базы получения государственной поддержки малого бизнеса, четко определяющей условия, критерии и размеры возможной государственной помощи.

Тюменская нормативная база в области государственной поддержки малого предпринимательства характеризуется относительной стабильностью, поскольку многие нормативные документы приняты еще в 2008 г. Относительность стабильности проявляется в том, что содержание этих документов ежегодно подвергается некоторым изменениям, однако в целом такой срок их действия свидетельствует о последовательной политике государственной поддержки малого предпринимательства в регионе;

- создания разветвленной организационной инфраструктуры реализации мер государственной поддержки малого бизнеса (в виде функционирования государственных органов власти, занимающихся решением проблем малого бизнеса на территории региона; учреждения фондов, занятых финансовой и иной поддержкой субъектов малого бизнеса; организации консультационных мероприятий для представителей малого бизнеса, «круглых столов» и иных мероприятий);

- установления высокого уровня информационной доступности форм государственной поддержки малого бизнеса в Тюменской области. В сети Интернет размещена вся информация, необходимая для получения государственной поддержки субъектов малого бизнеса, начиная от нормативных документов, регламентирующих условия получения поддержки, и заканчивая перечнем документации, требуемой для подачи заявки. Кроме того, субъекты малого бизнеса информируются о способах связи с должностными лицами, ответственными за осуществление государственной поддержки малого бизнеса в Тюменской области. Представители малого бизнеса имеют возможность оценить свои перспективы на получение помощи от государства еще до момента обращения за ней.

Заключение

Проведенное исследование системы государственной поддержки малого бизнеса Тюменской области позволяет оценить ее как довольно сбалансированную и разнообразную совокупность мер и форм помощи субъектам малого предпринимательства, реализуемую в рамках государственной программы Тюменской области «Основные направления развития малого и среднего предпринимательства до 2020 г.» и включающую региональную инвестиционную поддержку; мероприятия, направленные на формирование и обеспечение доверия со стороны инвесторов и установление долгосрочных партнерских связей с ними (семинары, форумы); гарантийный инвестиционный фонд региона

(фонд «Инвестиционное агентство Тюменской области»); обеспечение кредитов; предоставление субсидий, микрозаймов, правового сопровождения субъектов малого предпринимательства, контроль целевого использования государственных средств.

Но несмотря на существующее в Тюменской области разнообразие форм и мер государственной поддержки малого предпринимательства действующая система поддержки малого бизнеса нуждается в дальнейшем совершенствовании.

Одной из проблем является высокий уровень бюрократизации процесса получения государственной поддержки (от огромного количества документов, необходимых для подачи заявки, до достаточно продолжительного времени обработки документов и самой заявки). Решение данной проблемы, на наш взгляд, состоит в общем изменении подхода к отбору претендентов на получение государственной помощи. При органах, ответственных за государственную поддержку малого предпринимательства, необходимо создать своего рода следственные группы, деятельность которых будет направлена на неформальное изучение претендентов на государственную поддержку (в форме собеседования о получении работы, прохождения практики студентом и пр., проводимых инкогнито сотрудниками следственной группы). Преимуществом такой работы будет реальная инсайдерская информация, позволяющая дать оптимальную оценку претенденту на государственную помощь. Сама возможность такой проверки будет являться дополнительным барьером для мошенников, действующих в данной сфере.

Также действенной мерой повышения эффективности системы государственной поддержки является создание единых государственных реестров комплекса мер поддержки

субъектов малого предпринимательства и инфраструктуры поддержки которые будут информировать о них субъекты малого предпринимательства и способствовать обмену опытом между регионами и муниципальными образованиями, а также реестра субъектов малого предпринимательства, уже получавших государственную поддержку в той или иной форме, который позволит контролировать получение государственной помощи, выявлять случаи мошенничества или нерационального использования государственной поддержки, а также формировать «черный список» субъектов малого бизнеса, не имеющих права на дальнейшую поддержку.

Кроме того, следует отметить, что частично совершенствование системы государственной поддержки ложится и на субъекты малого предпринимательства, которые не проявляют достаточной активности при решении собственных проблем. Многие субъекты малого бизнеса считают, что прохождение процедуры получения государственной поддержки представляет собой длительный и неосуществимый процесс, отказываясь даже претендовать на государственную помощь, в результате часть предложенных мер может быть не реализована. Субъекты малого бизнеса должны осуществлять постоянный мониторинг государственных, региональных, муниципальных программ и инструментов поддержки с целью выбора для себя тех мер, которые действительно способны повысить эффективность бизнеса конкретного субъекта.

Также одной из мер совершенствования поддержки малого предпринимательства Тюменской области может стать перенимаемый опыт ее организации в других регионах страны.

Литература

- 1 Кремин А.Е. Методика оценки эффективности государственной поддержки малого предпринимательства в регионе // Проблемы развития территории. 2017. № 3 (89). С. 46–61.
- 2 Быковская Ю.В., Иванова Л.Н., Сафохина Е.А. Малое и среднее предпринимательство в современной России: состояние, проблемы и направления развития // Вестник Евразийской науки. 2018. Т. 10. № 5. С. 1–6.
- 3 Bogachkova L.Y., Usacheva N.Y., Usachev A.A. Organization of Small and Medium-Sized Business Functioning in the Cluster Model of Economic Development // Russia and the European Union. 2017. P. 375–382.
- 4 Ribeiro-Soriano D. Small business and entrepreneurship: their role in economic and social development // Entrepreneurship & Regional Development. 2017. V. 29. № 1–2. P. 1–3.
- 5 Zvarych O. Evaluation of small business influence on the economic development of the region // Baltic Journal of Economic Studies. 2017. № 5. P. 151–156.
- 6 Bearse P.M., Link A.N. Economic implications of raising the threshold funding limits on US Small Business Innovation Research awards // Science and Public Policy. 2010. № 37 (10). P. 731–735.
- 7 Robbins D.K., Pantuosco L.J., Parker D.F., Fuller B.K. An Empirical Assessment of the Contribution of Small Business Employment to U.S. State Economic Performance // Small Business Economics. 2000. № 15. P. 293–302.
- 8 Глеба О.В., Шпека С.В. Современные социально-экономические процессы: проблемы, закономерности, перспективы: монография. Пенза: Наука и Просвещение, 2017. 198 с.
- 9 Кольцова Т.А. Индивидуальные предприниматели Тюменской области как субъект налоговых отношений // Агропродовольственная политика России. 2016. № 6 (54). С. 45–48.

- 10 Семенова А.Н. Развитие малого бизнеса России в долгосрочном периоде // Транспортное дело России. 2017. № 1. С. 69–70.
- 11 Левченко К.А., Епанчинцев В.Ю. Государственная поддержка малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2018. № 1 (12). С. 1–6.
- 12 Джек Л.Н. Государственная поддержка малого бизнеса в Тюменской области // Академический вестник. 2014. № 2 (28). С. 161–168.
- 13 Линг В.В. Государственная и муниципальная поддержка малого и среднего бизнеса в Тюменской области (за исключением ХМАО и ЯНАО) // Экономика и предпринимательство. 2015. № 5–2 (58). С. 235–238.

References

- 1 Eremin A.E. Methodology for evaluating the effectiveness of state support for small businesses in the region. Problems of territory development. 2017. no. 3 (89). pp. 46–61. (in Russian).
- 2 Bykovskaya Yu.V., Ivanova L.N., Samokhina E.A. Small and medium-sized entrepreneurship in modern Russia: state, problems and directions of development. Bulletin of Eurasian science. 2018. no. 5. vol. 10. pp. 1–6. (in Russian).
- 3 Bogachkova L.Y., Usacheva N.Y., Usachev A.A. Organization of Small and Medium-Sized Business Functioning in the Cluster Model of Economic Development. Russia and the European Union. 2017. pp. 375–382.
- 4 Ribeiro-Soriano D. Small business and entrepreneurship: their role in economic and social development. Entrepreneurship & Regional Development. 2017. vol. 29. no. 1–2. pp. 1–3.
- 5 Zvorych O. Evaluation of small business influence on the economic development of the region. Baltic Journal of Economic Studies. 2017. no. 5. pp. 151–156.
- 6 Barse P.M., Link A.N. Economic implications of raising the threshold funding limits on US Small Business Innovation Research awards. Science and Public Policy. 2010. no. 37 (10). pp. 731–735.
- 7 Robbins D.K., Pantuosco L.J., Parker D.F., Fuller B.K. An Empirical Assessment of the Contribution of Small Business Employment to U.S. State Economic Performance. Small Business Economics. 2000. no. 15. pp. 293–302.
- 8 Gleba O.V., Shpeka S.V. Modern socio-economic processes: problems, regularities, prospects: monograph. Penza, Nauka i Prosveshcheniye. 2017. 198 p. (in Russian).
- 9 Koltsova T.A. Individual entrepreneurs of the Tyumen region as a subject of tax relations. Agro-Food policy of Russia. 2016. no. 6 (54). pp. 45–48. (in Russian).
- 10 Semyonova A.N. Development of small business in Russia in the long-term period. Transport business of Russia. 2017. no. 1. pp. 69–70. (in Russian).
- 11 Levchenko K.A., Epanchintsev V.Yu. State support of small and medium-sized businesses in the Russian Federation. Electronic scientific and methodological journal of Omsk state university. 2018. no. 1 (12). pp. 1–6. (in Russian).
- 12 Jack L.N. State support of small business in the Tyumen region. Academic Bulletin. 2014. no. 2 (28). pp. 161–168. (in Russian).
- 13 Ling V.V. State and municipal support for small and medium-sized businesses in the Tyumen region (with the exception of KHAMO and YANAO). Economics and entrepreneurship. 2015. no. 5–2 (58). pp. 235–238. (in Russian).

Сведения об авторах

Светлана В. Пелькова к.э.н., доцент, кафедра экономики и финансов, Тюменский государственный университет, ул. Володарского, 6, г. Тюмень, 625003, Россия, svepelkova@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5367-2861>

Татьяна А. Кольцова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности, системного анализа и контроля, Тюменский государственный университет, ул. Володарского, 6, г. Тюмень, 625003, Россия, tak72@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7849-5010>

Information about authors

Svetlana V. Pelkova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economics and finance department, University of Tyumen, Volodarskogo street, 6, Tyumen, 625003, Russia, svepelkova@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5367-2861>

Tatyana A. Koltsova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security, system analysis and control department, University of Tyumen, Volodarskogo street, 6, Tyumen, 625003, Russia, tak72@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7849-5010>

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 27/01/2020	После редакции 05/02/2020	Принята в печать 14/02/2020
Received 27/01/2020	Accepted in revised 05/02/2020	Accepted 14/02/2020

Исследование социально-экономического состояния туристской индустрии в Кабардино-Балкарской Республике

Ирина Ш. Дзахмишева¹ irina_dz@list.ru  0000-0002-7324-5338

¹ Кабардино-Балкарский ГАУ, пр-т Ленина, 1в, г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, 360030, Российская Федерация

Аннотация. Определено наличие уникальных природных комплексов и ландшафтов в Кабардино-Балкарской Республике, создающих предпосылки для развития индустрии гостеприимства и туризма. Проведено исследование современного состояния и выявлены конкурентные преимущества региона для развития туристской индустрии в Кабардино-Балкарской Республике. В ходе исследования установлено, что на территории Республики в настоящее время насчитывается 11 зон потенциальной рекреационной специализации, имеющих разный уровень развития, в том числе санаторно-курортный комплекс «Нальчик», горно-рекреационный комплекс «Приэльбрусье», оздоровительно-лечебные комплексы «Джылы-Су», «Аушигер», «Тамбукан», альпинистский комплекс «Безенги», экскурсионно-туристские комплексы «Чегемские водопады», «Голубые озера», «Долина Нарзанов», археолого-туристские комплексы «Верхняя Балкария» и «Верхний Чегем». В республике имеются 14 минеральных источников разного типа: йодобромные, азотно-термальные, сероводородные, гидрокарбонатно-натриевые с бромовыми соединениями. В туристическом комплексе Кабардино-Балкарской Республики в 2019 г. наблюдалась положительная динамика коечного фонда, численности размещенных лиц, числа туристских фирм и численности отдохнувших лиц, численности посещений музеев и театров. Несмотря на положительную динамику этих показателей, наблюдались негативные моменты, характеризующиеся сокращением численности детей, отдохнувших в оздоровительных лагерях, численности российских туристов, отправленных турфирмами КБР по РФ и в зарубежные туры, дисбаланс между спросом и предложением (спрос превышает предложение). Полученные результаты раскрывают понимание конкретных мероприятий, обеспечивающих экономический рост туристской отрасли и конкурентные преимущества региона. Результаты исследования можно применить при разработке тенденций развития туристской индустрии в Кабардино-Балкарской Республике, в образовательных процессах и в сфере туризма.

Ключевые слова: конкурентные преимущества, развитие, ресурсы, средства размещения, туристская индустрия

Research of the socio-economic condition of the tourist industry in the Kabardino-Balkarian Republic

Irina Sh. Dzakhmishcheva¹ irina_dz@list.ru  0000-0002-7324-5338

¹ Kabardino-Balkar State Agricultural University, Lenina Ave., 1B, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, 360030, Russian Federation

Abstract. The presence of unique natural complexes and landscapes in the Kabardino-Balkarian Republic, creating the prerequisites for the development of the hospitality and tourism industry. A study of the current state and the competitive advantages of the region for the development of the tourism industry in the Kabardino-Balkarian Republic have been identified. The study found that on the territory of the Republic there are currently 11 zones of potential recreational specialization with different levels of development, including the Nalchik health resort complex, the Prielbrusye mountain recreation complex, and the Jyly – health-improving complexes Su”, “Aushiger”, “Tambukan”, climbing complex “Bezengi”, excursion-tourist complexes “Chegem waterfalls”, “Blue Lakes”, “Valley of Narzanov”, archaeological and tourist complexes» Upper Balkaria” and “Upper Chegem”. There are 14 different types of mineral springs in the republic: iodine-bromine, nitrogen-thermal, hydrogen sulfide, sodium bicarbonate, and bromine compounds. In the tourist complex of the Kabardino-Balkarian Republic in 2019, there is a positive trend in the number of beds, the number of persons accommodated, the number of tourist companies and the number of persons rested, and the number of visits to museums and theaters. Despite the positive dynamics of these indicators, there are negative aspects, characterized by a decrease in the number of children who had a rest in health camps for children, the number of Russian tourists sent by CBD travel agencies in the Russian Federation and in foreign tours, an imbalance between supply and demand (demand exceeds supply). The obtained results reveal an understanding of specific activities that ensure the economic growth of the tourism industry and the competitive advantages of the region. The results of the study can be applied in developing trends in the development of the tourism industry in the Kabardino-Balkarian Republic, in educational processes and in the tourism sector.

Keywords: atmosphere, internal environment, image, quality, competitiveness, hypermarket

Введение

Одним из регионов Российской Федерации является Кабардино-Балкарская Республика. Значительная часть территории Республики расположена в горах Северного Кавказа [1]. Наличие уникальных ресурсов оказывает положительное влияние на разные отрасли экономики, включая индустрию гостеприимства и туризма. Развитие туризма предполагает превращение Кабардино-Балкарской Республики в один из

мощных туристских центров. Исследование современного состояния и выявление возможностей для развития туристской индустрии Республике предполагает понимание того, какие мероприятия позволят обеспечить экономический рост туристской отрасли и конкурентные преимущества региона.

Цель работы – анализ современного социально-экономического состояния туристской индустрии в Кабардино-Балкарской Республике.

Для цитирования

Дзахмишева И.Ш. Исследование социально-экономического состояния туристской индустрии в Кабардино-Балкарской Республике // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 350–355. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-350-355

For citation

Dzakhmishcheva I.Sh. Research of the socio-economic condition of the tourist industry in the Kabardino-Balkarian Republic. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 350–355. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-350-355

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

Результаты и обсуждение

По данным официального сайта Министерства курортов и туризма Кабардино-Балкарской Республики [2] на ее территории в настоящее время насчитывается 11 зон потенциальной рекреационной специализации, имеющих разный уровень развития, в том числе санаторно-курортный комплекс «Нальчик», горно-рекреационный комплекс «Приэльбрусье», оздоровительно-лечебные комплексы «Джылы-Су», «Аушигер», «Тамбукан», альпинистский комплекс «Безенги», экскурсионно-туристские комплексы «Чегемские водопады», «Голубые озера», «Долина Нарзанов», археолого-туристские комплексы «Верхняя Балкария» и «Верхний Чегем».

В 2019 г. АО «Курорт Нальчик» приняло на отдых и оздоровление 42 тысячи отдыхающих. При этом необходимо отметить, что Нальчик - одно из немногих мест в мире, где вместе собрано 14 минеральных источников, представляющих 4 вида минеральной воды разного типа: йодобромная, азотно-термальная, сероводородная, гидрокарбонатно-натриевая [2].

По данным [2] горно-рекреационный комплекс «Приэльбрусье» представлен более чем 80 частными гостиницами, базами отдыха и пансионатами, готовыми одновременно принять более 5 тыс. человек. Особенности предгорий создают благоприятные условия для лечения и профилактики многих заболеваний. Можно развивать различные виды туризма: экологический, познавательный, деловой, социальный, что позволит решить проблему сезонности туристского потока.

Согласно [2] оздоровительно-лечебные комплексы «Джылы-Су», «Аушигер», «Тамбукан» располагают источниками воды с азотно-углекислыми, натриево-кальциевыми и бромовыми соединениями, примерно 50 °С, которые выходят из скважины глубиной несколько километров.

Комплекс «Голубые озера», расположенный в Черек-Балкарском ущелье, представляет собой пять озер, три из которых имеют карстовое происхождение. Место перспективно для развития дайвинга, рафтинга, трекингов по среднегорью. Возможно использование батискафа [2].

Комплекс «Долина нарзанов» – это курортная местность, расположенная в долине реки Хасаут, где сосредоточено 20 источников минеральной воды [2].

Археолого-туристские комплексы «Верхняя Балкария» и «Верхний Чегем» представлены боевыми башнями, замками, укреплениями, наземными склепами-усыпальницами, датируемыми в пределах XIII –XVII вв. [2].

Реестр объектов курортно-рекреационного и туристического комплекса Кабардино-Балкарской Республики [2] в 2019 г. насчитывал 22 тыс. мест в санаторно-курортных учреждениях, 9 тыс. –мест в пансионатах и домах отдыха, 22 тыс. мест – в оздоровительных лагерях, 11 тыс. мест – в базах отдыха и кемпинга, 98 тыс. мест –в гостиницах, отелях и гостевых домах, 54 туристические фирмы, 9 тыс. мест – в организациях сферы туризма (рисунок 1). Общая численность коллективных средств размещения в 2019 г. составила 215 тыс. мест, что в 4 раза больше аналогичного показателя в 2015 г. (55 тыс. мест) (таблица 1).

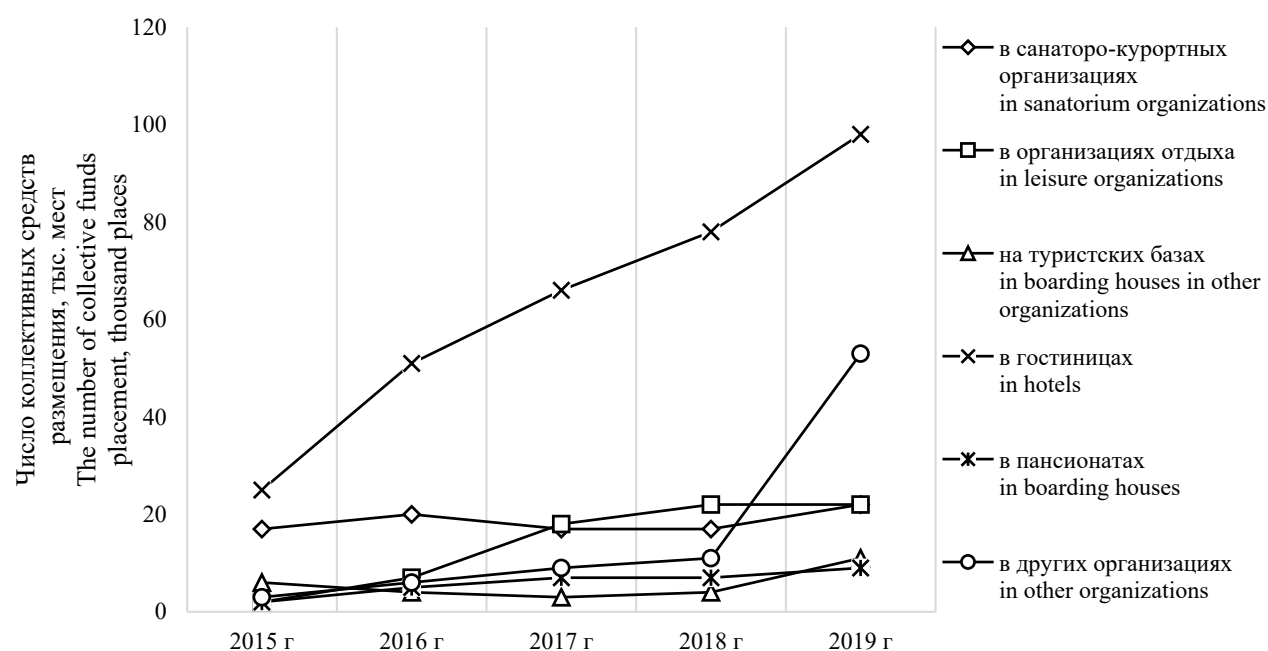


Рисунок 1. Динамика численности коллективных средств размещения в разрезе вида организаций, тыс. мест

Figure 1. The dynamics of the number of collective accommodation facilities by type of organization, thousand places

Таблица 1.

Динамика социально-экономических показателей туристской индустрии
в Кабардино-Балкарской Республике

Table 1.

The dynamics of socio-economic indicators of the tourism industry in the Kabardino-Balkarian Republic

Показатель	Indicator	Годы Years					Динамика, ↑↓ 2019/2015
		2015	2016	2017	2018	2019	
Число туристских фирм, шт.*	Number of travel agencies, pcs. *	28	35	24	38	54	↑1,9 раз
Число турпакетов, реализованных населению, тыс.*	The number of vacation packages sold to the population, thousand *	2,2	1,2	1,1	1,1	1,1	↓2 раза
Число коллективных средств размещения, тыс. мест**, в том числе: – в санаторно-курортных организациях – в организациях отдыха – на туристских базах – в гостиницах – в пансионатах – в других организациях	The number of collective accommodation facilities, thousand places **, including: - in sanatorium organizations - in leisure organizations - at tourist centers - in hotels - in boarding houses - in other organizations	55 17 2 6 25 2 3	102 20 7 4 51 5 6	113 17 18 3 66 7 9	132 17 22 4 78 7 11	215 22 22 11 98 9 53	↑4 раз
Численность размещенных лиц, тыс. человек**, в том числе: – в санаторно-курортных организациях – в организациях отдыха – на туристских базах – в гостиницах – в пансионатах – в других организациях	The number of persons placed, thousand people **, including: - in sanatorium organizations - in leisure organizations - at tourist centers - in hotels - in boarding houses - in other organizations	88,1 44,6 0,7 12 25,9 2 2,9	107,3 50,1 1,1 1,5 47,3 4,8 2,6	122,7 40,9 2,2 0,7 68,1 8,4 2,4	126,7 41,4 3,4 0,9 70,3 8,4 2,3	230 44 22 11 98 9 46	↑2,6 раз
Из них иностранцы, тыс. чел.	Of these, foreigners, thousand people.	14,2	15,7	16,5	19	22	↑1,5 раз
Количество подъемников, шт.	Number of lifts	10	10	11	11	11	↑1,1 раз
Количество горных трасс, шт.	Number of mountain trails	10	18	18	18	18	↑1,8 раз
Количество отдохнувших на горнолыжном курорте, тыс. чел.	The number of vacationers in a ski resort, thousand people	288,9	316,9	342,3	392,3	499,8	↑1,7 раз
Число музеев, шт.	Number of museums	16	16	16	16	16	
Число посещений музеев, тыс. чел.	The number of visits to museums, thousand people	199,2	216,5	268,3	366,7	412,2	↑2 раза
Число посещений музеев на 1000 чел. населения, чел.*	The number of visits to museums per 1000 people. population, people *	244	251	310	350	370	↑ 1,5 раз
Число профессиональных театров, шт.	Number of professional theaters	5	5	5	5	5	
Численность зрителей, тыс. чел.	The number of viewers, thousand people	98	103	113,3	126,8	131,2	↑1,3 раза
Численность зрителей театров на 1000 чел. населения, чел.*	The number of spectators of theaters per 1000 people. population, people *	109	119	113	114	119	↑ 1,1 раз
Число детских оздоровительных лагерей*	Number of children's health camps *	55	48	40	40	55	
Численность детей, отдохнувших в оздоровительных лагерях за лето, тыс. человек*	The number of children who rested in health camps over the summer, thousand people *	12,2	17,9	11,1	11,2	11,1	↓1,1 раз
Количество минеральных источников	The number of mineral springs	12	13	14	14	16	↑ 1,3 раз
Число российских туристов, отправленных турфирмами КБР по РФ, тыс. чел.	The number of Russian tourists sent by CBD travel agencies in the Russian Federation, thousand people	2,2	2,0	1,6	1,5	1,4	↓ 1,6 раз
Число российских туристов, отправленных турфирмами КБР в зарубежные туры, тыс. чел.	The number of Russian tourists sent by CBD travel agencies to foreign tours, thousand people	3,8	2,1	1,5	1,4	1,3	↓2,9 раз
Объем платных услуг населению в сфере туризма, млрд р.	Volume of paid services to the population in the tourism sector, billion rubles	2,1	2,7	2,9	3,5	4,2	↑2 раза
Источники: * Статистический сборник. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019. **Статистический сборник. Кабардино-Балкария в цифрах. 2019. *** https://pravitelstvo.kbr.ru/oigv/minturizm/							

В туристическом комплексе Республики в 2019 г. наблюдалась положительная динамика коечного фонда, что связано с реконструкцией действующих объектов курортно-рекреационного комплекса, а также строительством частных гостиниц малой вместимости. Так, по данным Министерства курортов и туризма Кабардино-Балкарской Республики в 2019 г. в эксплуатацию введен 41 объект туристской инфраструктуры, в том числе 170 коллективных средств размещения на 16,18 тыс. койко-мест. Республика готова единовременно разместить более 15 тыс. туристов и отдыхающих. Еще порядка 70 объектов недостроено.

Повышение общей численности коллективных средств размещения повлекло увеличение в 2,6 раз численности размещенных лиц с 88,1 в 2015 г. до 230 тыс. чел. в 2019 г. Анализ численности размещенных лиц в разрезе по видам организаций сферы отдыха показал положительную динамику данного показателя в организациях отдыха (22 тыс. чел. в 2019 г. против 0,7 тыс. чел. в 2015 г.), гостиницах (98 в 2019 г.

против 25,9 тыс. чел. в 2015 г.), пансионатах (9 в 2019 г. против 2 тыс. чел. в 2015 г.) и других организациях (46 в 2019 г. против 2,9 тыс. чел. в 2015 г.) (рисунок 2). Также к положительной тенденции можно отнести увеличение численности гостиниц и размещенных в них лиц почти в 3 раза к 2015 г. При этом, несмотря на то что заявленная численность койко-мест в санаторно-курортных организациях составила 22 тыс. мест, численность размещенных лиц составила 44 тыс. человек за счет размещения туристов в других организациях. Несмотря на положительную динамику этих показателей, наблюдается дисбаланс между спросом и предложением (спрос превышает предложение). Данное обстоятельство позволяет утверждать, что появилась объективная необходимость в строительстве новых и реконструкции существующих объектов туристской инфраструктуры. Не менее интересным представляется и то, что в 2019 г. из 230 тыс. размещенных лиц около 22 тыс. человек приходилось на иностранцев, а это в 1,5 раза больше аналогичного показателя в 2015 г. (таблица 1).

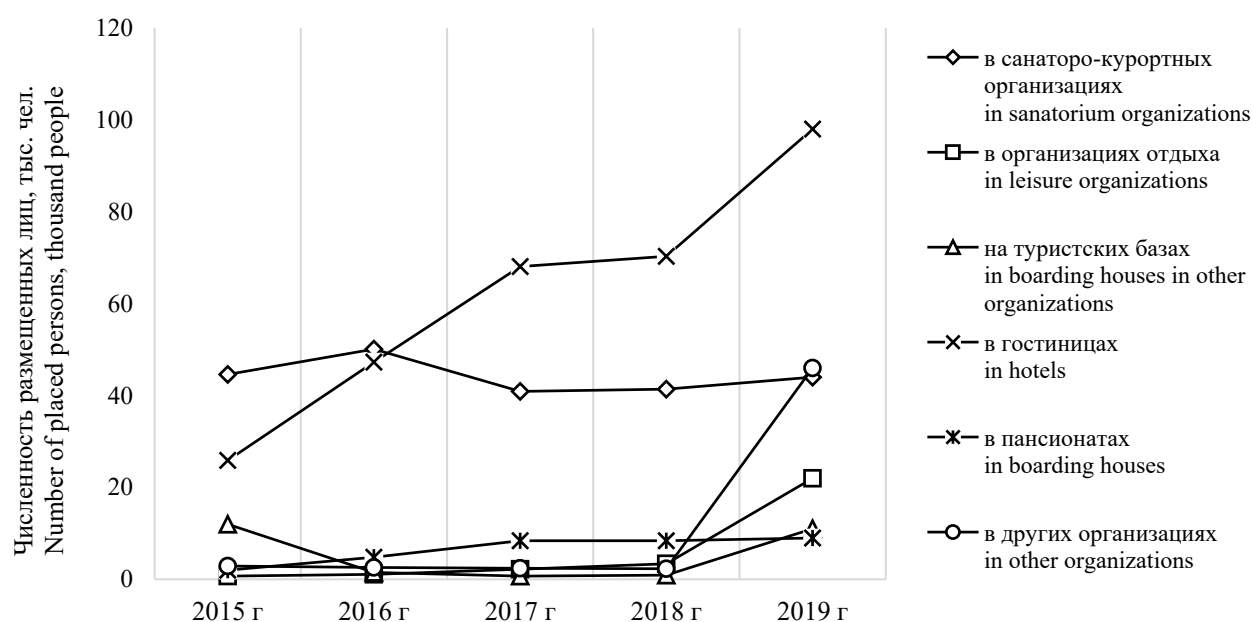


Рисунок 2. Динамика численности размещенных лиц, тыс. чел.

Figure 2. The dynamics of the number of persons placed, thousand people

В Кабардино-Балкарской Республике в 2019 г. действовало 54 туристских фирмы [2]. Число туристских фирм увеличилось почти в 2 раза в сравнении с 28 фирмами в 2015 г. (таблица 1). При этом число турпакетов, реализованных населению, сократилось в 2 раза к 2015 году.

Положительные сдвиги наблюдаются в горнолыжном комплексе. Так, численность лиц, отдохнувших на горнолыжном курорте, составила в 2019 г. 499,9 тыс. чел., что в 1,7 раз

больше аналогичного показателя (288,9 тыс. чел.) к сравниваемому 2015 г. (рисунок 3).

Примечательно, что в 2019 г. наблюдалось увеличение численности посещений музеев и театров в 2,0 и 1,3 раза соответственно (рисунок 4), несмотря на то что их количество не изменилось в сравнении с 2015 г. ввиду отсутствия значимых инвестиций в отрасль. Также в 2019 г. не изменилось количество подъемников, горных трасс, музеев, профессиональных театров, минеральных источников к 2015 г. (таблица 1).

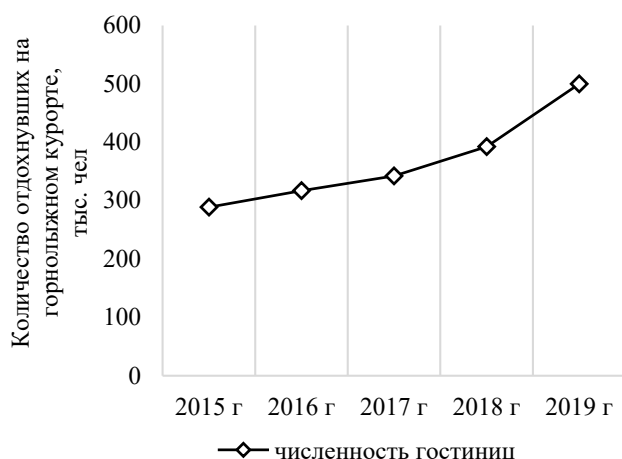


Рисунок 3. Динамика численности лиц, отдохнувших на горнолыжном курорте, тыс. чел.

Figure 3. The dynamics of the number of people who rested in a ski resort, thousand people

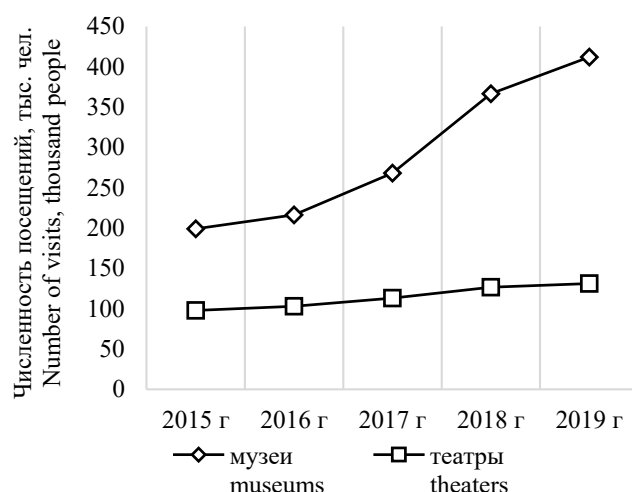


Рисунок 4. Динамика численности посещений музеев и театров

Figure 4. Dynamics of visits to museums and theaters

Анализ статистических данных позволил выявить негативные моменты, характеризующиеся сокращением численности детей, отдохнувших в оздоровительных лагерях в 1,2 раза к 2015 г., несмотря на неизменность количества детских оздоровительных лагерей к 2015 г. И численности российских туристов, отправленных турфирмами КБР по РФ и в зарубежные туры в 1,6 и 2,9 раз соответственно к 2015 г. Данное обстоятельство, видимо, связано с мировым экономическим кризисом, снижением доходов на душу населения и уровней жизни.

В 2019 г. в загородных оздоровительных лагерях, оздоровительных лагерях спортивного профиля, санаторно-курортных учреждениях, туристических базах, осуществляющих деятельность в Кабардино-Балкарской Республике, получили лечение, оздоровление и отдых 55 тыс. детей, из них 40 тыс. – дети из Кабардино-Балкарской Республики, 15 тыс. – дети из других субъектов Российской Федерации [2]. При этом очень высока доля однодневных туристов и экскурсантов, детей и других льготных категорий граждан, что обуславливает низкую рентабельность отрасли. Сегодня туризм приносит в бюджет республики менее 2% ВВП [9].

Решение задачи по увеличению доли туризма в валовом региональном продукте Республики видится в реализации комплекса мер, направленных на рекламно-информационное обеспечение туристского продукта на внутреннем и внешнем рынках, а также участие региональных турфирм в крупных туристических выставках и форумах, сотрудничество с печатными, телевизионными и электронными СМИ [10].

Практическая значимость данного исследования связана с возможностью применения результатов при разработке тенденций развития туристской индустрии в Кабардино-Балкарской Республике.

Литература

- 1 Дзахмишева И.Ш. Туристские культурно-исторические ресурсы в Кабардино-Балкарской республике: монография. Нальчик.: Принт Центр, 2018. 160 с.
- 2 Портал Правительства Кабардино-Балкарии. URL: <https://pravitelstvo.kbr.ru/oigv/minturizm/>
- 3 Sedarati P., Santos S., Pintassilgo P. System dynamics in tourism planning and development // *Tourism Planning & Development*. 2019. V. 16. № 3. P. 256–280.
- 4 Dinçer H., Yüksel S. Selecting investment strategies for European Tourism Industry using the hybrid decision making approach based on interval type-2 fuzzy sets // *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 2019. P. 1–14.
- 5 Liu J., Pan H., Zheng S. Tourism Development, Environment and Policies: Differences between Domestic and International Tourists // *Sustainability*. 2019. V. 11. № 5. P. 1390.
- 6 Sisneros-Kidd A.M., Monz C., Hausner V., Schmidt J. et al. Nature-based tourism, resource dependence, and resilience of Arctic communities: Framing complex issues in a changing environment // *Journal of Sustainable Tourism*. 2019. V. 27. № 8. P. 1259–1276.
- 7 Nazmfar H., Eshghei A., Alavi S., Pourmoradian S. Analysis of travel and tourism competitiveness index in middle-east countries // *Asia Pacific Journal of Tourism Research*. 2019. V. 24. № 6. P. 501–513.
- 8 Saner R., Yiu L., Filadoro M. Tourism development in least developed countries: challenges and opportunities // *Sustainable Tourism: Breakthroughs in Research and Practice*. IGI Global, 2019. P. 94–120.
- 9 Дзахмишева И.Ш., Тамахина А.Я. Обеспечение конкурентоспособности предприятий туристско-рекреационной сферы: монография. Нальчик.: Принт Центр, 2020. 160 с.
- 10 Залиханова Ж.М. Формирование положительного имиджа туристического кластера Кабардино-Балкарской Республики // *Научный альманах*. 2019. № 9-1 (59). С. 18–20.

References

- 1 Dzakhmisheva I.Sh. Tourist cultural and historical resources in the Kabardino-Balkarian Republic: monograph. Nalchik, Print Center, 2018. 160 p. (in Russian).
- 2 Portal of the Government of Kabardino-Balkaria. Available at: <https://pravitelstvo.kbr.ru/oigv/minturizm/> (in Russian).
- 3 Sedarati P., Santos S., Pintassilgo P. System dynamics in tourism planning and development. *Tourism Planning & Development*. 2019. vol. 16. no. 3. pp. 256–280.
- 4 Dinçer H., Yüksel S. Selecting investment strategies for European Tourism Industry using the hybrid decision making approach based on interval type-2 fuzzy sets. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 2019. pp. 1–14.
- 5 Liu J., Pan H., Zheng S. Tourism Development, Environment and Policies: Differences between Domestic and International Tourists. *Sustainability*. 2019. vol. 11. no. 5. pp. 1390.
- 6 Sisneros-Kidd A.M., Monz C., Hausner V., Schmidt J. et al. Nature-based tourism, resource dependence, and resilience of Arctic communities: Framing complex issues in a changing environment. *Journal of Sustainable Tourism*. 2019. vol. 27. no. 8. pp. 1259–1276.
- 7 Nazmfar H., Eshghei A., Alavi S., Pourmoradian S. Analysis of travel and tourism competitiveness index in middle-east countries. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*. 2019. vol. 24. no. 6. pp. 501–513.
- 8 Saner R., Yiu L., Filadoro M. Tourism development in least developed countries: challenges and opportunities. *Sustainable Tourism: Breakthroughs in Research and Practice*. IGI Global, 2019. pp. 94–120.
- 9 Dzakhmisheva I.Sh., Tamakhina A.Ya. Ensuring the competitiveness of tourism and recreational enterprises: monograph. Nalchik, Print Center, 2020. 160 p. (in Russian).
- 10 Zalikhanova Zh. M. The formation of a positive image of the tourism cluster of the Kabardino-Balkarian Republic. *Scientific almanac*. 2019. no. 9–1 (59). pp. 18–20. (in Russian).

Сведения об авторах

Ирина Ш. Дзахмишева д.э.н., профессор, кафедра товаро-ведения, туризма и права, Кабардино-Балкарский ГАУ, пр-т Ленина, 1в, г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, 360030, Российская Федерация, irina_dz@list.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7324-5338>

Information about authors

Irina Sh. Dzakhmisheva Dr. Sci. (Econ.), professor, commodity science, tourism and law department, Kabardino-Balkar State Agricultural University, Lenin Ave., 1B, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, 360030, Russian Federation, 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

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 13/01/2020	После редакции 24/01/2020	Принята в печать 03/02/2020
Received 13/01/2020	Accepted in revised 24/01/2020	Accepted 03/02/2020

Экономическая модель прогнозирования финансового состояния предприятия

Наталья Н. Кудрявцева¹ konnat@mail.ru
Юлия В. Пахомова² yulia198007@mail.ru  0000-0001-6595-3118
Юлия Н. Дуванова³ dyvanova@mail.ru

¹ Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, Россия

² Воронежский государственный технический университет, ул. Московский проспект, 14, г. Воронеж, Россия

³ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, 394036, г. Воронеж, Россия

Аннотация. Показан расчет модели планирования, которая позволяет определить период исследования с целью получения однородных исходных данных. Эта экономико-математическая модель является моделью экономического объекта, а также процесса, при описании которого используется система математических средств, обеспечивающая максимизацию создания стоимости с учетом дополнительных ограничений, учитывающих значимость различных видов инноваций, что в результате позволяет сформировать инновационный портфель, наиболее точно отвечающий стратегии предприятия, ценовому диапазону и необходимым ресурсам инновационного плана. Инновационный портфель выражается в категориях цены капитала, обеспечивающего «нормативную» доходность, и цены инвестиций по различным направлениям. При этом ограничения двойственной задачи показывают природу надбавки за риск формирования оптимального портфеля. Вид ограничений позволяет сформулировать условие, что фактическая доходность инвестиций по направлениям с учетом риска должна быть больше «нормативной» доходности для долгосрочных проектов. Оценку каждого финансового показателя осуществляют путем сравнения, группировки, цепных подстановок, позволяющих определить совокупность показателей финансовой отчетности и провести сравнение с плановым показателем. С помощью данной экономико-математической модели прогнозируют показатели, характеризующие планирование, управление и совершенствование различных сторон экономической деятельности страны. При этом необходимо учитывать каждый малый период исследования, при котором необходимо выявить общие закономерности. Проведен анализ финансового состояния предприятия, в результате которого определены возможные варианты размещения активов предприятия; определены и проанализированы источники финансирования в динамике за ряд лет; произведена оценка фондов обращения предприятия; определен размер кредиторской и дебиторской задолженности; определено отношение отдельных элементов оборотных средств ко всей их совокупности и платежеспособный спрос.

Ключевые слова: экономико-математическая модель, прогноз, предприятие, стратегия

Economic model of forecasting financial condition of the enterprise

Natalya N. Kudryavtseva¹ konnat@mail.ru
Yuliya V. Pakhomova² yulia198007@mail.ru  0000-0001-6595-3118
Yuliya N. Duvanova³ dyvanova@mail.ru

¹ Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovskiy and Y. A. Gagarin, Starich Bolshevikov str., 54a, Voronezh

² Voronezh State Technical University, Moskovsky av., 14, Voronezh, Russia

³ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The calculation indicator of the planning model, which allows you to determine the study period in order to obtain uniform input data. This economic and mathematical model is an object that also uses a system of mathematical tools that maximizes the creation of value, taking into account additional restrictions that take into account various types of innovations, which as a result make it possible to create an innovative portfolio that most closely matches the strategy of the enterprise. , price range and the necessary resource of the innovation plan. An innovative portfolio is expressed in categories of capital prices that provide “normative” returns and investment prices in various directions. The double task shows the risk of forming an optimal portfolio. The type of restrictions allows us to formulate the condition that the income should be greater than the “normative” profitability for long-term projects. Estimates for each financial indicator allow you to compare the totality of indicators, as well as conduct comparisons with planned indications. Using this economic and mathematical model, indicators are predicted that characterize the planning, management and improvement of various aspects of the economic activity of countries. In this case, it is necessary to identify general patterns. The analysis of the financial condition of the company; identified and analyzed sources of financing in a number of years; an assessment of the enterprise circulation fund has been made; the amount of payables and receivables is determined; specific ratio of individual elements.

Keywords: economic and mathematical model, forecast, enterprise, strategy

Для цитирования

Кудрявцева Н.Н., Пахомова Ю.В., Дуванова Ю.Н. Экономическая модель прогнозирования финансового состояния предприятия // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 82. № 1. С. 356–359. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-356-359

For citation

Kudryavtseva N.N., Pakhomova Yu.V., Duvanova Yu.N. Economic model of forecasting financial condition of the enterprise. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 82. no. 1. pp. 356–359. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-356-359

Введение

Экономико-математические модели позволяют отразить совокупность существенных свойств реальных объектов или процессов с помощью системных взаимосвязей переменных уравнения. Они создаются с целью проведения анализа финансового состояния предприятия, позволяющего логически обосновать экономические закономерности, обработать и привести в единую схему на основе системы эмпирических данных. Единая классификация экономико-математического моделирования включает совокупность наиболее важных групп с учетом признаков классификации. Оптимизационная модель позволяет найти из всех параметров наиболее приемлемые показатели, характеризующие

производственную деятельность, включающую параметры распределения или потребления.

Формирование системы управленческих воздействий для повышения эффективности развития предприятия

Наиболее актуальное направление системы управленческих воздействий для повышения эффективности развития предприятия – это сочетание интегрированного подхода и стратегии управления эффективностью деятельности предприятия, а также минимизация издержек [1, 2].

Бухгалтерский баланс и приложения к нему, статистическая и оперативная отчетность позволяют провести анализ финансовых показателей на основе информационных источников [3] (рисунок 1).

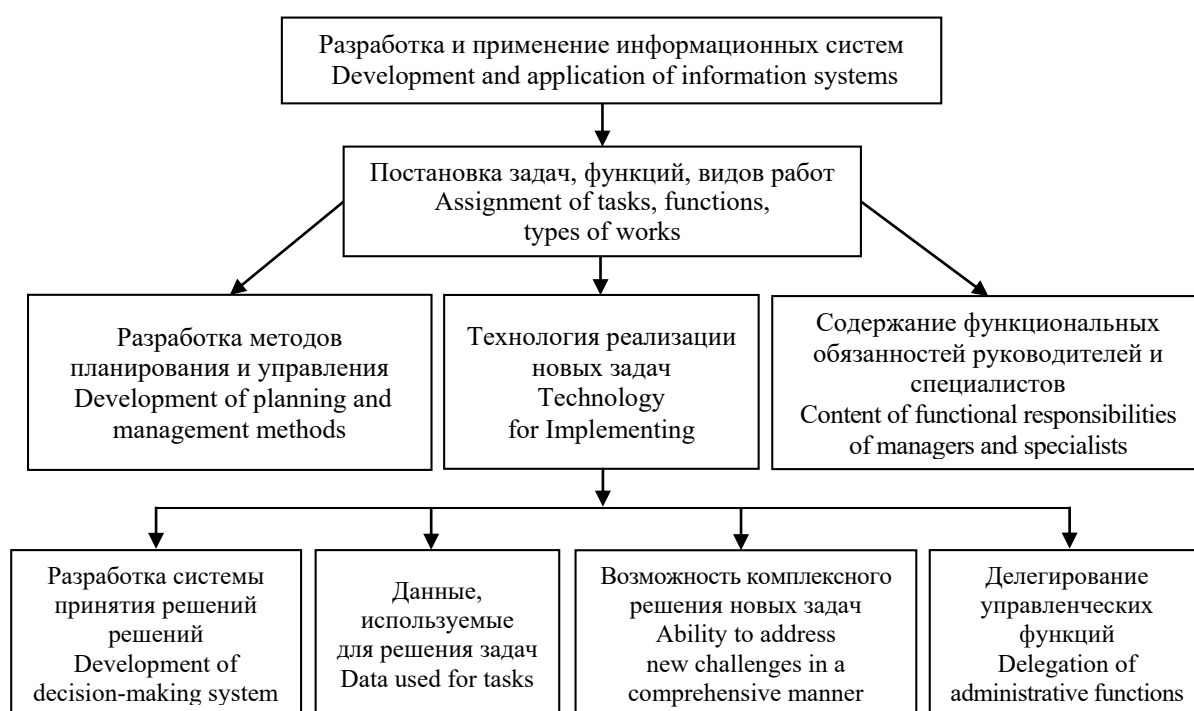


Рисунок 1. Моделирование организации и планирования выпуска новых изделий

Figure 1. Organizational model for release planning new products according to customer demand the main consumers

Оценку каждого финансового показателя осуществляют путем сравнения, группировки, цепных подстановок, позволяющих определить совокупность показателей финансовой отчетности и провести сравнение с плановым показателем (рисунок 2). Сводка и группировка позволяют объединить параметры информационных материалов в аналитические таблицы [4, 5].

Составление бизнес-плана организации производства продукции в совокупности с основными группами коэффициентов производят

на основе метода Дельфи. Оптимизация показателей осуществляется на основе методов линейного программирования, в частности, симплекс-метода [6].

Незначительное увеличение прибыли и платежеспособный спрос позволяют выбрать стратегию развития с учетом срока разработки новых изделий и таких рациональных методов организационных действий, которые способствуют соответствию производственного процесса и ожидаемого уровня прибыли от реализации [7].

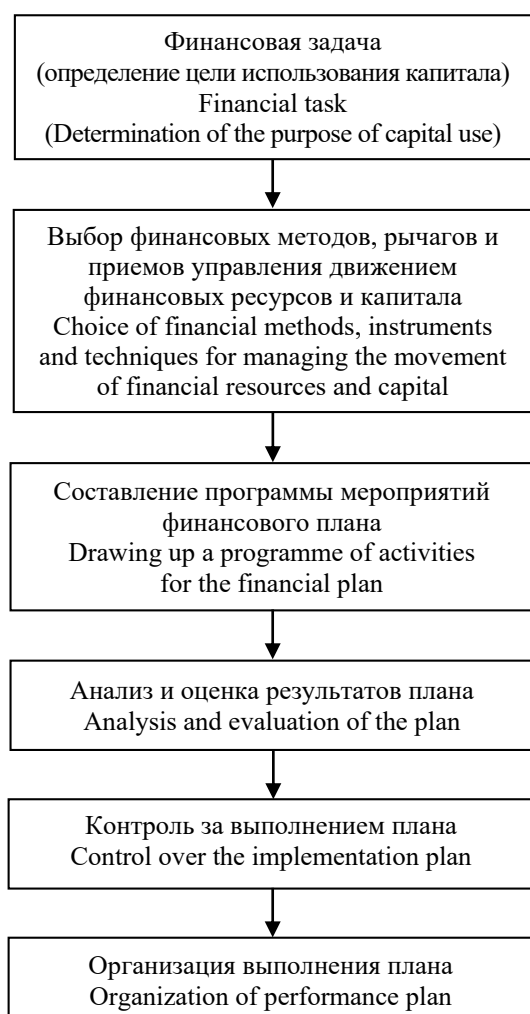


Рисунок 2. Схема финансового менеджмента

Figure 2. Financial scheme management's

Анализ финансового состояния предприятий

Финансовая устойчивость хозяйствующего субъекта включает в себя определение величины собственного капитала, покрывающего

сумму вложенных в актив основных фондов, нематериальных средств, оборотных средств, не допускающих неоправданное повышение дебиторской и кредиторской задолженности и позволяющих расплатиться в соответствии с обязательствами [8].

Следовательно, основная цель анализа финансового состояния предприятий заключается в изучении и оценке обеспеченности субъекта хозяйствования экономическими ресурсами, в выявлении и мобилизации их резерва, оптимизации и повышении эффективности деятельности [9].

Например, с помощью экономикоматематических моделей зависимости величины прибыли Z , р., от объема выручки выражаются в виде линейного управления

$$Z = y_0 + y_1 R,$$

где R – величина выручки, р.; y_0 ; y_1 – переменные в уравнении; y_1 – величина коэффициента регрессии, показывающего увеличение прибыли при росте выручки от реализации на 1 р; y_0 – прибыль, которая определяется как совокупное действие факторов, кроме показателя выручки от реализации, р.

Заключение

Показателем наблюдений является сопоставление данных репрезентативности и нормативного значения, т. е. соответствия совокупности требований и характеристик, полученных с помощью частичных обследований объектов. Репрезентативность полученных моделей можно проверить, определив расчетные величины, влияющие на показатель среднего квадратического отклонения, получаемый с учетом значений и отклонений фактических параметров и коэффициента вариации от уровня нормативных.

Литература

- 1 Кудрявцева Н.Н., Артеменко В.Б., Лапыгина С.А. Информационное обеспечение инновационного развития предприятия на основе использования инструментов контроллинга бизнес-процессов // Экономика и предпринимательство. 2013. № 12–4 (41). С. 704–712.
- 2 Кудрявцева Н.Н. Реализация сбалансированной системы показателей на предприятии // Инновационный Вестник Регион. 2012. № 2. С. 27–34.
- 3 Пахомова Ю.В., Кудрявцева Н.Н. Стратегии менеджмента в управлении предприятием рынка услуг // Кризис экономической системы как фактор нестабильности современного общества: материалы IV междун. науч.-практ. конф. Саратов, 2014. С. 73–74.
- 4 Дубиновский М.З., Балдов Д.В. Административно-территориальное управление продовольственной безопасностью // Вестник НГИЭИ. 2017. № 8 (75). С. 48–55.
- 5 Kihn M. House of lies: how management consultants steal your watch and then tell you the time. 2012.
- 6 Senor D. Start-up Nation. 2016. 198 p.
- 7 Turner R., Ledwith A. Project management in small to Medium Sized enterprises: Fitting the practices to the needs of the firm to deliver benefit // Journal of Small Business Management. 2018. V. 56. № 3. P. 475–493.
- 8 Dey P.K., Petridis N.E., Petridis K., Malesios C. et al. Environmental management and corporate social responsibility practices of small and medium-sized enterprises // Journal of cleaner production. 2018. V. 195. P. 687–702.
- 9 Collings D.G., Mellahi K., Cascio W.F. Global talent management and performance in multinational enterprises: A multilevel perspective // Journal of Management. 2019. V. 45. № 2. P. 540–566.
- 10 Hilorme T., Chorna M., Karpenko L., Milyavskiy M. et al. Innovative model of enterprises personnel incentives evaluation // Academy of Strategic Management Journal. 2018. V. 17. № 3. P. 1–6.

References

- 1 Kudryavtseva N.N., Artemenko V.B., Lapygina S.A. Information support of innovative enterprise development through the use of tools of controlling business processes. *Economics and Entrepreneurship*. 2013. no. 12–4 (41). pp. 704–712. (in Russian).
- 2 Kudryavtseva N.N. The implementation of a balanced scorecard for the enterprise. *Herald Innovative Region*. 2012. no. 2. pp. 27–34. (in Russian).
- 3 Pakhomova Yu.V., Kudryavtseva N.N. Management strategies in the management of a service market enterprise. The crisis of the economic system as a factor in the instability of modern society: materials of the IV intern. scientific-practical conf. Saratov, 2014. pp. 73–74. (in Russian).
- 4 Dubinovskij M.Z., Baldov D.V. Administrative and territorial management of food security. *Bulletin NGIEI*. 2017. no. 8 (75). pp. 48–55. (in Russian).
- 5 Kihn M. House of lies: how management consultants steal your watch and then tell you the time. 2012.
- 6 Senor D. Start-up Nation. 2016. 198 p.
- 7 Turner R., Ledwith A. Project management in small to Medium Sized enterprises: Fitting the practices to the needs of the firm to deliver benefit. *Journal of Small Business Management*. 2018. vol. 56. no. 3. pp. 475–493.
- 8 Dey P.K., Petridis N.E., Petridis K., Malesios C. et al. Environmental management and corporate social responsibility practices of small and medium-sized enterprises. *Journal of cleaner production*. 2018. vol. 195. pp. 687–702.
- 9 Collings D.G., Mellahi K., Cascio W.F. Global talent management and performance in multinational enterprises: A multilevel perspective. *Journal of Management*. 2019. vol. 45. no. 2. pp. 540–566.
- 10 Hilorme T., Chorna M., Karpenko L., Milyavskiy M. et al. Innovative model of enterprises personnel incentives evaluation. *Academy of Strategic Management Journal*. 2018. vol. 17. no. 3. pp. 1–6.

Сведения об авторах

Наталья Н. Кудрявцева к.э.н., доцент, кафедра управления материально-техническим обеспечением ВВС, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, Россия, konnat@mail.ru

Юлия В. Пахомова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности, Воронежский государственный технический университет, Московский пр-т, 14, г. Воронеж, Россия, yulia198007@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6595-3118>

Юлия Н. Дуванова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия, dyvanova@mail.ru

Information about authors

Natalya N. Kudryavtseva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, logistics management department, Air Force Academy named after Professor N. Zhukovskiy and Yu. Gagarin, Old Bolsheviks str., 54a, Voronezh, Russia, konnat@mail.ru

Yuliya V. Pakhomova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security department, Voronezh State Technical University, Moskovsky av., 14, Voronezh, Russia, yulia198007@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6595-3118>

Yuliya N. Duvanova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and the financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, dyvanova@mail.ru

Вклад авторов

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

Contribution

All authors were equally involved in writing 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 13/01/2020	После редакции 21/01/2020	Принята в печать 30/01/2020
Received 13/01/2020	Accepted in revised 21/01/2020	Accepted 30/01/2020

Электронный маркетинг как инструмент продвижения малых городов

Анна А. Букова¹ annabukova@ya.ru  0000-0001-7834-2113

Любовь А. Зазыкина² l.zazykina@ya.ru  0000-0003-2215-9031

¹ Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1-я Институтская, г. Мытищи, 141005, Россия

² ФНЦ «ВНИТИП» РАН, ул. Птицеградская, 10, г. Сергиев Посад, 141311, Россия

Аннотация. Малые города постепенно интегрируются в российскую социально-экономическую систему и вынуждены все больше участвовать в конкурентной борьбе за предложение качественных условий жизни для горожан, привлечение инвестиций и необходимой рабочей силы. Определяли приоритет маркетинговой концепции в выборе подходов для развития малых городов. При достижении целей, которые преследует маркетинг малого города, важная роль принадлежит предпринимательству как катализатору хозяйственной деятельности данного субъекта. При этом необходимо учитывать, что развивающийся малый бизнес не компенсирует того, что утрачено в результате рыночных преобразований прошлых десятилетий в городах, потерявших функции предприятий градообразующей базы или транспортно-логистических центров, если не применит все возможности современных методов и инструментов маркетинга. Традиционные подходы к ведению бизнеса в этих условиях не могут кардинально решить проблемы возрождения экономики малого города и требуют изменений. Развитие таких форм бизнеса, как электронный маркетинг, может быть возможностью выхода на новые рынки, снижения напряженности на рынке труда. Развитие малых городов требует специальных процедур: улучшения имиджа административно-территориального образования и повышение конкурентоспособности с помощью маркетинговых инструментов и технологий. Применение электронного маркетинга изменяет всю бизнес-среду малого города. Как следствие, повышается инвестиционный климат и растет благосостояние субъекта. Электронный маркетинг добавляет в реальный процесс продвижения территории такие факторы, как круглосуточная доступность, полнота информации и наличие обратной связи (в виде фидбеков), интерактивность, мгновенная реакция и постоянные обновления, а также другие преимущества виртуальной среды.

Ключевые слова: малые города, электронный маркетинг, AIDA, маркетинг территории, привлечение инвестиций

E-marketing as a tool for promoting towns

Anna A. Bukova¹ annabukova@ya.ru  0000-0001-7834-2113

Lyubov A. Zazykina² l.zazykina@ya.ru  0000-0003-2215-9031

¹ Mytishchi branch of Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi, Russia

² FSC ARRTPI RAS, Pticegradskaya st., 10, Sergiev Posad, 141311, Russia

Abstract. Small towns are gradually integrating into the Russian socio-economic system and are forced to increasingly participate in the competition for offering quality living conditions for citizens, attracting investments and the necessary workforce. Priority of the marketing concept in choosing approaches for the development of small cities was determined. In achieving the goals pursued by the marketing of a small city, an important role belongs to entrepreneurship as a catalyst for the economic activity of this subject. It should be borne in mind that a developing small business does not compensate for what was lost as a result of market transformations of past decades in cities that have lost the functions of enterprises of a city-forming base or transport and logistics centers, if it does not apply all the possibilities of modern marketing methods and tools. Traditional approaches to doing business in these conditions cannot fundamentally solve the problems of reviving the economy of a small city and require changes. The development of such forms of business as electronic marketing may be an opportunity to enter new markets and reduce tension in the labor market. The development of small towns requires special procedures: improving the image of the administrative-territorial formation and increasing competitiveness with the help of marketing tools and technologies. The use of electronic marketing is changing the entire business environment of a small city. As a result, the investment climate rises and the welfare of the subject increases. Electronic marketing adds factors such as round-the-clock availability, completeness of information and the presence of feedback (in the form of feedbacks), interactivity, instant reaction and constant updates, as well as other advantages of the virtual environment in the real process of promoting the territory.

Keywords: towns, electronic marketing, AIDA, territory marketing, investments in town

Введение

На сегодняшний момент возникает потребность выбора методов и инструментария экономического развития российских малых городов. При этом они также испытывают все особенности локальной бизнес-среды и российского рынка в целом (например, конкуренция

между отдельными предприятиями, городами, регионами как внутри одной страны), а также конкурентной борьбы на мировом рынке. Современные виды и инструменты маркетинга позволяют найти возможности консолидации ресурсов для более эффективного их использования в непростых современных условиях территориального развития малых городов.

Для цитирования

Букова А.А., Зазыкина Л.А. Электронный маркетинг как инструмент продвижения малых городов // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 360–364. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-360-364

For citation

Bukova A.A., Zazykina L.A. E-marketing as a tool for promoting towns. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 360–364. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-360-364

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

Дадим определение малым городам – обычно это местные центры, которые имеют достаточно узкую экономическую специализацию, а следовательно, и ограниченный рынок профессий [1]. Сюда также относят поселения с небольшим количеством жителей, в которых жители сочетают работу в промышленности или сфере услуг с аграрным трудом (на приусадебных или дачных участках). Подобная диверсификация помогает жителям малых городов поддерживать свое благосостояние даже в кризисные для экономики страны моменты. Таким образом, малые города более экономически устойчивы по сравнению с крупными городами, специализированными на конкретных видах услуг и товаров.

Материалы и методы

В процессе изучения данного вопроса использовались методы монографические, статистико-экономические, сравнительного анализа. Теория и практика развития малых городов за последние несколько десятилетий радикально изменилась. И теперь она направлена не только на сохранение историко-культурного своеобразия малых городов (малый город как источник расходов), но на экономическую эксплуатацию уникальных черт конкретного малого города (малый город как источник доходов).

Результаты и обсуждения

Данная модель, примеры использования которой нечасто можно встретить как в зарубежной, так и российской практике, может быть применена в результате построения грамотной маркетинговой стратегии и использования всего инструментария территориального маркетинга.

Опираясь на статистику, можно сказать, что в малых городах проживает не более 50 тыс. человек, в средних городах – 100 тыс. человек, и этот рубеж следует считать важным, поскольку, достигая этой величины, население, живущее в поселках городского типа, становится городскими жителями. Синтезируя имеющиеся точки зрения на развитие российских малых городов и основываясь на проведенных исследованиях в данной области, были выявлены главные проблемы малых городов:

- препятствия в привлечении новых инвестиционных проектов, открытии новых рабочих мест для высококвалифицированных кадров вследствие ограниченности экономической базы;
- проблема с интермиграцией, а также проблемы в системе здравоохранения из-за чего наблюдается уменьшение населения и «вымирание» малых городов;
- слабый уровень формирования объектов социальности;

— преобладание в малых городах градоформирующих предприятий, население практически полностью привязано к ним, технологическая отсталость большинства промышленных предприятий, ранее представлявших основу экономики города.

Следует учесть, что российская государственная политика также отмечает проблемы качества жизни российских граждан, включая данные вопросы социальной политики в государственные социально-экономические программы [4].

Маркетинг города для таких территорий призван обеспечивать:

- притягательность, улучшение имиджа и престижа города;
- повышение привлекательности сосредоточенных в городе материально-технических, финансовых, трудовых и других ресурсов;
- привлечение инвестиций в город, как государственных, так и частных [1].

Основной таргет-группой маркетинга города является население, состоящее из жителей, инвесторов из других регионов, туристов, которые и выступают главными потребителями города. Субъектом продвижения местных интересов должны быть все горожане, как, например, предприниматели, государственные служащие, местные некоммерческие организации, местные СМИ и т. д., так как каждый сможет обнаружить в маркетинге города свои интересы. Основной задачей местных властей является привлечение и организация взаимодействия всех субъектов. Только сообща маркетинг можно сделать эффективным.

Вначале жители малого города и все заинтересованные лица должны сформулировать конкурентные преимущества, возможные проблемы, с которыми впоследствии они могут столкнуться, как представляют свой город через десять–пятнадцать лет. На сегодняшний день само понятие города воспринимается как «товар», который можно с выгодой продать «потребителям» – инвесторам, туристам или собственным жителям. Город продает себя, свои услуги и инфраструктуру. Для этого необходимо охватить в рекламных целях как можно большую часть аудитории, заинтересовать ее, привлечь туристов, бизнес-партнеров и т. п. Поэтому, на наш взгляд, электронный маркетинг справился бы с этой задачей гораздо эффективнее.

Как известно, главными видами электронного маркетинга являются интернет-маркетинг, телефонные справочные службы, то есть все новые его инструменты появляются на стыке маркетинга и информационных технологий. Электронный маркетинг позволит стать ближе к потребителю всем субъектам городского маркетинга.

На сегодняшний день практически в каждом городе работают всевозможные справочные службы, будь то единая справочная «09», медицинская справочная система, телефонные справочные центры о товарах и услугах города, справочные центры о погоде и другие. Эти службы, формирующие комфортное получение информации для жителей и гостей города, дают возможность высокой степени персонализации. Наличие персональной информации позволяет проводить четко нацеленную политику в кампаниях администрации города, предпринимателей, местного сообщества в целом; с высокой долей точности оценить эффективность рекламы, количество посетителей, интересы, которые привели их на сайт; получить обширную обратную связь; успешно проводить конкурентную разведку.

Электронный маркетинг интерактивен: клиенты активно вовлекаются во многие бизнес-процессы. При продвижении территории в традиционных СМИ используется push-модель, в которой потребители пассивны, а поставщиками информации являются компании. Однако современная конкуренция подталкивает к pull-модели, в которой пользователь получает информацию в ответ на запрос. Активная роль потребителей позволяет им делать процесс поиска контролируемым. Такая модель предполагает жесткое соперничество за внимание потребителя. Согласно статистическим данным количество интернет-пользователей в России за один средний день составило в 2019 г.: 48943 человека, из них по Москве – 10931 человек. При этом среднее количество минут за день, проведенное в сети Интернет, у мужчин составило 193 мин, у женщин – 185 мин, без учета «офлайн-овых» тематических групп [2].

Диджитал-бизнес основывается на тех же экономических догмах, что и традиционный, интернет-бизнес, терминология «диджитал» лишь отражает его технологические особенности. Как уже известно, поменять базовые принципы бизнес-процессов невозможно даже с самыми новейшими технологиями, но они добавляют в реальный бизнес преимущества виртуальной среды, такие, как интерактивность, мгновенность реакции, полнота информации, доступность в любое время.

Важнейшими инструментами маркетинга города, реализуемыми посредством электронного маркетинга, можно считать:

- политические, правовые, научно-технические и другие действия и акции, направленные на развитие деловой, социально-экономической, культурной жизни города;

- коммуникационные мероприятия, демонстрирующие открытость города для контактов и позволяющие внешним субъектам лучше узнать, удостовериться в существенности имеющихся преимуществ [5].

В первую очередь, это связано с образом жизни современного общества. В условиях развития современных малых городов – территориальной разобщенности, невозможности применения традиционного маркетингового инструментария для участников бизнес-сообщества – именно электронный маркетинг мобилизует внутренние ресурсы города и объединяет их с внешними, а также создает для участников информационной среды предпосылки по формированию различного рода объединений при решении общих задач. Такую функцию могут выполнять специальные сайты – агрегаторы контента, формирующие целостный образ малого города, ориентированные на все целевые группы территориального маркетинга, например, «Золотое кольцо», «Инновационные наукограды», на которых будут учтены практически все возможности как социального, так и бизнес-характера города или группы городов, расположенных на незначительном расстоянии друг от друга, для привлечения жителей и гостей города [3]. Решить задачи мгновенного привлечения внимания поможет лэндинг-пейдж – точка контакта с будущими потребителями – целевыми аудиториями. При построении лэндинга мы предлагаем воспользоваться моделью AIDA, которая может быть расширена до модели AIDA-S (Attention, Interest, Desire, Action – Satisfaction). Данная модель описывает процесс принятия потребителем решения о покупке продукта. AIDA-S состоит из следующих этапов.

Attention (внимание), т. е. привлечение внимания потребителя, чаще всего с помощью рекламы.

Interest (интерес), т. е. демонстрируют какой-то товар и услугу, используя их положительные характеристики, тем самым вызывают интерес потребителя.

Desire (желание), т. е. стараются привлечь потребителя, вызвав у него желание купить определенный товар или услугу.

Action (действие), т. е. побуждение потребителя к покупке товара или услуги с помощью таких уловок, как гарантия качества, постгарантийное обслуживание, система скидок, какие-либо особые условия, нацеленные только на «данного» покупателя.

Satisfaction (удовлетворение). Поддержание лояльности потребителя с помощью качественного сервиса, информирования, положительного впечатления о товаре или услуге.

Основная задача – привлечение внимания и повышение заинтересованности потребителей, а также побуждение заказывать услугу или товар.

Таким образом, можно будет привлечь приблизительно 2–3% туристов в малые города, что существенно скажется на бюджете.

В последнее время города, стремящиеся конкурировать в региональном или страновом масштабе, все больше осознают важность формирования цифрового отражения территории. Они не только создают специальные ресурсы и создают аккаунты в социальных сетях или агрегаторах контента, но и намеренно стимулируют жителей и посетителей территорий на генерацию правильного цифрового контента через различные конкурсы или поощрения. Цифровая или электронная территория – сформировавшееся и изменяемое публичное комплексное отражение физической территории и происходящих на ней процессов в цифровой среде, доступное массовому потребителю и формирующее у него уникальное и устойчивое представление об изначальной территории [7]. Раскроем их возможности в продвижении малого города.

Блоги известных путешественников, видеоблогеров, а также культурных или социальных деятелей, вызывающих доверие у больших аудиторий, давно стали одним из важнейших инструментов формирования виртуального представления о территории [10].

Туристические сайты – один из самых старых инструментов формирования цифровых территорий. В коммерческих целях сайты туристических операторов и агентств формируют положительный образ отдельных территорий, часто вводя потребителя в заблуждение. При этом оригинального контента там не так много, так как производство его дорого – гораздо больше многократно дублированного контента из нескольких проверенных источников и множество контента, не подтвержденного, взятого из открытых источников [8].

С ростом использования социальных сетей группы, привязанные к территории, могут формировать отношение к этой территории на уровне региональных, федеральных, а порой и международных СМИ. При этом, что очень важно, часто в этих группах формируют образ территории люди, которые могут вообще не иметь к ней никакого отношения [9]. Интернет-маркетинг учитывает отношение современного потребителя к информации в части переориентации на новые источники информации – простых пользователей, потребителей, «народного покупателя». Современный уровень доверия к «личному» опыту и личным рекомендациям очень высок. И со временем люди все больше стремятся проверить данные, полученные из

официальных источников (сайты территорий, турагентств, каталоги), через рекомендации других пользователей.

Не следует недооценивать такие, казалось бы, «стандартные» электронные инструменты, как карты. Все больше людей не стремятся ориентироваться на местности – они предпочитают доверять свое передвижение электронным помощникам – навигаторам, системам определения координат, геосервисам и так далее. С развитием технологий все больше объектов будет отцифровываться, формируя не только пространство пути, но и подсказывая ближнее и дальнее окружение в зависимости от вашего сетевого профиля. При этом оцифровка местности такими инструментами, как Google Maps или Google Earth, позволяет путешествовать виртуально, а сервисы веб-камер, вещающих в реальном времени, делать это в режиме реального времени, не выходя из дома [6]. Развитие же сервисов типа Google Art Project, предоставляющих возможности виртуальных туров, будет еще больше способствовать формированию цифровых путешествий по цифровым территориям. Подобные мобильные гиды раскроют все возможности города, зачастую неизвестные даже его жителям.

Заключение

С каждым днем агрегаторы контента собирают все больше материалов по экономическому состоянию, местным возможностям, основным туристическим и событийным территориям, будь это малые или крупные города, регионы, политические, спортивные или культурные площадки, и чем дальше, тем все больше формируется информационное неравенство между территориями как в положительную, так и в отрицательную сторону.

Проблематика таких цифровых территорий городов и регионов России сегодня только начинает формироваться, но уже очевидно, что электронный маркетинг в продвижении территории – важнейший инструмент в борьбе за ресурсы, политическое и экономическое влияние, а значит, что уже сейчас надо уделять внимание осознанному формированию комплексных цифровых территорий малых городов и системам управления ими, поскольку этот путь является не только современным и эффективным, но и доступным в условиях достаточно ограниченных ресурсов малого города. Следует подчеркнуть, что именно маркетинговый подход к развитию и повышению конкурентоспособности территориальных образований, в основе которого лежит целый комплекс современных технологий, способен обеспечить устойчивое развитие малых городов России.

Литература

- 1 Букова А.А., Зазыкина Л.А. Маркетинговый подход к формированию современной региональной экономической политики // Экономика и предпринимательство. 2018. № 3. С. 378–384.
- 2 Букова А.А. Особенности региональной политики по отношению к целевым аудиториям территориального маркетинга // Сборник материалов общероссийской научно-практической конференции. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2018. С. 176–180.
- 3 Зеке О.Ю. Некоторые аспекты оценки туристских потоков в Московской области // Наука и туризм: стратегии взаимодействия. 2019. № 10. С. 33–40.
- 4 Региональная политика: зарубежный опыт и российские реалии; под ред. А.В. Кузнецова, О.В. Кузнецовой. М.: ИМЭМО РАН, 2015. 137 с.
- 5 Хорев А.И. Современные угрозы в социальной сфере и их влияние на экономическую безопасность Российской Федерации. // ФЭС: Финансы. Экономика. 2016. № 8. С. 18–22.
- 6 Lin L.P.L., Huang S.C.L., Ho Y.C. Could virtual reality effectively market slow travel in a heritage destination? // Tourism Management. 2020. V. 78. 104027. doi: 10.1016/j.tourman.2019.104027
- 7 Thomas M.B., Fay D.L., Berry F.S. Strategically Marketing Florida's Cities: An Exploratory Study Into How Cities Engage in Public Marketing // The American Review of Public Administration. 2020. doi: 10.1177/0275074019897599
- 8 Березка С.М. Сити-брендинг: подходы к пониманию и актуальные проблемы // Новая экономика и региональная наука. 2016. № 3. С. 331–332.
- 9 Шерешева М.Ю., Оборин М.С., Березка С.М. Маркетинг малых городов как фактор устойчивого развития региона // Маркетинг в России и за рубежом. 2018. № 1 (123). С. 63–73.
- 10 Боровикова А.М., Вагин Д.Ю., Тарасова В.С., Яшкова Е.В. Интернет-маркетинг в сети инстаграм // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2019. № 2 (36). С. 139–144.

References

- 1 Bukova A.A., Zazykina L.A. Marketing approach to the formation of modern regional economic policy. Economics and entrepreneurship. 2018. no. 3. pp. 378–384. (in Russian).
- 2 Bukova A.A. Features of regional policy in relation to target audiences of territorial marketing. Collection of materials of the all-Russian scientific and practical conference. Krasnoyarsk, Research and innovation center. 2018. pp. 176–180. (in Russian).
- 3 Zeveke O.Y. Some aspects of the evaluation of tourist flows in the Moscow region. Science and tourism: interaction strategies. 2019. no. 10. pp. 33–40. (in Russian).
- 4 Regional policy: foreign experience and Russian realities; ed. by A.V. Kuznetsov, O.V. Kuznetsova. Moscow, IMEMO RAS, 2015. 137 p. (in Russian).
- 5 Horev A.I. Modern threats in the social sphere and their impact on the economic security of the Russian Federation. FES: Finance. Economy. 2016. no. 8. pp. 18–22. (in Russian).
- 6 Lin L.P.L., Huang S.C.L., Ho Y.C. Could virtual reality effectively market slow travel in a heritage destination? Tourism Management. 2020. vol. 78. 104027. doi: 10.1016/j.tourman.2019.104027
- 7 Thomas M.B., Fay D.L., Berry F.S. Strategically Marketing Florida's Cities: An Exploratory Study Into How Cities Engage in Public Marketing. The American Review of Public Administration. 2020. doi: 10.1177/0275074019897599
- 8 Berezka S.M. city branding: approaches to understanding and actual problems. New economy and regional science. 2016. no. 3. pp. 331–332. (in Russian).
- 9 Sheresheva M.Yu., Oborin M.S., Berezka S.M. Marketing of small towns as a factor of sustainable development of the region. Marketing in Russia and abroad. 2018. no. 1 (123). pp. 63–73. (in Russian).
- 10 Borovikova A.M., Vagin D.Yu., Tarasova V.S., Yashkova E.V. Internet marketing in the instagram network // Innovative economy: prospects for development and improvement. 2019. no. 2 (36). pp. 139–144. (in Russian).

Сведения об авторах

Анна А. Букова к.э.н., доцент, кафедра экономики и управления, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана, 1-я Институтская д.1, г. Мытищи, 141005, Россия, annabukova@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7834-2113>

Любовь А. Зазыкина к.э.н., отдел экономики, Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук, ул. Птицеградская, д. 10, г. Сергиев Посад, 141311, Россия, l.zazykina@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2215-9031>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Anna A. Bukova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economics and management department, Mytishchi branch of Bauman Moscow State Technical University, 1 Institutskaya st., 1 Mytishi, 141005, Russia, annabukova@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7834-2113>

Lyubov A. Zazykina Cand. Sci. (Econ.), economy department, Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Poultry Institute" of Russian Academy of Sciences, Pticegradskaya st., 10, Sergiev Posad, 141311, Russia, l.zazykina@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2215-9031>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/02/2020	После редакции 10/02/2020	Принята в печать 18/02/2020
Received 01/02/2020	Accepted in revised 10/02/2020	Accepted 18/02/2020

Тенденции развития малого предпринимательства

Юлия М. Соколинская ¹	misterias@mail.ru	 0000-0002-1020-8185
Елена А. Колесниченко ²	ekolesnichenko@live.ru	 0000-0002-1213-3199
Кирилл В. Чекудаев ¹	chkv1985@mail.ru	 0000-0002-1859-5917

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

² Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, ул. Интернациональная, 33, г. Тамбов, 392000, Россия

Аннотация. Малое предпринимательство существует как самостоятельный сектор рыночной экономики, обеспечивая базовые потребности национального хозяйства. Малое предпринимательство является тем стратегическим ресурсом устойчивого социально-экономического развития общества, который обеспечивает его высокий уровень и повышает качество жизни населения. Оно способствует ускорению рыночных преобразований и проявляется в организационной и технологической мобильности, поддержке конкурентной среды, быстрой реакции на потребности рынка, увеличении налоговых поступлений в бюджет всех уровней, в возобновлении социальных ресурсов, изменении уровня жизни населения, снижении социальной дифференциации и т. д. Малое предпринимательство в значительной мере позволяет насытить рынок товарами и услугами даже в условиях наблюдающегося экономического спада и кризиса, а также обеспечивает укрепление рыночных отношений и является гарантом социальной стабильности. Было отмечено, что в сфере малого бизнеса занято около 8 млн человек. Следует отметить, что занятость населения на малых и средних предприятиях составляет порядка 25%.оборот продукции и услуг, которые производятся и реализуются субъектами малого и среднего бизнеса в общем объеме оборота продукции и услуг, производимых предприятиями по стране, составляет около 30%. Сфера малого предпринимательства отличается неустойчивой динамикой численности малых предприятий, занятых на них работников, нерациональной региональной и отраслевой структурой малого бизнеса, его криминализацией и т. п. негативными моментами, дающими основание для вывода о непредсказуемом, хаотичном характере развития этого сектора экономики, составляющего основу конкурентных отношений в различных отраслях национального хозяйства.

Ключевые слова: малое предпринимательство, экономика, устойчивое развитие, факторы

Tendencies of development of small business

Yulia M. Sokolinskaya ¹	misterias@mail.ru	 0000-0002-1020-8185
Elena A. Kolesnichenko ²	ekolesnichenko@live.ru	 0000-0002-1213-3199
Kirill V. Chekudaev ¹	chkv1985@mail.ru	 0000-0002-1859-5917

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

² Tambov State University named after GR. Derzhavin, Internatsionalnaya str., 33, Tambov, 392000, Russia

Abstract. Small business exists as an independent sector of a market economy, providing the basic needs of the national economy. Small business is the strategic resource for the sustainable socio-economic development of society, which ensures its high level and improves the quality of life of the population. It helps accelerate market transformations and is manifested in organizational and technological mobility, supporting a competitive environment, quick reaction to market needs, increasing tax revenues to the budget at all levels, renewing social resources, changing the standard of living of the population, reducing social differentiation, etc. entrepreneurship to a large extent allows saturating the market with goods and services even in the conditions of the observed economic recession and crisis, and also ensures market relations and is the guarantor of social stability. It was noted that about 8 million people were employed in the small business sector. It should be noted that the employment of the population in small and medium enterprises is about 25%. The turnover of products and services that are produced and sold by small and medium-sized businesses in the total turnover of products and services produced by enterprises in the country is about 30%. The sphere of small business is characterized by the unstable dynamics of the number of small enterprises employed by them, the irrational regional and sectoral structure of small business, its criminalization, etc., with negative moments that give rise to a conclusion about the unpredictable, chaotic nature of the development of this sector of the economy, which forms the basis of competitive relations in various sectors of the national economy.

Keywords: small business, economy, sustainable development, factors

Введение

Развитие малого бизнеса играет важную роль в обеспечении сбалансированного и устойчивого развития экономики страны. А при достаточно высоком уровне развития он обеспечивает заметный экономический рост. Это связано с тем, что малый бизнес обеспечивает

дополнительную занятость, а получение дополнительного дохода позволяет обеспечить дополнительный спрос как со стороны самого предпринимателя, так и его наемных работников. Стремление к успешному развитию способствует разработке и внедрению инноваций, что в итоге приводит к ускорению научно-технического прогресса.

Для цитирования

Соколинская Ю.М., Колесниченко Е.А., Чекудаев К.В. Тенденции развития малого предпринимательства // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 365–368. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-365-368

For citation

Sokolinskaya Yu.M., Kolesnichenko E.A., Chekudaev K.V. Tendencies of development of small business. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 365–368. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-365-368

Тем не менее, нам необходимо обратиться к содержанию понятия устойчивое развитие. Во-первых, развитие предполагает повышение значений показателей, характеризующих положительную динамику функционирования малого бизнеса.

Во-вторых, понятие устойчивости отражает перманентность роста показателей, характеризующих положительные эффекты для определенного сектора экономики, и перманентность снижения показателей, которые характеризуют негативные проявления функционирования малого бизнеса.

Анализ данных, предоставляемых Федеральной службой статистики и Федеральной налоговой службой, позволил выявить следующие показатели развития малого предпринимательства за 2018 год. Так, за исследуемый период в Российской Федерации было зарегистрировано около 6 млн субъектов малого и среднего предпринимательства, в том числе около 2 млн – юридические лица и чуть более 4 млн – индивидуальные предприниматели [1].

Было отмечено, что в сфере малого бизнеса занято около 8 млн человек. Следует отметить, что занятость населения на малых и средних предприятиях составляет порядка 25%.оборот продукции и услуг, которые производятся и реализуются субъектами малого и среднего бизнеса в общем объеме оборота продукции и услуг, производимых предприятиями по стране, составляет около 30%.

Для малого бизнеса в России целесообразно выделить две тенденции: улучшения деятельности, что характерно для периода до 2012 года, и ухудшения, что характерно для периода с 2013 года и до настоящего времени.

Анализ данных за 2016 год в сравнении с аналогичными периодами 2012–13 годов в целом по Российской Федерации позволил выявить увеличение ключевых характеристик развития малого предпринимательства, таких как численность малых и средних предприятий, среднесписочная численность занятых на предприятиях, оборот предприятий и объем инвестиций в основной капитал:

— во-первых, на начало 2016 года общее число малых предприятий в целом по России увеличилось по сравнению с аналогичным периодом 2013 года почти на 5%, а среднесписочная численность занятых на малых предприятиях увеличилась на 0,2%, удельный вес работников малых предприятий в общей среднесписочной численности занятых достиг уровня 15%.оборот малого бизнеса возрос на 6,5%, общее увеличение инвестиций в основной капитал на малых предприятиях составил более 15%;

— во-вторых, по итогам деятельности малых предприятий за 2016 год в региональном разрезе можно сделать вывод о положительной динамике развития. Практически в 70 регионах увеличилась численность субъектов малого и среднего бизнеса в расчете на 100 тыс. жителей, а увеличение среднесписочной численности занятых на малых предприятиях отмечено почти в 50 регионах, объемов оборота малого и среднего предпринимательства – почти в 60 регионах и инвестиций в основной капитал на малого и среднего предпринимательства – в 56 регионах [2].

Проблемам развития малого бизнеса в период с 2013 года уже уделено достаточно много внимания в различных исследованиях. Так, достаточно подробный анализ тенденций развития малого предпринимательства в России проведен в работе Феофиловой Т.Ю. и Литвиненко А.Н. [4] В данном исследовании указано, что по состоянию на начало 2016 года в Российской Федерации зарегистрировано около 2 млн малых предприятий, что почти на 9% больше, чем за аналогичный период 2014 года. Общая численность малых предприятий в расчете на 100 тыс. жителей увеличилась на более чем на 110 ед.

В тоже время для малого предпринимательства в России характерно кризисное состояние, которое может привести к банкротству наиболее слабых субъектов хозяйствования, однако следует отметить наличие постоянной их ротации. Статистические данные последних лет демонстрируют снижение интереса к бизнесу у населения.

Это свидетельствует о снижении устойчивости малого бизнеса к воздействиям внешней среды и усилению кризисности в его развитии.

С 2013 г. и по сегодняшний день прослеживается отрицательная тенденция, выраженная в том, что в большинстве федеральных округов, как и в целом по стране, количество ликвидированных малых предприятий превысило число вновь зарегистрированных. Наибольший отрицательный прирост к уровню 2016 г. был в ЦФО – 8,2%.

Более того, после двукратного повышения величины страховых взносов во внебюджетные фонды в России фиксируется беспрецедентное по масштабам сокращение численности самозанятого населения – только по официальным данным Федеральной Налоговой Службы (ФНС) и только за период с января по июль текущего года с налогового учёта в России снялись свыше 625,7 тыс. индивидуальных предпринимателей.

Сокращение среднесписочной численности обусловлено уменьшением оборота субъектов малого предпринимательства. При этом сокращение издержек на оплату труда, не улучшило финансовые показатели малых предприятий.

За анализируемый период в целом по РФ определяется устойчивый отрицательный тренд, выраженный в сокращении оборота субъектов малого предпринимательства.

Таким образом, статистические данные последних лет демонстрируют снижение интереса к бизнесу у населения.

В связи с тем, что в 2016–2017 год было закрыто 1022, 1 тыс. малых предприятий в целом по РФ, а отток капитала только в первом полугодии 2016 г. составил 38,4 млрд. долл. Спад экономической активности малого предпринимательства усиливается и обостряется банкротством и уходом в теневой сектор представителей малого бизнеса. Особенно возрастает число банкротств в среде физических лиц – индивидуальных предпринимателей, по сравнению с 2014 годом (5448 ед.) увеличившееся в 2,25 раза в 2016 году (12304 ед.).

В 2016 году число созданных малых предприятий сравнялось с количеством прекративших свою деятельность. За год было создано 6980 малых предприятий, прекратило предпринимательскую деятельность 6668 субъектов. Данное обстоятельство обусловлено как рядом известных причин (неэффективная поддержка, правовая незащищенность, нехватка знаний и навыков ведения бизнеса, недостаток инвестиций и низкий уровень доступности кредитов), так и новыми обстоятельствами, связанными с изменением законодательства.

Ввиду того, что сегодня каждое второе малое предприятие находится в предкризисном или кризисном состоянии, осуществление эффективного превентивного управления малыми предприятиями невозможно без определения внешних и внутренних факторов, влияющих на кризисное развитие малых предпринимательских структур.

В общем виде можно выделить четыре группы причин, сдерживающих развитие и обуславливающих кризисное состояние малого предпринимательства.

Первая – совокупность данных причин можно классифицировать как институциональные, общеэкономические, поскольку они

обусловлены спецификой реализуемой экономической политики.

Вторая причина носит ситуационный характер и включает в себя реакцию покупательного спроса на изменение внешних условий. Для современного этапа хозяйствования данная причина проявляется в несоответствии имеющегося покупательного спроса и емкости внутреннего потребительского рынка.

Третья причина связана со сложившейся в национальной экономике системой перераспределительных отношений. Данная причина носит принципиальный характер, так как существующая система налогообложения существенно тормозит предпринимательскую деятельность. Согласно проведенному Всероссийским центром изучения общественного мнения (ВЦИОМ) опросу, более 86% руководителей малых и средних предприятий в качестве основной причины, влияющей негативным образом на социально-экономическое положение предпринимательских структур, назвали несовершенство налогов и их высокий уровень.

Четвертая причина определяется масштабом теневых отношений, сложившихся в определенной сфере деятельности. В настоящее время уровень криминализации лесной сферы достиг угрожающих значений, что негативно отражается на предпринимательской деятельности в данной сфере. По различным мнениям, она варьируется от 30 до 50% реального оборота всех субъектов малого предпринимательства [4–10].

Заключение

Сфера малого предпринимательства отличается неустойчивой динамикой численности малых предприятий, занятых на них работников, нерациональной региональной и отраслевой структурой малого бизнеса, его криминализацией и т. п. негативными моментами, дающими основание для вывода о непредсказуемом, хаотичном характере развития этого сектора экономики, составляющего основу конкурентных отношений в различных отраслях национального хозяйства.

Литература

- 1 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru/>
- 2 Куликов Д.А. Развитие региональной экономики на основе повышения социально-экономической устойчивости малых предприятий. Москва, 2008. 187 с.
- 3 Официальный сайт ВЦИОМ. URL: <http://www.wciom.ru/>
- 4 Феофилова Т.Ю., Литвиненко А.Н. Развитие малого предпринимательства в обеспечении экономической безопасности региона // Вопросы безопасности. 2014. №6. URL: http://e-notabene.ru/nb/article_14166.html
- 5 Spiro M.P. Private Equity and Qualified Small Business Stock: Tax Implications of Various Holding Company Structures for Control Investments // The Journal of Private Equity. 2019. V. 23. № 1. P. 10-29.
- 6 Marietto M.L., Serra F.A.R. The role of institutional elements on strategic activities of small business practitioners // International Journal of Entrepreneurship and Small Business. 2019. V. 37. № 2. P. 250-270.

- 7 Leal Filho W., Shiel C., Paço A., Mifsud M. et al. Sustainable Development Goals and sustainability teaching at universities: Falling behind or getting ahead of the pack? // *Journal of Cleaner Production*. 2019. V. 232. P. 285-294.
- 8 Muñoz-Torres M.J., Fernández-Izquierdo M.Á., Rivera-Lirio J.M., Escrig-Olmedo E. Can environmental, social, and governance rating agencies favor business models that promote a more sustainable development? // *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. 2019. V. 26. № 2. P. 439-452.
- 9 Robins N., Trisoglio A. Restructuring industry for sustainable development // *In Policies for a small planet*. 2019. P. 157-194.
- 10 Ye S., Xiao H., Zhou L. Small accommodation business growth in rural areas: Effects on guest experience and financial performance // *International Journal of Hospitality Management*. 2019. V. 76. P. 29-38.

References

- 1 Official website of the Federal State Statistics Service. Available at: <http://www.gks.ru/> (in Russian).
- 2 Kulikov D.A. The development of a regional economy based on increasing the socio-economic sustainability of small enterprises. Moscow, 2008. 187 p. (in Russian).
- 3 The official site of VTsIOM. Available at: <http://www.wciom.ru/> (in Russian).
- 4 Feofilova T.Yu., Litvinenko A.N. The development of small business in ensuring the economic security of the region. *Security Issues*. 2014. no. 6. Available at: http://e-notabene.ru/nb/article_14166.html (in Russian).
- 5 Spiro M.P. Private Equity and Qualified Small Business Stock: Tax Implications of Various Holding Company Structures for Control Investments. *The Journal of Private Equity*. 2019. vol. 23. no. 1. pp. 10-29.
- 6 Marietto M.L., Serra F.A.R. The role of institutional elements on strategic activities of small business practitioners. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*. 2019. vol. 37. no. 2. pp. 250-270.
- 7 Leal Filho W., Shiel C., Paço A., Mifsud M. et al. Sustainable Development Goals and sustainability teaching at universities: Falling behind or getting ahead of the pack? *Journal of Cleaner Production*. 2019. vol. 232. pp. 285-294.
- 8 Muñoz-Torres M.J., Fernández-Izquierdo M.Á., Rivera-Lirio J.M., Escrig-Olmedo E. Can environmental, social, and governance rating agencies favor business models that promote a more sustainable development? *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. 2019. vol. 26. no. 2. pp. 439-452.
- 9 Robins N., Trisoglio A. Restructuring industry for sustainable development. *In Policies for a small planet*. 2019. pp. 157-194.
- 10 Ye S., Xiao H., Zhou L. Small accommodation business growth in rural areas: Effects on guest experience and financial performance. *International Journal of Hospitality Management*. 2019. vol. 76. pp. 29-38.

Сведения об авторах

Юлия М. Соколинская к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, misterias@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1020-8185>

Елена А. Колесниченко д.э.н., профессор, кафедра кадрового управления, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, ул. Интернациональная, 33, г. Тамбов, 392000, Россия, ekolesnichenko@live.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1213-3199>

Кирилл В. Чекудаев к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, chkv1985@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1859-5917>

Вклад авторов

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 M. Sokolinskaya Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, misterias@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1020-8185>

Elena A. Kolesnichenko Dr. Sci. (Econ.), professor, personnel management department, Tambov State University named after GR. Derzhavin, Internatsionalnaya str., 33, Tambov, 392000, Russia, ekolesnichenko@live.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1213-3199>

Kirill V. Chekudaev Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, chkv1985@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1859-5917>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 24/01/2020	После редакции 03/02/2020	Принята в печать 11/02/2020
Received 24/01/2020	Accepted in revised 03/02/2020	Accepted 11/02/2020

Использование математических моделей в неравновесной экономике с компенсирующим спросом

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 ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, Воронежский филиал, Ленинский пр-т, 174л, г. Воронеж, 394033, Россия

Аннотация. При моделировании неравновесной экономики поведение участников описывается такими же оптимизационными задачами, включающими критерий и внутренние технологические и бюджетные ограничения, как и в теории вальрасовского равновесия. Они лишь дополняются внешними ограничениями на покупку (или продажу) дефицитных (неходовых) продуктов. Известны различные принципы установления этих границ. Они могут быть фиксированными (жесткая схема рационирования) и не зависеть непосредственно от решений участника либо определяться выраженным им спросом (гибкая схема). Предъявляемый спрос на рационируемые продукты, как правило, не совпадает с вальрасовским. Будем называть его заказом. В известных моделях, заказ считается равным активному спросу. Понятие активного спроса успешно используется в моделях регулирования цен. Однако он не является объектом выбора участников, направленного на оптимизацию их критериев. Между тем представляется естественным, что производители и потребители, стремясь к максимизации полезности, могут свободно выбирать размеры заказов по собственному усмотрению. Моделирование возникающей при таком подходе ситуации является целью настоящей работы и основано на модификации схемы рационирования, предложенной Ж.П. Бенасси. Также в работе рассматриваются модели равновесия при фиксированных ценах, в которых участники, формируя спрос, учитывают дефицитность продуктов и уровень удовлетворения заказов. Модели используются для оценки влияния налогов, государственных расходов и других макрорегуляторов на уровень занятости и национальный доход. В работе представлен обзор литературных источников в предметной области, а также дана экономическая интерпретация полученных результатов.

Ключевые слова: продукт, отрасль, параметры, функция, равновесие, баланс

Using mathematical models in a disequilibrium economy with offsetting demand

Marina L. Lapshina ¹	marina_lapshina@mail.ru	 0000-0002-5057-1069
Oksana O. Lukina ²	oks.lukina@gmail.com	 0000-0003-2658-1512
Dmitriy 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 GUMRF named after Admiral S.O. Makarova, Voronezh branch, Leninsky Prospekt, 174l, Voronezh, 394033, Russia

Abstract. When modeling a nonequilibrium economy, the behavior of participants is described by the same optimization problems, including the criterion and internal technological and budgetary constraints, as in the theory of Walrasian equilibrium. They are only supplemented by external restrictions on the purchase (or sale) of scarce (slow-moving) products. Various principles are known for establishing these boundaries. They can be fixed (a rigid scheme of rationing) and not depend directly on the decisions of the participant, or be determined by the demand expressed by them (flexible scheme). The presented demand for rationable products, as a rule, does not coincide with the Walrasian one. We will call it an order. In well-known models, the order is considered equal to active demand. The concept of active demand has been successfully used in price control models. However, it is not the object of the choice of participants aimed at optimizing their criteria. Meanwhile, it seems natural that manufacturers and consumers, seeking to maximize utility, are free to choose order sizes at their own discretion. Modeling of the situation arising with this approach is the goal of the present work and is based on a modification of the rationing scheme proposed by J.P. Benassi. The work also considers equilibrium models at fixed prices, in which participants, when forming demand, take into account the scarcity of products and the level of satisfaction of orders. Models are used to assess the impact of taxes, government spending, and other macro-regulators on employment and national income. The paper provides an overview of literary sources in the subject area, as well as an economic interpretation of the results.

Keywords: product, industry, parameters, function, balance, balance

Введение

Экономика включает производителей и потребителей (участников). Каждый участник независимо от других выбирает поведение, максимизирующее его полезность при наличии внутренних и внешних ограничений. Последние

возникают вследствие того, что при негибких ценах спрос на некоторые продукты может не удовлетворяться полностью и разумный участник должен учитывать этот факт при оптимизации. В отличие от [3], где внешние ограничения носят субъективный характер, здесь им придается

Для цитирования

Лапшина М.Л., Лукина О.О., Лапшин Д.Д. Использование математических моделей в неравновесной экономике с компенсирующим спросом // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 369–379. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-369-379

For citation

Lapshina M.L., Lukina O.O., Lapshin D.D. Using mathematical models in a disequilibrium economy with offsetting demand. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 369–379. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-369-379

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

вполне конкретный смысл: они определяются поставками соответствующего продукта. Заметим, что понятие поставки тождественно сделке в [3] и таким образом объем сделки формирует внешнее ограничение одного из двух участников. В предлагаемых моделях каждый из участников выбирает объемы заказов на необходимые ему продукты. Все заказы на один продукт поступают на единый рынок, на другой стороне которого собираются все данные по предложению этого продукта. Если суммарный заказ превосходит предложение, продукт дефицитен и его поставки ратионируются. В противном случае заказы удовлетворяются полностью, ратионируются поставки продавцов. В дальнейшем будет рассматриваться ратионирование, пропорциональное величине заказов.

При любых разумных функциях рационализации реализуется принцип «больше закажешь, больше получишь». Осведомленный о дефиците и частичном выполнении заказов разумный участник, предъявляя спрос, потребует больше, чем ему в действительности нужно. Предъявляемые требования складываются при этом из двух частей: действительного и компенсирующего спроса, или заказа. Первый выражает действительные потребности участника, максимизирующие его целевую функцию в сложившихся условиях; второй предъявляется с целью компенсации недопоставок вследствие дефицита. Наличие и свободный выбор участниками величин их компенсирующего спроса являются характерной чертой описываемой экономики, поэтому будем называть ее экономикой с компенсирующим спросом (или компенсационными заказами).

Если бы полезность и бюджетно-технологические возможности не зависели от величины заказа, участник стремился бы заказать столько, чтобы внешние ограничения стали несущественными. Так как это невозможно при неравновесных ценах, то в таких моделях (модели с манипулированием [3]) рационализируемого равновесия не существует.

В настоящей работе предлагаются два типа моделей, в которых рост заказов влечет за собой рост издержек. Слишком большие заказы делают невыгодными или невозможными.

В моделях первого типа понятие заказа не только отождествляется с выраженным спросом, но ему придается и обычный житейский смысл. Более того, предполагается, что при оформлении заказов некоторая их часть оплачивается в предварительном порядке в момент заказа. Если заказ удовлетворяется не полностью, плата за недопоставленную продукцию возмещается заказчику (при регулярных связях процесс возмещения принимает более завуалированную форму перерасчетов). В этом процессе

предварительная оплата порождает вмененные издержки, влияющие на выбор оптимальной величины заказа.

Другой причиной издержек, порожденных дефицитом и растущих с величиной заказа, является присущая такой экономике неопределенность объемов поставок. Правила ратионирования дефицитных продуктов и в рыночной и в централизованно управляемой экономике не являются писанными, и принцип пропорционального распределения часто нарушается. Участники обычно могут более или менее точно указать нижнюю- и верхнюю границу отношения поставок к заказам. В условиях комплектности производственных затрат неопределенность поставок порождает избыточные запасы, обслуживание которых требует дополнительных издержек. В моделях второго типа будет предполагаться, что финансовые возможности производителя ограничивают максимально допустимую стоимость таких запасов. Хотя мы будем использовать термин «заказ» для моделей обоих типов, во второй модели предъявляемый спрос не обязательно оформляется как заказ поставщику.

Для экономики с компенсирующими заказами будет определено понятие равновесия, аналогичное [1–3], и приведены достаточные условия его существования. Модель с предварительной оплатой используется в работе для анализа воздействия таких макрорегуляторов, как налоги и государственные расходы на занятость и национальный доход. В этой части статьи мы следуем традиции, восходящей к работам [8–10]. Будет показано, что учет дефицитности промежуточных продуктов, которой пренебрегают авторы [8–10], существенно меняет результаты анализа.

В классическом режиме [3] при дефиците продукта и избыточности труда государственные расходы и уровень налогов не влияют на национальный доход, занятость, рост реальной заработной платы снижает выпуск. Для этого же режима ниже показано, что дефицит подавляет производство и потребление, т. е. с его ростом они снижаются. Поэтому мероприятия, увеличивающие спрос, снижают национальный доход и занятость, а увеличение налогов вызывает их рост. Хотя эти выводы получены для случая модели с предварительной оплатой, нетрудно убедиться, что те же оценки сохраняются и для модели, в которой ограничены запасы, порождаемые некомплектностью поставок.

Последняя модель возникла из попытки численного анализа падения уровня производства при переходе к рыночной экономике, когда цены еще неравновесны, а централизованного распределения ресурсов уже не существует.

В такой период важной причиной снижения выпуска является разрушение сложившихся хозяйственных связей. Выпуск продукции практически всеми производителями лимитируется не производственными возможностями или имеющимся спросом, а недостаточными поставками промежуточных продуктов. Сформулированная для леонтьевской экономики модель неравновесия с неопределенными поставками позволяет верифицировать значения параметров, характеризующих компенсирующие заказы на основе функции спроса или плана производства и данных отчетных межотраслевых балансов, и использовать ее для прогностических расчетов. Из-за направленности на прикладные цели все модели изложены в применении к леонтьевской экономике. Нетрудно видеть, что переход к более общим моделям неравновесия, в которых потребителей много, а каждый производитель может выпускать различные наборы продуктов, требует несущественных изменений.

Материалы и методы

Ограничимся для простоты изложения рассмотрением экономики леонтьевского типа. Она включает $n+1$ участника: «конечного потребителя» и n отраслей, каждая из которых производит один продукт. Различные отрасли выпускают разные продукты. Для выпуска каждой единицы продукта j отрасль i затрачивает a_{ij} единиц продукта i , $j \in N = \{1, \dots, N\}$. Модель функционирования включает модели, описывающие поведение участников, и модель их взаимодействия. Описание начнем с последней. Каждый участник, исходя из своих возможностей и целей, заказывает производителю необходимую ему продукцию. Обозначим через z_{ij} величину заказа участника j на продукт i . Суммарный заказ всех участников на продукт i равен $z_i = \sum_{j=0}^n z_{ij}$, где z_{i0} – заказ конечного потребителя. Пусть x_i – объем выпуска продукта i . Назовем продукт дефицитным, если $z_i > x_i$. Обозначим через $\delta_i = \min\{1, x_i/z_i\}$ средний для совокупности потребителей продукта i уровень удовлетворения заказов. Величину $\omega_i = \delta_i^{-1} - 1$ будем называть показателем дефицитности. Заказ отрасли зависит прежде всего от планируемого ею выпуска, определяющего ее затраты промежуточных продуктов $(a_{ij}x_j)_i$. При отсутствии дефицита на рынке i , когда заказы z_{ij} полностью удовлетворяются, естественно предположить, что заказы равны действительному спросу $r_{ij} = a_{ij}x_j$. Если же продукт дефицитен,

то объем поставки будет меньше заказа, и для компенсации дефицита отрасль запросит больше, чем ей требуется. То же относится и к конечному потребителю, рассчитывающему на уровень потребления $r_{i0} = x_{i0}$. Не уменьшая общности, будем считать, что заказ включает два слагаемых, т. е.

$$z_{ij} = r_{ij} + M_{ij}, i \in N, j \in \bar{N} = \{0, 1, \dots, n\}, \quad (1)$$

где первое отражает действительные потребности участника, а второе направлено на компенсацию дефицита. Величины M_{ij} будем называть компенсационными заказами. Последние должны удовлетворять естественному требованию

$$M_{ij} \geq 0; M_{ij} = 0, \text{ если } \omega_i = 0. \quad (2)$$

Рынок дефицитного продукта управляется производителем, который распределяет продукт между заказчиками. Объем поставок каждому участнику не превосходит его заказа и зависит от возможностей производителя и заявок всех участников. Значения функции рационализации i -го продукта $d_i: R_+^{n+2} \rightarrow R_+^{n+1}$, которой руководствуется производитель i , показывают количества продукта i , поставляемые всем заказчикам. Функции d_i удовлетворяют экономически понятным требованиям

$$0 \leq d_{ij}(x_i, z_{i0}, \dots, z_{in}) \leq z_{ij} \forall i, j, \quad (3)$$

$$d_{ij}(x_i, z_{i0}, \dots, z_{in}) = z_{ij}, \text{ если } \omega_i = 0, \quad (4)$$

$$\sum_{j=0}^n d_{ij}(x_i, z_{i0}, \dots, z_{in}) = \begin{cases} x_i, & \text{если } \omega_i > 0, \\ z_i, & \text{если } \omega_i = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Функции рационализации определяют фактические поставки (обозначим их v_{ij}), задающие внешние ограничения на выбор участников. Всюду в дальнейшем будем считать, что рационализация заключается в распределении дефицитных продуктов между участниками, пропорциональном их заказам, т. е. $d_{ij} = \delta_i z_{ij}$, откуда

$$v_{ij} = \delta_i z_{ij} = z_{ij} \min\{1, x_i / \sum_{j=0}^n z_{ij}\}. \quad (6)$$

Из (5) следует, что поставки, или внешние ограничения, зависят от выбора участников. Они могут по-разному представлять себе связь поставок с их действиями. Основное внимание будет уделено случаю, когда участники полагают, что их действия не оказывают влияния на уровень дефицитности продукта, т. е. величина v_{ij} пропорциональна их заказам $v_{ij} = \delta_i(r_{ij} + M_{ij})$, $j \in \bar{N}$, $i \in N$, а уровень δ_i фиксирован при выборе оптимального поведения.

Если участники учитывают влияние своих заказов на дефицитность, то

$$v_{ij} = (r_{ij} + M_{ij}) \min \left\{ 1, \frac{x_i}{z_i(j) + r_{ij} + M_{ij}} \right\}, j \in \bar{N}, i \in N \quad (7)$$

где величины $z_i(i) = \sum_{k \neq j} z_{ik}$ и x_i рассматриваются

как фиксированные.

Заказ является единственной информацией о спросе, поступающей на рынок. Поэтому разумно предполагать, что поставки v_{ij} возрастают по аргументу z_{ij} и убывают по z_{ik} , что имеет место в (5). Соперничая друг с другом за поставки дефицитного товара, участники неограниченно наращивали бы свои заказы, если бы последние не влекли за собой издержек [4]. Рассмотрим следующую организацию процесса заказ-поставка-расчет. Прежде всего, этот процесс, так же как и фиксированные цены и рационированное равновесие, относится к понятиям краткосрочного анализа, например, к изучению функционирования экономики в течение одного года. Пусть одно и то же количество продукта z заказывается каждые T дней (или k раз в течение года). Заказ делается в начале, а поставка осуществляется в конце подпериода, через T дней, причем поставляется величина v , $v < z$. Величина поставки v зависит от z : уменьшение z вызвало бы сокращение v , т. е. выбор z учитывает наличие дефицита и обеспечивает его доступную компенсацию. Предположим далее, что некоторая доля заказа оплачивается в момент заказа, а оставшаяся – после его поставки. Тогда в начале первого периода T заказчик платит βpz , где p – цена заказываемого продукта; β – доля, оплачиваемая предварительно, $0 < \beta < 1$. В начале каждого следующего периода заказчик платит βpz за заказ и доплачивает за поставку $pv - \beta pz \geq 0$, т. е. всего pv . В последнем цикле заказ не делается, и плата составляет $pv - \beta pz$. Сравним режим платежей заказчика с вариантом, когда компенсационных заказов нет и $z = v$. Различие состоит в том, что в начале года он платит дополнительно $\beta p(z - v)$ и получает эту сумму обратно в конце года. Поскольку у участников всегда есть альтернативный вариант использования денег, например, положить их в банк и вернуть с процентами [6], вмененные издержки, порожденные компенсационным заказом, составят $p\beta p(z - v)$.

Теперь мы готовы сформулировать задачи участников. Производитель стремится максимизировать прибыль как разность между доходами от производства и его издержками, включающими вмененные, равные потерям от беспроцентного

кредитования поставщика, чем по сути является предварительная плата за нереализованные поставки. Отрасль j выбирает объем выпуска и величину заказа из решения задачи

$$p_j x_j - \sum_{i=1}^n p_i v_{ij} - w_j l_j - \rho \sum_{i=1}^n \beta_{ij} p_i M_{ij} \rightarrow \max \quad (8)$$

при внутренних

$$0 \leq x_j \leq \min \{x_j^m, F_j(l_j)\} \quad (9)$$

и внешних ограничениях

$$a_{ij} x_j \leq v_{ij} \quad \forall i, \text{ таких, что } \delta_i < 1, \quad (10)$$

$$x_j \leq z_j. \quad (11)$$

Здесь $\rho = (\rho_i)$ – вектор цен; x_j и M_{ij} – искомые объемы выпуска и компенсационных заказов; w_{ij} – заработная плата за единицу труда; l_j – объем труда, использованного отраслью; ρ – норма банковского процента; β_{ij} – доля заказа на продукт i , оплачиваемая отраслью j в предварительном порядке, $0 < \beta_{ij} \leq 1$, F_j – производственная функция (определяет не чистый, как обычно, а валовый выпуск) отрасли j ; x_j^m – верхняя граница выпуска, определяемая наличными производственными фондами.

Отметим, что второй член в (8), оценивающий материальные затраты, отражает тот факт, что все поставки (они не превосходят заказа), даже избыточные, оплачиваются. Последнее ограничение (11) исключает возможность перепроизводства неходового товара и гарантирует полную реализацию. Отметим, что внешние ограничения (10) и (11) удовлетворяют двум стандартным требованиям к моделям рационирования: никто не понуждается производить или потреблять больше, чем он желает, и рационирование только одна сторона каждого рынка. Назовем (8)–(11) задачей P_j .

Конечный потребитель, объединяющий домашние хозяйства, правительство и инвесторов, определяет свой действительный спрос $x_0 \in R_+^n$ и компенсационные заказы $M_0 = (M_{i0}) \in R_+^n$, решая задачу

$$u(x_0, m) \rightarrow \max \quad (12)$$

при условиях

$$\sum_{i=1}^n p_i (v_{i0} + \beta_{i0} M_{i0}) + m_0 = B_0, \\ m = m_0 (1 + \rho) + \sum_{i=1}^n p_i \beta_{i0} M_{i0}, \quad (13)$$

$$x_{i0} \geq 0, \quad x_{i0} \leq v_{i0} \quad \text{для } \forall i \text{ таких, что } \delta_i < 1.$$

Назовем (12), (13) задачей С. В С целевая функция (12) зависит от вектора потребления x_0 и денежной суммы m , передаваемой от бюджета B_0 текущего периода в бюджет следующего. Эта сумма складывается из двух частей: сберегаемой m_0 , которая может быть положена в банк под процент ρ и суммы $\sum p_i \beta_{i0} M_{i0}$, затраченной сверх необходимых платежей $\sum p_i v_{i0}$ на предварительную оплату доли (β_{i0}) заказов. Эта сумма выплачивается в начале и возвращается в конце цикла.

Назовем экономикой-1 совокупность участников, выбирающих свое поведение из решения задач P_j и С в случае, когда v_{ij} определяется условиями (6). Аналогично в экономике-2 v_{ij} определяется условиями (7).

Равновесием в экономике-1 называется тройка n -векторов выпуска x^* , потребления x_0^* и показателей дефицитности ω^* – такая, что x_j^* – решения задач P_j , x_0^* – решение С при $\delta^* = (1 + \omega^*)^{-1}$, а δ^* определяется (1).

Равновесием в экономике-2 называется пара векторов x^* и x_0^* и матрица $M^*(n \times (n+1))$ – такие, что $(x_j^*, M^*(j))$ – решения P_j при фиксированных $(x_k^*, M^*(k))$ для $k \in \bar{N} \setminus j, j \in N, (x_0^*, M^*(0))$ – решение С при фиксированных $(x_k^*, M^*(k)), k \in N$.

Понятие равновесия-2 нуждается в некотором уточнении. В (7) входят переменные двух видов: одни выбираются отраслью j , другие ее поставщиками. При решении задачи P_j последние фиксированы. Возникает вопрос, что такое поставка отрасли самой себе и фиксирована ли величина x_{jj} в числителе правой части выражения для v_{jj} . Будем рассматривать v_{jj} как поставки одними предприятиями отрасли другим ее предприятиям, что имеет место в действительности. При этом каждое предприятие влияет на суммарный спрос, формирующий v_{jj} , предложение же остается вне его воздействия. Поэтому будем считать, что величина x_j в формулах для v_{jj} фиксирована так же, как и x_k в выражениях для v_{kj} . Отсюда следует, что все v_{ij} являются дробно-линейными функциями x_j и M_{ij} .

Рассмотрим решения участников в экономике – 1. Из (6), (8) и (10), а также (12), (13)

следует, что оптимальные компенсационные заказы при заданных δ_i и произвольных x, x_0 удовлетворяют соотношениям

$$M_{ij} = a_{ij} x_j \omega_i, j \in N; M_{i0} = x_{i0} \omega_i, i \in N. \quad (14)$$

Положим $b_i(\omega) = \max\{0, p_j - \sum_{i=1}^n p_i a_{ij} (1 + \rho \beta_{ij} \omega_i)\}$ и обозначим через $x_j(\omega) = \arg \max(b_j(\omega)x - w_j \varphi_j(x))$, где φ_j – функция, обратная F_j , $\omega = (\omega_i) \in R_+^n$.

Пусть F_j определена в R_+^n , дважды дифференцируема, $F_j(0) = 0, F_j'(0) = \infty, F_j(\infty) = 0, F_j' < 0$. Тогда $x_j(\omega) = f_j(w_j^{-1} b_j(\omega))$, где f_j – функция, обратная φ_j' , где

$$\begin{aligned} x_j(\omega) &= \min\{x_j^1(\omega), z_j\}, \\ x_j^1(\omega) &= \min\{x_j^m(\omega), \tilde{x}_j\} \end{aligned} \quad (15)$$

является единственным решением задачи P_j .

Из (14) следует, что задачу С можно представить в виде

$$u(x_0, (1 + \rho)m_0 + \sum_{i=0}^n p_i \beta_{i0} x_{i0} \omega) \rightarrow \max \quad (16)$$

при условиях

$$\sum_{i=0}^n p_i (1 + \beta_{i0} \omega) x_{i0} + m_0 = B_0, x_0 \in R_+^n, m \geq 0.$$

Обозначим через $x_0(\omega), m_0(\omega)$ решение (16).

Пусть u строго вогнутая функция, ненасыщаемая хотя бы по одному аргументу. Решения отраслей и конечного потребителя порождают непрерывное отображение $\delta \Rightarrow \omega = (\delta_i^{-1} - 1) \Rightarrow x(\omega), x_0(\omega) \Rightarrow (\delta_i' = x_i(\omega) / z_i(\omega))$, переводящее компакт $\Delta = \{\delta \in R^n : 0 \leq \delta_i \leq 1 \forall i\}$ в себя. Здесь суммарный заказ $z_i(\omega) = (1 + \omega_i)(x_{i0}(\omega) + \sum a_{ij} x_j(\omega))$. Неподвижная точка этого отображения δ^* , существующая в силу теоремы Брауэра, определяет равновесие $(\omega^*, x_0(\omega^*), x(\omega^*))$. Однако это утверждение в столь общей форме мало полезно, поскольку всегда существует тривиальное равновесие $\delta^* = 0, x^* = x_0^* = 0, M^* = 0$. Нетривиальное равновесие существует не всегда.

Утверждение 1. Показатели дефицитности ω^* равновесны тогда и только тогда, когда

$$x_i(\omega^*) = x_{i0}(\omega^*) + \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j(\omega^*) \quad i \in N. \quad (17)$$

Рассмотрим отображение $T: R_+^n \rightarrow R_+^n$, заданное соотношениями $T_i(\omega) = (1 + \omega_i)(x_{i0}(\omega) + \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j(\omega)) \times x_{i0}(\omega)^{-1} - 1$.

Очевидно, неподвижная точка этого отображения является равновесной. Положим $\Omega(\omega) = \{\omega' \in R_+^n : \omega'_i \leq \omega_i \forall i\}$ для всех $\omega \in R_+^n : \Gamma(\omega) \{ \omega' \in \Omega(\omega) : \exists i \omega'_i = \omega_i \}$, т. е. Γ – северо-западная граница множества $\Omega(\omega)$.

Утверждение 2. Пусть существует $\omega^0 \in R_+^n$ такая, что 1) $b_j(\omega^0) > 0 \forall j \in N$, 2) $T(0) < \omega^0$; 3) функции $T_j(\lambda\omega) j \in N$ не возрастают по λ при $\Gamma(\alpha\omega^0)$ для $1 \leq \lambda \leq \alpha^{-1}$ и некоторого достаточно малого числа $\alpha > 0$. Тогда отображение T обладает неподвижной точкой ω^* , причем $0 \leq \omega^* \leq \omega^0$.

Для экономики-2 аналогично (14) получим из (7), что

$$M_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{если } z_i(j) + r_{ij} \leq x_i \\ r_{ij}(z_i(j) + r_{ij} - x_i) / (x_i - r_{ij}) & \text{в остальных случаях} \end{cases} \quad (18)$$

где $r_{ij} = a_{ij}x_j$ при $j \in N$, $r_{i0} = x_{i0}$, $i \in N$ остальные переменные, включая x_j , в выражениях для M_{ij} фиксированы. Так как все M_{ij} оказываются выпуклыми функциями r_{ij} , то субъекты экономики-2 решают задачи выпуклого программирования. Решения порождают отображение T^1 , переводящее точки $(x, M, x_0, M(0)) \in R_+^{n^2+3n}$ в выпуклые компактные подмножества этой четверти. Здесь $M = (M(j), j \in N)$. Отображение T^1 полунепрерывно сверху, поскольку множества планов задач P_j и C как отображения $(x, M, x_0, M(0))$ полунепрерывны снизу. В силу (9) и (13) T^1 переводит точки некоторого компакта в себя, и неподвижная точка, являющаяся равновесием-2, существует в силу теоремы Какутани. Как и в случае экономики-1, это равновесие может быть тривиальным.

Пример 1. Пусть $(x_0^*, m_0^*) \in \text{Arg max} \{u(x, m) : px + m = B\}$, $x^* = (E - A)^{-1}x_0^*$ и $x^* \leq x(0)$, $x_j(0) = \min\{x_j^*, x_j(0)\}$. Очевидно, x^*, x_0^* совместно с $\omega^* = 0 (M^* = 0)$ являются равновесием-1 (равновесием-2) соответственно.

Пример 2. Рассмотрим экономику-1 с $n=1$ и заданными $\beta_0 = \beta_1 = \beta$, B_0, p, w и удельными прямыми затратами a , $0 < a < 1$. Пусть также

$F(l) = kl^{0.5}$, $x^m = \infty$. В силу (15) получим $x^1(\omega) = 0, 5k^2pw^{-1}(1 - a(1 + p\beta\omega))$. Допустим, что $\partial u / \partial x_0 > 0$, $\partial u / \partial m_0 = 0$. Тогда $x_0(\omega) = B_0(p(1 + \beta\omega))^{-1}$. Обозначим через $\Phi(\omega) = x_0(\omega) - (1 - a)x^1(\omega)$ функцию избыточного спроса (при $\omega > 0$). Из утверждения 1 следует, что в равновесии выполняются соотношения $\omega \geq 0$, $\Phi(\omega) \leq 0$, $\omega\Phi(\omega) = 0$. Положим $\mu = 1 + \beta\omega$. Очевидно, $\Phi(\omega) = 0$ при

$$\mu = \left(1 - a + ap \pm \sqrt{(1 - a + ap)^2 - 4apG}\right) / 2ap,$$

где $G = \frac{2B_0w}{(1-a)k^2p^2}$, и только при этих μ .

Равновесия не существует, если $G > G_0 = (1 - a + ap)(4ap)^{-1}$. При этом $\Phi(\omega) > 0 \forall \omega \geq 0$, т. е. невозможно добиться равновесия без изменения параметров (например, цен или заработной платы) или использования другой схемы рационализации. Если $G \leq G_0$, то $\Phi(\omega) < 0$ при $\omega \in (\omega_1, \omega_2)$, где $\omega_i = \beta^{-1}(\mu_i - 1)$, μ_i – корни уравнения $\Phi(\omega) = 0, i = 1, 2$, и равновесие существует. Пусть $\mu_1 \leq \mu_2$. Если $\mu_1 \leq 1$, то $G < 1 - a$ и равновесие достигается при $\omega = 0, \Phi(0) \leq 0$. При $1 - a \geq ap$ выполняется $\mu_2 \geq 1$. Если $\mu_2 > \mu_1 > 1$, то имеются два состояния равновесия при различных показателях дефицитности. Рассмотрим процесс установления равновесия $\omega = \Phi(\omega)$, при котором дефицитность растет, если спрос избыточен, и наоборот. Равновесие ω_1 устойчиво относительно этого процесса, в чем можно убедиться с помощью функции Ляпунова $(\omega - \omega_1)^2$, производная которой в силу системы отрицательна для $\omega = \omega_1, 0 \leq \omega \leq \omega_2$. Заменяя в функции Ляпунова ω_1 на ω_2 , нетрудно убедиться, что равновесие ω_2 неустойчиво. Все возможные случаи расположения корней и области устойчивости легко представить графически, замечая, что $x(\omega)$ – отрезок прямой при $\omega \in [0, (1 - a) / ap\beta]$, $x_0(\omega)$ – кусок гиперболы. Всегда выполняется $\Phi((1 - a) / ap\beta) > 0$, т. е. $\omega_2 < (1 - a) / ap\beta$.

Опишем модель, по возможности сохраняющую структуру и обозначения, предложенные в [4]. Производитель находит объемы выпуска $x(\omega)$ и заказа из решения задачи

$$p(1 - a(1 + p\beta\omega))x - wl \rightarrow \max, \quad (19)$$

$$l = \varphi(x), x \leq z \text{ при } \omega = 0,$$

где $\varphi = F^{-1}$ – функция, обратная производственной; z – суммарный заказ производителя и

потребителей. Выражение (19) представляет собой задачу P_i в которой принято, что $x^m = \infty$, а для M_i использовано его оптимальное значение (14). Созданная в процессе производства прибыль $Q = p(1-a)x(\omega) - w\varphi(x(\omega))$ распределяется между потребителем и правительством. Доля γ , поступающая потребителю, наряду с заработной платой и прочими источниками формирует доходную часть его бюджета. Потребитель решает задачу

$$u(x_0, (1+p)m_0 + p\beta\omega x_0) \rightarrow \max \quad (20)$$

при условиях $px_0, (1+\beta\omega) + m_0 = B_0 \equiv \bar{m} + wl + \gamma Q - \tau, l \leq l_0(\frac{w}{p})$.

Очевидно, (20) совпадает с C в форме (16). Предложение труда определяется вне оптимизации и считается известной гладкой монотонной функцией l_0 реальной заработной платы. В дальнейшем будем, как правило, считать предложение неэластичным и равным константе l^0 . Величина τ – абсолютное значение налога в реальном выражении, который совокупность потребителей платит правительству. Деятельность последнего сводится к потреблению некоторой величины g , причем в случае сбалансированного бюджета $pg = \tau + (1-\gamma)Q$. Потребление правительства приоритетно и не подвержено влиянию дефицита. В соответствии с утверждением 1 в равновесии соблюдается баланс

$$(1-a)x(\omega) = x_0(\omega) + g. \quad (21)$$

В предположениях примера 2 относительно производственной функции F решение (19) единственно и

$$x(\omega) = \begin{cases} x^1(\omega) = \min\{F(l^0), f(p/w(1-a(1+p\beta\omega)))\} & \text{при } \omega > 0, \\ \min\{x^1(\omega), z\} & \text{при } \omega = 0. \end{cases} \quad (22)$$

Предположим также, что решение (20) единственно и дифференцируемо по параметрам. Существенную роль в дальнейшем играют знаки производных этого решения. Относительно этих знаков примем следующие предположения: 1) $\partial x_0 / \partial \omega \leq 0$, причем неравенство строгое, если $\omega > 0$, 2) $\partial x_0 / \partial p < 0$, 3) $\partial x_0 / \partial w > 0$, 4) $\partial x_0 / \partial \tau < 0$. Первое и второе предположения выполняются при правильной постановке задачи, поскольку рост уровня цен и дефицитности реально снижает потребление. Третье и четвертое предположение также естественны, причем четвертое непосредственно следует из $\partial x_0 / \partial B_0 > 0$. Третье же означает, что с ростом заработной платы доход потребителей растет несмотря на снижение выпуска.

Рассмотрим сначала случай, когда сбалансированность бюджета не является обязательным требованием [9].

При этом вальрасовское равновесие определяется балансами по продукту и по труду $\omega = 0, x_0(0) + g = (1-a)f(1-a)p/w = (1-a)F(l_0(w/p))$, где $x_0(0)$ – функция параметров p, w, τ, γ и других. Пусть в соответствии с примером x_0 убывает по p при фиксированных x и w/p . Тогда эти уравнения однозначно определяют равновесные p^0, w^0 . Рассмотрим теперь ситуацию, когда предложение продукта и труда избыточно. В этом случае компенсационные заказы отсутствуют, и анализ ничем не отличается от традиционного [8]. Такой режим функционирования экономики реализуется при выполнении неравенства

$$x_0(0) + g \leq (1-a) \min\{F(l_0(w/p)), f((1-a)p/w)\}.$$

Нетрудно убедиться, что это неравенство определяет область K на рисунке 1.

На луче $\Lambda = \{y \in R_+^2 : y = \lambda(p^0, w^0) \forall \lambda > 0\}$ выполняется $F(l_0(w/p)) = f((1-a)p/w) = \text{const}$, в выше его $f < F$. В силу предположения о знаках производных спрос x_0 падает вдоль луча. Поэтому граница K справа от равновесия достигается на $f((1-a)p/w)$ и лежит выше луча Λ . Слева от равновесия она достигается на $F(l_0(w/p))$ и лежит ниже луча Λ . Если $\gamma = 1$ и $l_0(w/p) = l^0$, то граница изображается вертикальным отрезком $[(p^0, 0), (p^0, w^0)]$. В общем случае она зависит от параметров и изображается отрезком кривой $(p^1, 0), (p^0, w^0)$. На границе Γ_k области K спрос на продукт сбалансирован с предложением, т. е. слева от нее продукт дефицитен и заказ производителя включает компенсационную часть. Левая часть первого квадранта подразделяется на две области: нижнюю, где дефицитны продукт и труд, и верхнюю, где только продукт дефицитен. В традиционном анализе [4] граница между ними, очевидно, проходит по лучу Λ .

Влияние дефицита на поставки промежуточных продуктов сокращает выпуск и спрос на труд и понижает границу между верхней и нижней областями. Сохраним за верхней областью ее обозначение C . Обозначим через Φ функцию избыточного спроса. В этой области он вычисляется как

$$\Phi(\omega) = x_0(\omega) + g - (1-a)f\left(\frac{p}{w}(1-a(p\beta\omega + 1))\right). \quad (23)$$

С помощью (23) установим характер зависимости показателей выпуска, потребления населения и занятости от макроэкономических регуляторов: правительственных расходов g , налогов $1-\gamma$ и τ , а также уровня цен p и заработной платы w . Интерес представляют эти зависимости в точках устойчивого равновесия ω^* , для которых $\Phi(\omega^*)=0$, $\Phi'(\omega^*)<0$. Из условия равновесия $\Phi(\omega)=0$ с помощью теоремы о производной неявной функции отыщем знаки производных показателей как функций регуляторов. Легко проверить, что из предположений о знаках производных спроса x_0 следуют неравенства $\partial\Phi/\partial g > 0$, $\partial\Phi/\partial\tau < 0$, $\partial\Phi/\partial\gamma > 0$, $\partial\Phi/\partial w > 0$, $\partial\Phi/\partial p < 0$. Поэтому равновесное ω^* растет с ростом g , w и убывает с ростом p , τ и $1-\gamma$ (при отсутствии требования сбалансированности бюджета).

Найденные зависимости не противоречат здравому смыслу: показатель дефицитности растет с ростом избыточного спроса, порожденного ростом заработной платы и правительственных расходов, и убывает с ростом цен, увеличивающих предложение и сокращающих спрос [5]. Последнее относится и к налогам. Сравним теперь влияние макроэкономических рычагов в области C в классическом анализе и в экономике с компенсационными заказами, когда производитель и потребители конкурируют друг с другом за поставки дефицитного ресурса. Рост правительственных расходов в классической экономике не оказывает влияния на производство, замещая потребление населения. В кейнсианском анализе (в режиме K) он стимулирует производство. В модели с компенсационными заказами рост правительственных расходов сокращает производство, национальный доход и занятость и вызывает еще большее сокращение потребления населения. Сказанное справедливо для вариаций g , не изменяющих режима C (или K) функционирования экономики. Если сокращение g приведет экономику из C в состояние, лежащее на границе K , то любое дальнейшее изменение g будет только сокращать национальный доход. Рост налогов и на потребителя, и на производителя действует в противоположном направлении. Уменьшая избыточный спрос, налоги улучшают условия снабжения производителей и влекут рост национального дохода и занятости. Заметим, что при этом растет и потребление населения за счет роста его доходов. Граница Γ_k смещается влево, ω^* уменьшается. Если при этом ω^* обращается в 0, то достигнут

«оптимальный» уровень налогов: любое их изменение при прочих равных условиях снижает национальный доход. Таким образом, соотношения цен и заработной платы, для которых выполняется баланс по продукту (т. е. $(p, w) \in \Gamma_k$), одновременно обеспечивают оптимальность государственных расходов и налогов с точки зрения занятости и национального дохода. Рост уровня заработной платы влечет такие же последствия, как и в классическом анализе, когда продукт дефицитен, а его производитель свободен от внешних ограничений, а именно снижения национального дохода, спроса на труд и занятости [7]. Надо только отметить, что рост дефицитности усиливает влияние роста уровня заработной платы в сравнении с классической ситуацией. Рост цен вызывает рост производства как вследствие роста его эффективности, так и из-за снижения дефицитности.

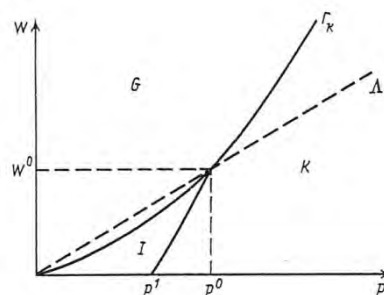


Рисунок 1. Геометрическое представление кривой K
Figure 1. The geometric representation of the curve K

Следуя изложенной схеме анализа, можно рассмотреть и случай, когда госбюджет должен быть сбалансирован в любом равновесном состоянии экономики. Если баланс бюджета достигается за счет выбора подходящего налога на прибыль, то $\gamma = 1 + (\tau - pg) / Q$.

В действительности нецелесообразность чрезмерного роста заказов объясняется не только вмененными затратами из-за предварительной их оплаты. Рост заказов порождает также увеличение запасов и издержек, связанных с их оплатой и обслуживанием. В нормально работающей экономике запасы создаются преднамеренно и служат для поддержания ритмичного производства в перерывах между поставками и при случайных сбоях графика поставок. Такого рода запасы увеличиваются в условиях дефицита. Однако нехватки и рационирование сами порождают запасы, возникающие вследствие некомплектности поставок. Правила рационирования при дефиците обычно неписаны, и пропорциональность поставок заказам, как и любая другая детерминированная функция рационирования, является лишь идеализацией

реальности [10]. Более точным было бы считать уровень удовлетворения заказов случайной величиной или некоторым неопределенным числом, лежащим в заданных пределах. Если поставки неопределенны, никакими заказами производитель не может добиться их комплектности. Некомплектность же снижает выпуск, и часть поставленных продуктов оседает у производителя в виде непредусмотренных и, вообще говоря, нежеланных запасов. Назовем их непланируемыми. Объем непланируемых запасов так же неопределен, как уровень удовлетворения заказа. Будем считать в дальнейшем, что их максимальная величина ограничена.

Сформулируем задачу производителя в экономике в условиях неопределенности. Пусть по-прежнему x_i – выпуск продукта i , z_i – суммарный заказ на поставки i . Тогда $\delta_i = x_i / z_i$ назовем базовым уровнем удовлетворения заявок, $\omega_i = \delta_i^{-1} - 1$, как и раньше, показатель дефицитности. Назовем также δ_i^f фактическим уровнем удовлетворения: заказов и $\omega_i^f = (\delta_i^f)^{-1} - 1$ – субъективным коэффициентом дефицитности. Можно по-разному задавать область неопределенности фактических уровней удовлетворения. Поскольку должны выполняться условия $0 < \delta_i^f \leq 1$ и $\delta_i = 1 \Rightarrow \delta_i^f = 1$, будем считать, что неопределенность субъективных дефицитностей тем больше, чем больше сама дефицитность, т. е. удовлетворяется условие $\omega_i^f \in [(1 - h_i)\omega_i, (1 + h_i)\omega_i]$, где $0 \leq h_i < 1$, $h = (h_i)$ – некоторый фиксированный вектор. Тогда $\delta_i^f \in [\delta_i^{\min}, \delta_i^{\max}]$, где $(\delta_i^{\min})^{-1} = \delta_i^{-1} + h_i\omega_i$, $(\delta_i^{\max})^{-1} = \delta_i^{-1} - h_i\omega_i$.

При неопределенности поставок величина выпуска также неопределенна, и производитель стремится максимизировать минимальный (гарантированный) выпуск, если его продукт дефицитен, или удовлетворить все заявки в противном случае. Полагая, как и раньше, что заказ производителя $z_{ij} = a_{ij}(x_j + M_{ij})$ получим из неравенств типа (10), (11), что минимальный гарантированный выпуск равен $x_j^1 = \min\{x_j^1, z_j^1\}$, если $\omega_j = 0$, где

$$x_j^1 = \min \left\{ x_j^m; \min_{i: a_{ij} > 0} \frac{M_{ij}}{\omega_i(1 + h_i)} \right\} \quad (24)$$

Чтобы выбрать величину компенсационного заказа M_{ij} , заметим, что наибольшее количество продукта i оседает в виде запаса у j в случае, когда поставка i осуществляется в максимальной пропорции $\delta_i^{\max}$, а фактический выпуск совпадает

с гарантированным (24). Тогда прирост запаса i – продукта $s_j = a_{ij}\delta_i^{\max}(M_{ij} - (1 - h_i)\omega_i x_j)$.

Подсчитаем прирост суммарной стоимости запасов, $s_j = \sum_{i=1}^n p_i s_{ij}$, пренебрегая для про-

стоты тем фактом, что хотя бы один продукт (лимитирующий) всегда используется полностью.

Если максимально допустимый прирост запасов ограничен, то

$$s_j = \sum_{i=1}^n m_{ij}\delta_i^{\max}(M_{ij} - (1 - h_i)\omega_i x_j) \leq B_j, \quad (25)$$

где $m_{ij} = p_i a_{ij}$ – удельные затраты на продукт i ; B_j – граница допустимого прироста. Производитель выбирает величину компенсационных заказов M_{ij} , решая задачу

$$\min_{i: a_{ij} > 0} \frac{M_{ij}}{\omega_i(1 + h_i)} \rightarrow \max \quad (26)$$

при условии (25).

Очевидно, максимум в (26) достигается, когда выражения $M_{ij} / (1 + h_i)\omega_i$ не зависят от i . Положим $M_{ij} = (1 + h_i)\omega_i k_j$. Тогда $x_j^1 = \min\{x_j^m, k_j\}$ в силу (24), т. е. $x_j \leq k_j$. Поскольку (21) определяет гарантированный выпуск, минимизируя максимальный прирост запасов, заметим, что избыток заказов $k_j > x_j$ нецелесообразен, т. е. $k_j = x_j$. Из (26) следует, что $k_j \leq B_j(2h \sum_{i=1}^n m_{ij}\omega_i(1 + (1 - h_i)\omega_i)^{-1})^{-1}$. Таким образом, оптимальный выбор производителя задается соотношениями $x_j^1(\omega) = \min\{x_j^1(\omega), z_j^1\}$,

где

$$x_j^1(\omega) = \min \left\{ x_j^m, \frac{B_j}{2 \sum_{i=1}^n m_{ij} \frac{\omega_i h_i}{1 + (1 - h_i)\omega_i}} \right\} \quad (27)$$

$$M_{ij}(\omega) = (1 + h_i)\omega_i x_j(\omega).$$

Дефицит порождает также непланируемые запасы у потребителей. Например, существующая система «заказов» часто навязывает ненужные покупателям товары. Однако очень трудно оценить, какая часть излишних продуктов замешает в потреблении нехватку других, а какая откладывается впрок, образуя запас. В общем случае обозначим через $y(\omega) \in R_+^n$ вектор заказов конечного потребителя. Пусть, как и раньше, $x_0(\omega)$ – вектор конечного потребления.

Утверждение 3. Тройка $\omega^* \in R_+^n, x(\omega^*) = (x_j(\omega^*)) \in R_+^n$ и $x_0(\omega^*)$ образует равновесие тогда и только тогда, когда ω^* – решение системы

$$x_i = x_{i0} + \frac{1 + (1 + h_i)\omega_i}{1 + \omega_i} \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j, \quad (28)$$

$$x_{i0} = \frac{y_i(\omega)}{1 + \omega_i}, \quad x_i = x_i(\omega), \quad \omega_i \geq 0, \quad i \in N.$$

Для доказательства достаточно заметить, что выражения для x_i и x_{i0} непосредственно следуют из определения базового δ , компенсирующего спроса и суммарного заказа.

Предположим, что фактический спрос x_0 как функция показателей дефицитности ω непрерывен и обладает свойством валовой заменимости

$$x_{i0}(\omega') \geq x_{i0}(\omega) \text{ при } \omega' = \omega + \alpha e^j, \quad \alpha > 0, \forall j \neq i, \quad \forall i \quad (29)$$

В (29) e^j – орт j в R^n

Утверждение 4. Пусть выполняется (29) и существует вектор $\bar{\omega} > 0$, такой, что

$$x_i^1(0) < x_{i0}(0) + \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j^1(\bar{\omega}) \forall i, \quad (30)$$

$$x_i^1(\bar{\omega}) > x_{i0}(\bar{\omega}) + \frac{1 + (1 + h_i)\bar{\omega}}{1 + \bar{\omega}} \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j^m \forall i \quad (31)$$

Тогда равновесие (27), (28) существует, причем $0 \leq \omega^* \leq \bar{\omega}$.

Требования, гарантирующие существование равновесия, могут быть сформулированы по-другому. Пусть $H(\omega) = (h_{ij}(\omega))$ – диагональная матрица с диагональными элементами $h_{ii}(\omega) = (1 + (1 + h_i)\omega_i) / (1 + \omega_i)$, остальные $h_{ij} = 0$. Очевидно, $0 \leq h_{ij} < 1 + h_i$. Предположим, что матрица $AH(\omega)$ продуктивна $\forall \omega \geq 0$.

Утверждение 5. Пусть функция $(E - H(\omega)A)^{-1}x_0(\omega)$ обладает свойством валовой заменимости, существует $\bar{\omega} > 0$ такое, что $x^1(0) \leq (E - H(0)A)^{-1}x_0(\omega)$, $x^1(\omega) \geq (E - H(\bar{\omega})A)^{-1}x_0(\bar{\omega})$.

Тогда равновесие существует.

Это утверждение непосредственно следует из (12).

Заключение

Модель экономики с некомплектными поставками и образованием непланируемых запасов, так же как и модель с предварительной оплатой заказов, может использоваться для анализа воздействия макроэкономических регуляторов на функционирование народного хозяйства. Модель (27), (28) удобнее для практических расчетов, поскольку включает $2n$ неизвестных параметра сферы производства $h = (h_i)$ и $B = (B_i), i, j \in N$, которые могут верифицироваться по наблюдаемым данным.

Из (28) следует, что величина $h_i \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j$ может рассматриваться как прирост запасов продукта i у всех участников – величина, фиксируемая в межотраслевом балансе. Если известна функция предъявляемого спроса $y(\omega)$ и фактическое потребление, то уравнения (28) позволяют определить ω и B . Предложенные методы и модели получили хорошую практическую апробацию и могут быть использованы не только для теоретического использования, но и для минимизации временных затрат при практической оценке экономической ситуации на предприятиях с учетом особенностей современного состояния рынка.

Литература

- 1 van Huellen S., Qin D., Lu S., Wang H. et al. Modelling Opportunity Cost Effects in Money Demand due to Openness. 2019.
- 2 Gozgor G., Ongan S. Economic policy uncertainty and tourism demand: Empirical evidence from the USA // International Journal of Tourism Research. 2017. V. 19. № 1. P. 99–106.
- 3 Лапшина М.Л. Аналоговые решения обратных задач моделирования линейных экономических систем // Системы управления и информационные технологии. 2003. № 1–2 (12). С. 23–25.
- 4 Нельсон Р., Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений. М.: Финстатинформ, 2000. 98 с.
- 5 Современный экономический словарь. М.: Инфра-М., 2017. 508 с.
- 6 Na N. Mathematical economics. Springer, 2016.
- 7 Blecker R. A., Setterfield M. Heterodox macroeconomics: models of demand, distribution and growth. Edward Elgar Publishing, 2019.
- 8 Лукина О.О. Смена парадигмы управления инновационной деятельностью в условиях трансформации экономики // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4 (70). С. 345–349.
- 9 Клейнер Г.Б. К методологии моделирования принятия решений экономическими агентами // Экономика и математические методы. 2003. Т. 39. № 2. С. 167–182.
- 10 Сумин В.И., Никитин А.Е., Смоленцева Т.Е. Оптимизация состава обеспечивающей информации для выработки управляющих воздействий // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. С. 194

References

- 1 van Huellen S., Qin D., Lu S., Wang H. et al. Modelling Opportunity Cost Effects in Money Demand due to Openness. 2019.
- 2 Gozgor G., Ongan S. Economic policy uncertainty and tourism demand: Empirical evidence from the USA. International Journal of Tourism Research. 2017. vol. 19. no. 1. pp. 99–106.
- 3 Lapshina M.L. Analog solutions of inverse problems of modeling linear economic systems. Control Systems and Information Technology. 2003. no. 1–2 (12). pp. 23–25. (in Russian).
- 4 Nelson R., Winter S. The evolutionary theory of economic change. Moscow, Finstatinform, 2000. 98 p. (in Russian).
- 5 Modern economic dictionary. Moscow, Infra-M., 2017. 508 p. (in Russian).
- 6 Na N. Mathematical economics. Springer, 2016.
- 7 Blecker R. A., Setterfield M. Heterodox macroeconomics: models of demand, distribution and growth. Edward Elgar Publishing, 2019.
- 8 Lukina O.O. A paradigm shift in the management of innovation in the conditions of economic transformation. Proceedings of VSUET. 2016. no. 4 (70). pp. 345–349. (in Russian).
- 9 Kleiner G.B. To the methodology of decision-making modeling by economic agents. Economics and mathematical methods. 2003. vol. 39. no. 2. pp. 167–182. (in Russian).
- 10 Sumin V.I., Nikitin A.E., Smolentseva T.E. Optimization of the composition of the supporting information for the development of control actions. Modern problems of science and education. 2015. no. 2. pp. 194. (in Russian).

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, Россия, lapshin_vrn@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5412-3434>

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>

Dmitriy D. Lapshin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, mathematics, information systems and technologies department, GUMRF named after Admiral S.O. Makarova, Leninsky Prospect, 174L, Voronezh, 394033, Russia, lapshin_vrn@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5412-3434>

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 31/01/2020	После редакции 11/02/2020	Принята в печать 19/02/2020
Received 31/01/2020	Accepted in revised 11/02/2020	Accepted 19/02/2020

Механизм повышения эффективности и качества государственных услуг

Дарья В. Ткаченко¹ dv.nauk@yandex.ru  0000-0003-2480-6300

¹ Институт экономики и управления «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», ул. Севастопольская, 21/4, г. Симферополь, 295013, Россия

Аннотация. В настоящей статье рассмотрен один из механизмов повышения качества предоставления государственных услуг, как развитие персонала данной сферы. Поиск решения проблемы развития кадрового потенциала сферы государственных услуг необходим для того, чтобы добиться высокого уровня удовлетворенности населения качеством государственных услуг. Для исследуемой сферы государственных услуг в настоящей работе приведен порядок действий, направленных на подготовку матрицы развивающих действий для развития компетенций кадрового потенциала, в частности выделены десять наиболее значимых для успешности результата работы сотрудника компетенции. Определены факторы, наиболее мотивирующие сотрудников работать в организации с полной отдачей и стремиться к самосовершенствованию. Выделены те методы развития компетенций персонала, наиболее применимы для персонала в исследуемой сфере, а также представлены преимущества и ограничения использования конкретного метода. Итогом настоящей работы стало непосредственно составление матрицы развивающих действий для развития компетенций кадрового потенциала. Действие матрицы направлено на построение эффективного процесса развития компетенций персонала. В матрице приведены конкретные действия и мероприятия, направленные на развитие компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг. Представлены выгоды, которое может получить сотрудник, следуя рекомендациям, представленным в матрице развивающих действий для развития компетенций кадрового потенциала. Подготовлены выводы о пользе применения мероприятий по развитию персонала для руководителей организаций, так как от этого зависит имидж организации, микроклимат в организации, возможности достижения поставленных перед организацией целей, сохранение высокоэффективных сотрудников, эффективность политики в сфере развития ресурсного потенциала сферы государственных услуг.

Ключевые слова: государственные услуги, компетенции персонала, методы развития компетенций персонала, программа профессионального развития, матрица развивающих действий

Mechanism for improving the efficiency and quality of public services

Daria V. Tkachenko¹ dv.nauk@yandex.ru  0000-0003-2480-6300

¹ Institute of Economics and Management of the "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", Sevastopolskaya str. 21/4 Simferopol, 295013, Russia

Abstract. This article discusses one of the mechanisms for improving the quality of public services, such as the development of personnel in this area. The search for a solution to the problem of developing the human resources potential of the public services sector is necessary in order to achieve a high level of public satisfaction with the quality of public services. For the studied sphere of public services, this paper describes the procedure for preparing a matrix of developmental actions for the development of human resources competencies. In particular, the ten most important competencies for the success of the employee's work are identified. The factors that most motivate employees to work in the organization with full dedication and strive for self-improvement are identified. The methods of developing staff competencies that are most applicable to staff in the field under study are highlighted, and the advantages and limitations of using a specific method are presented. The result of this work was directly drawing up a matrix of developmental actions for the development of human resources competencies. The action of the matrix is aimed at building an effective process of developing staff competencies. The matrix contains specific actions and activities aimed at developing the competencies of the personnel potential of the public services sector. The benefits that an employee can get by following the recommendations presented in the matrix of developing actions for the development of human resources competencies are presented. Conclusions about the usefulness of measures for personnel development for managers of organizations, as it affects the image of the organization, the microclimate in the organization, ability to achieve the goals of the enterprise, maintaining a highly efficient employees, the efficiency of the policy in the sphere of development of the resource potential of the public services.

Keywords: public services, staff competencies, methods for developing staff competencies, professional development program, matrix of developing actions

Для цитирования

Ткаченко Д.В. Механизм повышения эффективности и качества государственных услуг // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 380–388. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-380-388

For citation

Tkachenko D.V. Mechanism for improving the efficiency and quality of public services. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 380–388. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-380-388

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

Введение

В настоящей статье рассматривается вопрос механизма повышения качества государственных услуг в части развития компетенций сотрудников, оказывающих государственные услуги, организаций. Целью исследования является установление причинно-следственных связей удовлетворенности потребителей государственных услуг и развитием компетенций сотрудников, оказывающих государственные услуги, организаций. Проблема повышения эффективности и качества государственных услуг в настоящей работе рассматривается на примере Главного управления Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по Республике Крым и Федерального казённого учреждения «Центр государственной инспекции по маломерным судам Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по Республике Крым» (далее – Главное управление МЧС России по Республике Крым и ФКУ «Центр ГИМС МЧС России по Республике Крым» соответственно).

При проведении настоящего исследования ставились следующие задачи:

1. Выделить наиболее важные компетенции сотрудников, оказывающих наибольшее влияние на оказание ими государственных услуг на высоком профессиональном уровне.
2. Определить, какие методы развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг являются применимыми для исследуемых организаций.
3. Подготовить матрицу развивающих действий для развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг.
4. Представить выводы о значимости проведения подобных мероприятий.

Материалы и методы

При выполнении настоящего исследования применялись такие методы экономического исследования, как: наблюдение, сбор информации, анализа и синтеза, индукция и дедукция.

Результаты

Обеспечить повышение эффективности и качества государственных услуг можно только

с измененным сознанием и новыми профессиональными качествами. Учитывая, что именно такой ресурс как персонал обеспечивает воплощение реформ, достижение требуемых показателей, то именно профессиональная эффективность персонала имеет важное значение для сферы государственных услуг на современном этапе. К тому же сфера государственных услуг ежегодно расширяется. Поэтому вполне объяснимо, что на первый план выдвинулась проблема развития кадрового потенциала сферы государственных услуг, решение которой позволит добиться высокого уровня удовлетворенности населения качеством государственных услуг [1, 2, 9].

Для того чтобы помочь исследуемым организациям эффективно выстроить процесс развития кадрового потенциала сферы государственных услуг в части их компетенций, предлагается матрица развивающих действий для развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг (далее – матрица) [3, 4].

Действие матрицы направленно на работу с кадрового потенциала сферы государственных услуг. В документе представлены способы развития компетенций персонала сферы государственных услуг [5–7, 10].

Следование предложениям, приведенным в матрице, позволит работнику сферы государственных услуг:

- понять свои потенциальность и ограничения;
- определить цели и курс персонального развития;
- составить программу персонального развития с описанием области саморазвития и работы над собой, сроков выполнения программы, очередность развивающих действий;
- повысить личную профессиональную эффективность.

Работа по подготовке матрицы начинается с определения наиболее значимых и имеющих наибольшее влияние на успешность результата работы сотрудника сферы государственных услуг компетенции. Для этого были привлечены непосредственные руководители оказывающих государственные услуги специалистов. Для сравнения компетенций использовался метод сравнительного шкалирования [8].

Ранжирование компетенций сотрудников, оказывающих государственные услуги, по степени важности представлено на рисунке 1.

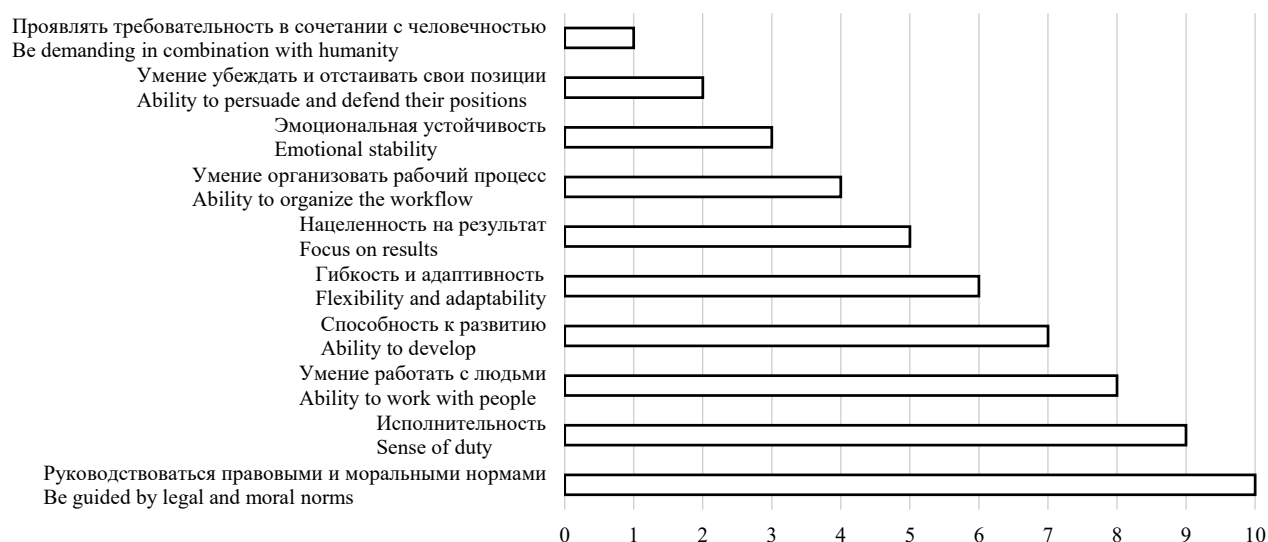


Рисунок 1. Ранжирование компетенций сотрудников, оказывающих государственные услуги, по степени важности
Figure 1. Ranking the competencies of employees who provide public services by degree of importance

Таким образом, рекомендации о способах развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг в исследуемых организациях сгруппированы в соответствии десяти компетенциям: руководствоваться правовыми и моральными нормами, исполнительность, умение работать с людьми, способность к развитию, гибкость и адаптивность, нацеленность на результат, умение организовать рабочий процесс, эмоциональная устойчивость, умение убеждать и отстаивать свои позиции, проявлять требовательность в сочетании с человечностью.

Вторым этапом работы по подготовке матрицы является определение методов развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг (таблица 1).

Следующий – третий этап – составление матрицы развивающих действий для развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг. Для ее составления также были вовлечены руководители подразделений в развитие своих сотрудников.

Матрица представляет собой таблицу, в которой по горизонтали располагаются методы развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг, а по вертикали название компетенций, которые нужно развивать, на пересечении граф – перечень мероприятий и непосредственных развивающих действий для развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг.

Матрица развивающих действий для развития компетенций кадрового потенциала работников сферы государственных услуг Главного управления МЧС России по Республике Крым и ФКУ «Центр ГИМС МЧС России по Республике Крым» представлена в таблице 2.

Для того, чтобы процесс развития сопровождался успехом, следует точно определить желаемые цели. Для этого необходимо создать программу персонального развития работника, где будут установлены и описаны развивающие действия.

Таким образом, представленная матрица развивающих действий для развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг Главного управления МЧС России по Республике Крым и ФКУ «Центр ГИМС МЧС России по Республике Крым» станет основой для разработки программы персонального развития их работников.

Программа персонального развития работника дает сотруднику четкое понимание своих карьерных возможностей, а также является хорошей мотивацией для наращивания персональных профессиональных качеств.

Для организаций значимость подобных мероприятий заключается в том, что, благодаря им формируется эффективный коллектив, работа которого определено с положительной точки зрения охарактеризует организацию.

Матрица имеет большое значение и для руководителей организаций, а именно это дает им:

- Выбрать собственный стиль управления.
- Создать благоприятный микроклимат в организации.
- Определить способы достижения целей организации.
- Обеспечить сохранение сотрудников, обладающих большим потенциалом.
- Определить эффективную политику в сфере развития ресурсного потенциала работников сферы государственных услуг.

Таблица 1.

Методы развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг

Table 1.

Methods of developing competencies of the personnel potential of the public services sector

Метод развития компетенций персонала Method for developing staff competencies	Преимущества Advantages	Ограничения Limitations
Самообразование Self-education	Процесс образования проходит в удобное время. Позволяет глубоко проработать изученный материал. Allows you to study the studied material in depth.	Нехватка свободного от работы времени для самостоятельного обучения. Не всегда понятно, как изученный материал можно применить в реальной ситуации. Lack of free time from work for self-study. It is not always clear how the studied material can be applied in a real situation.
Развитие на рабочем месте – конкретные задания из ежедневной работы, которые способствуют развитию конкретной компетенции Development in the workplace – specific tasks from daily work that contribute to the development of a specific competence	Дает возможность закрепить самостоятельно изученный материал. Позволяет применять и прорабатывать приобретенные теоретические знания в реальных рабочих ситуациях. Наблюдается повышение эффективности выполняемой работы. It makes it possible to fix the independently studied material. Allows you to apply and work through the acquired theoretical knowledge in real working situations. There is an increase in the efficiency of the work performed.	Не имеет эффективности без предварительной теоретической подготовки. Применение и отработку приобретенных знаний следует проводить под наблюдением, во избежание ошибок и превышения служебных полномочий. It is not effective without prior theoretical training. The application and development of the acquired knowledge should be carried out under supervision, in order to avoid mistakes and abuse of authority.
Получение обратной связи – обсуждение с коллегами, подчиненными, руководителем своей работы с точки зрения определенной компетенции; развитие Getting feedback-discussion with colleagues, subordinates, and the Manager of their work from the point of view of a certain competence; development with the involvement of a mentor	Позволяет корректировать процесс применения и проработки теоретических знаний в работе. Allows you to adjust the process of applying and developing theoretical knowledge in the work.	Возможная нетоварность к критике. Отсутствие компетентных наставников. Possible unpreparedness for criticism. Lack of competent mentors.
Тренинги и семинары – краткосрочное интенсивное обучение по выбранной для развития компетенции, в том числе в дистанционном формате Trainings and seminars – short-term intensive training in the chosen competence, including distance learning	Представляется возможность приобрести базовые знания и навыки по интересующему направлению. Дает возможность получить консультацию у экспертов интересующей сферы деятельности. Позволяет отработать поведение в возможной рабочей ситуации. Помогает систематизировать и углубить уже имеющиеся знания и навыки. It is possible to acquire basic knowledge and skills in the field of interest. Provides an opportunity to get advice from experts in the field of interest. Allows you to work out the behavior in a possible work situation. It helps to systematize and deepen existing knowledge and skills.	Нет возможности отработать поведение в реальной рабочей ситуации, которая отличается от моделируемой сложностью и непредсказуемостью. It is not possible to work out the behavior in a real working situation, which differs from the simulated complexity and unpredictability.
Обучение на опыте других – наблюдение за человеком, у которого данная компетенция развита высоко; совместное обсуждение с ним его опыта Learning from the experience of others – observing a person who has this competence is highly developed; sharing their experience with them	Возможность получить информацию об используемых конкретных практических приемах. Позволяет осваивать модели успешного поведения, наблюдая за поведением людей, обладающих высоким уровнем развития компетенций. Дает возможность консультироваться с более опытными коллегами о наилучших способах выполнения работы. Ability to get information about specific practical techniques used. It allows you to master successful behavior models by observing the behavior of people with a high level of competence development. Allows you to consult with more experienced colleagues about the best ways to do the job.	Не всегда имеются опытные работники, отличающиеся образцовым профессиональными компетенциями по интересующему направлению. Не всегда опытные коллеги готовы делиться собственными навыками и знаниями, приводящими их к успеху. There are not always experienced employees with exemplary professional competence in the field of interest. Experienced colleagues are not always ready to share their own skills and knowledge that led them to success.
Специальные развивающие задания или проекты – участие в проекте или временное назначение на должность, требующие более высокого уровня развития данной компетенции; делегирование полномочий Special development tasks or projects – participation in a project or temporary appointment to a position that requires a higher level of development of this competence; delegation of authority	Предоставляет возможность отработки на практике приобретенных теоретических знаний, навыков и поведения тогда, когда в осуществляемой профессиональной деятельности для этого нет подходящих условий. It provides an opportunity to practice the acquired theoretical knowledge, skills and behavior when there are no suitable conditions for this in the current professional activity.	Применяется в несложных проектах с высокой значимостью во избежание риска ошибок. Не все знания приобретенные теоретически знания, навыки и умения могут быть проработаны в силу редкости предоставляемых для участия проектов. It is used in simple projects with high significance to avoid the risk of errors. Not all knowledge acquired theoretical knowledge, skills and abilities can be developed due to the rarity of projects submitted for participation.

Таблица 2.
Матрица развивающих действий для развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг Главного управления МЧС России по Республике Крым и ФКУ «Центр ГИМС МЧС России по Республике Крым»

Table 2.
Matrix of developing actions for the development of competencies of the personnel potential of the public services sector of the Main Directorate of the Ministry of emergency situations of the Russian Federation for Republic of Crimea and the "Center of state Inspectorate for small vessels Ministry of emergency situations of the Russian Federation in the Republic of Crimea"

Методы развития компетенций персонала Methods of developing staff competencies						
Компетенции, которые необходимо развивать Competencies that need to be developed	1	2	3	4	5	6
Специальные развивающие задания или проекты; временное назначение на должность; делегирование полномочий Special development tasks or projects; temporary appointment to a position; delegation of authority						
Обучение на опыте других Learning from the experience of others						
Тренинги и семинары Trainings and seminars						
Получение обратной связи Getting feedback						
Развитие на рабочем месте Development in the workplace						
Самобразование Self-education						
Изучение, повторное прочтение, отслеживание изменений нормативно-правовой базы РФ, привитие моральных принципов Studying, re-reading, tracking changes in the legal framework of the Russian Federation, instilling moral principles						
Руководствоваться правовыми и моральными нормами Be guided by legal and moral norms						
Объяснение правовых, нравственных норм опытными и авторитетными работниками Explanation of legal and moral norms by experienced and authoritative employees						
Обсуждение с коллегами стилей поведения, которых следует придерживаться в различных ситуациях профессиональной деятельности Discussion with colleagues of behavioral styles that should be followed in various professional situations						
Обучающий курс: «Моральные и этические нормы в современном обществе»; познавательско-правовая игра «Мораль и право» Training course: «Moral and ethical norms in modern society»; educational and legal game «morality and law»						
Наблюдение за опытными коллегами, поведение которых дает представления об этических нормах в профессиональной деятельности Observation of experienced colleagues whose behavior gives an idea of ethical standards in their professional activities						
Привлечение к выполнению проектов, затрагивающих права населения и юридических лиц Involvement in the implementation of projects that affect the rights of the population and legal entities						
Руководителям следует предоставлять работникам возможность проявлять инициативу, развиваться и принимать свое собственное решение Managers should give employees the opportunity to take initiative, develop, and make their own decisions						
Наблюдение за опытными высокоэффективными коллегами The observation of highly experienced colleagues						
Тренинги и семинары по психологии, командному духу Trainings and seminars on psychology and team spirit						
Представление результатов своей работы Presentation of the results of your work						
Выполнение определенных должностных обязанностей The performance of certain official duties						
Умение излагать мысли в письменном виде; развивать умение говорить; управлять собственным временем; развитие критического мышления; развитие эмоционального интеллекта Ability to Express thoughts in writing; develop the ability to speak; manage your own time; develop critical thinking; develop emotional intelligence						
Самодисциплина: качественный и своевременный прием пищи; ведение дневника дел; самоограничение; создание новых привычек; создание распорядка дня Self-discipline; quality and timely food intake; keeping a diary of things to do; self-restraint; creating new habits; creating a daily routine						
Исполнительность Sense of duty						
Умение работать с людьми Ability to work with people						

Продолжение таблицы 2 | Continuation of table 2

1	2	3	4	5	6	7
Способность к развитию Ability to develop	Осваивать новые знания и навыки, использовать их на практике Learn new knowledge and skills and use them in practice	Применять новые знания и навыки в ежедневной профессиональной деятельности Apply new knowledge and skills in daily professional activities	Спрашивать у коллег насколько используются полученные знания и навыки в профессиональной деятельности; как оценивают окружающие темпы развития работника Ask colleagues how much the acquired knowledge and skills are used in professional activities; how the surrounding rate of development of the employee is evaluated	Тренинги и семинары по вопросам саморазвития Trainings and seminars on self-development	Обсуждение с опытными коллегами методов их развития Discussion of methods of their development with experienced colleagues	Участие в проекте, участие в котором вызывает наибольшее внутреннее сопротивление Participation in the project that causes the most internal resistance
Гибкость и адаптивность Flexibility and adaptability	Регулярное освоение новых знаний и навыков; нарабатывать опыт успешных внешних и внутренних нововведений; оценивание чужих идей; усилить любопытство Regular development of new knowledge and skills; gain experience of successful external and internal innovations; evaluate other people's ideas; increase curiosity	При выполнении обязанностей использовать профессиональный опыт и критическое мышление, не бояться дефицита информации, советоваться с коллегами When performing duties, use professional experience and critical thinking, do not be afraid of a lack of information, consult with colleagues	Обсуждение с коллегами насколько удаётся работнику справиться с исполнением своих обязанностей в условиях дефицита информации Discussion with colleagues how well the employee can cope with the performance of their duties in the context of a lack of information	Семинары и тренинги по управлению развитием работников Seminars and trainings on employee development management	Обсуждение с опытными коллегами своего профессионального поведения и принятие ее для саморазвития; принятие альтернативных мнений Discussing your professional behavior with experienced colleagues and accepting it for self-development; accepting alternative opinions	Участие в проектах, позволяющих освоить новые знания и навыки; готовность участвовать в профессиональных экспериментах Participation in projects that allow you to master new knowledge and skills; readiness to participate in professional experiments
Нацеленность на результат Focus on results	Самодисциплина; изучение литературы по достижению высоких результатов Self-discipline; study of literature on achieving high results	Искать способы улучшения результата; устроить в своем подразделении соревнования по достижению определенных показателей, согласованных с планами, целями подразделения. использовать само мотивирование Search for ways to improve results; organize a competition in your division to achieve certain indicators that are consistent with the plans and goals of the division. use self-motivation	Обсуждение с опытными коллегами адекватности поставленных целей, методов достижения целей, поведенческие реакции в процессе достижения целей Discussion with experienced colleagues about the adequacy of goals, methods of achieving goals, behavioral responses in the process of achieving goals	Тренинги и семинары по вопросам личной эффективности, мотивации на достижение результатов Trainings and seminars on personal effectiveness, motivation to achieve results	Обсуждение с опытными коллегами методы достижения целей, способы эмоционального самоконтроля Discussion with experienced colleagues methods of achieving goals, methods of emotional self-control	Принять участие в трудноразрешимой проблеме, предложив свое видение ее решения и обеспечить решение проблемы Take part in a difficult problem, offering your vision of its solution and provide a solution to the problem
Умение организовывать рабочий процесс Ability to organize the workflow	Чтение книг по тайм-менеджменту, вопросам организации работы Reading books on time management and organization of work	Регулярный просмотр зоны ответственности по проекту, что позволит работнику организовывать свое время и работу по нагрузке Regular review of the project area of responsibility, which will allow the employee to organize their time and workload	Получив задачу от руководителя, уточнять критерии конечного результата, сроки выполнения поручения, точки контроля и имеющиеся ресурсы; обеспечить полное взаимопонимание с руководителем After receiving the task from the Manager, specify the criteria for the final result, deadlines for completing the order, control points and available resources; ensure full understanding with the Manager	Семинары и тренинги по тайм-менеджменту, вопросам организации работы Seminars and trainings on time management and organization of work	Узнать, что помогает опытному коллеге эффективно распределять свое время, расставлять приоритеты, планировать. Какие приемы и методы помогают ему выстроить свою деятельность максимально эффективно Find out what helps an experienced colleague effectively allocate their time, prioritize, and plan. What techniques and methods help them build their activities as effectively as possible	Участие в работе команды, разрабатываемой проектом / задачей, выходящие за пределы зоны ответственности Participation in the work of a team developing a project / task that goes beyond the area of responsibility

Продолжение таблицы 2 | Continuation of table 2

1	2	3	4	5	6	7
Эмоциональная устойчивость Emotional stability	Учеба всю жизнь для поддержания ума в тонусе; поддержание своего психологического и физического здоровья; Study all your life to keep your mind in shape; maintain your psychological and physical health; humor	Выполнять работу «смотря страху в глаза» Do the job «looking fear in the eye»	Обсуждение с коллегами о правильности и адекватности реакции на происходящие процессы в процессе профессиональной деятельности Discussion with colleagues about the correctness and adequacy of the response to ongoing processes in the course of professional activity	Семинары и тренинги по конфликтологии, психологическому здоровью, уверенности в себе Seminars and trainings on conflictology, psychological health, self-confidence	Наблюдение за опытными коллегами за их способностью работать в условиях эмоционального напряжения, их способность справляться со стрессовыми ситуациями, контролировать свои эмоции Monitoring experienced colleagues for their ability to work under emotional stress, their ability to cope with stressful situations, and control their emotions	Участие в проектах, требующих коммуникации с большим количеством специалистов Participation in projects that require communication with a large number of specialists
Умение убеждать и отстаивать свои позиции Ability to persuade and defend their positions	Книги по искусству общения и психологии; развитие аналитических навыков Books on the art of communication and psychology; development of analytical skills	Вести разговоры с потребителями и коллегами в конструктивном и доброжелательном русле, уметь признавать ошибки, применять приемы убеждения; проявлять решительность в решении поставленных задач Conduct conversations with consumers and colleagues in a constructive and friendly way, be able to recognize mistakes, apply persuasion techniques; show determination in solving tasks	Обсуждать с коллегами личные достижения по имениннику отстаивать свои позиции, приводить убедительные аргументы Discuss with colleagues personal achievements on the estate to defend their positions, give convincing arguments	Рекомендованное содержание тренингов и семинаров: «Влияние и убеждение на основе личного ресурса». Содержание: Влияние и убеждение без опоры на административный ресурс. Разные стили, методы, техники убеждения и влияния на других людей Recommended content of trainings and seminars: "Influence and persuasion based on a personal resource". Content: Influence and persuasion without relying on administrative resources. Different styles, methods, techniques of persuading and influencing other people	Наблюдение за опытными коллегами при ведении ими переговоров, совещаний, вести дискуссии, умение добиться взаимопонимания Observation of experienced colleagues when they conduct negotiations, meetings, conduct a discussion, the ability to achieve mutual understanding	Участие в обсуждениях вариантов развития проектов Participation in discussions of project development options
Проявлять требовательность в сочетании с человечностью Be demanding in combination with humanity	Требовательность к себе; развитие гуманизма; изучение норм этики, изучение литературы Self-discipline; the development of humanism; the study of ethics, the study of literature	Обеспечивать соблюдение законных прав потребителей услуг, проявлять терпимость и гуманность Ensure compliance with the legal rights of consumers of services, show tolerance and humanity	Обсуждение с опытными сотрудниками о том, насколько развит клиентоориентированный подход и гуманность Discussion with experienced employees about how developed the customer-oriented approach and humanity is	Тренинги и семинары по установлению эффективного взаимодействия с потребителями услуг Trainings and seminars on establishing effective interaction with consumers of services	Участие в стажировках в других более опытных государственных учреждениях Participation in internships in other bodies that are more experienced in providing public services	Участие в проекте по улучшению качества предоставления государственных услуг потребителям Participation in a project to improve the quality of public services to consumers

Заключение

Настоящее исследование представило возможным установить условия повышения эффективности и качества предоставляемых государственных услуг. Развитие компетенций персонала, оказывающего государственные услуги, неизбежно влечет повышение профессионализма оказывающих государственные услуги персонала и как следствие повышение уровня удовлетворенности потребителей данного вида услуг.

Таким образом, настоящая работа позволила:

- выделить десять наиболее важные компетенции персонала, оказывающих наибольшее влияние на оказание ими государственных услуг на высоком профессиональном уровне;
- определить наиболее эффективные методы развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных, выделив преимущества и недостатки каждого из них;
- составить матрицу развивающих действий для развития компетенций кадрового потенциала сферы государственных услуг;

— выделить важность для организации составления подобных матриц.

Представленная в настоящей работе матрица развивающих действий для развития компетенций сотрудников направлена на помощь исследуемым организациям по строительству эффективного процесса повышения профессионального мастерства персонала.

Направлением дальнейших исследований в данной области станет определение стратегических направлений повышения эффективности предоставления государственных услуг.

Благодарности

Автор выражает благодарность Главному управлению МЧС России по Республике Крым и ФКУ «Центр ГИМС МЧС России по Республике Крым» за предоставленную информацию, необходимую для проведения исследования и подготовки настоящей статьи, а также рецензентам, которые помогли наиболее грамотно, профессионально и понятно донести результаты исследования до научного сообщества.

Литература

- 1 Чулков А.С. Повышение качества государственных и муниципальных услуг и пути оптимизации сети учреждений, оказывающих их // Финансы и кредит. 2017. № 3 (723). С. 143–159.
- 2 Манахова И.В., Земскова И.А. Влияние потребителей на повышение качества электронных государственных услуг // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Экономика. Управление. Право. 2018. № 4. С. 394–400.
- 3 Прозорова Г.А., Первозова О.В. Матрица конкурентных компетенций как инструмент корпоративного развития персонала // Инновационная наука. 2017. № 7. С. 85–90.
- 4 Семенова И.В. Специфика использования моделей компетенций на государственной службе // Теория и практика общественного развития. 2018. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-ispolzovaniya-modeley-kompetentsiy-na-gosudarstvennoy-sluzhbe>
- 5 Калугин В.Е. Совершенствование оценки качества оказания государственных услуг // Вестник СибАДИ. 2016. № 4 (50). С. 145–150.
- 6 Носырева И.Г., Белобородова Н.А. Технологии оценки профессиональных компетенций специалистов по оказанию государственных услуг в области занятости населения // АНИ: экономика и управление. 2019. № 2 (27). С. 280–283.
- 7 Мирзоян М.В., Васильева Е.В. Оценка компетенций государственных служащих и анализ текущей практики методов оценки согласованности компетенций и трудовых функций гражданских государственных служащих Армении // Управление. 2019. № 2. С. 11–23.
- 8 Васильева Е.В. Компетентностный подход в государственной службе: какие знания и навыки выбирают госслужащие? // Вопросы государственного и муниципального управления. 2018. № 4. С. 120–144.
- 9 World Economic Forum. The future of jobs. Employment, skills and workforce strategy for the Fourth industrial revolution. 2016. URL: <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2016/>
- 10 Gray A. 11 experts at Davos on the future of work. 2016. URL: https://www.weforum.org/agenda/2016/01/11-experts-at-davos-on-the-future-of-work?utm_content=buffer552fe&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer

References

- 1 Chulkov A.S. Improving the quality of state and municipal services and ways to optimize the network of institutions that provide them. Finance and credit. 2017. no. 3 (723). pp. 143–159. (in Russian).
- 2 Manakhova I.V., Zemskova I.A. Influence of consumers on improving the quality of electronic public services. News of the Saratov University. New series. Series Economics. Control. Right. 2018. no. 4. pp. 394–400. (in Russian).
- 3 Prozorova G.A., Perevozova O.V. Matrix of competitive competencies as a tool for corporate personnel development. Innovative science. 2017. no. 7. pp. 85–90. (in Russian).
- 4 Semenova I.V. Specifics of using competence models in public service. Theory and practice of social development. 2018. no. 6. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-ispolzovaniya-modeley-kompetentsiy-na-gosudarstvennoy-sluzhbe>. (in Russian).
- 5 Kalugin V.E. Improving the assessment of the quality of public services. Vestnik SibADI. 2016. no. 4 (50). pp. 145–150. (in Russian).

6 Nosyreva I.G., Beloborodova N.A. Technologies for assessing professional competencies of specialists in providing public services in the field of employment. ANI: Economics and management. 2019. no. 2 (27). pp. 280–283. (in Russian).

7 Mirzoyan M.V., Vasilyeva E.V. Assessment of civil servants competencies and analysis of current practice of methods for assessing the consistency of competencies and labor functions of civil civil servants in Armenia. Management. 2019. no. 2. pp. 11–23. (in Russian).

8 Vasilieva E.V. Competence approach in public service: what knowledge and skills do civil servants choose? Issues of state and municipal management. 2018. no. 4. pp. 120–144. (in Russian).

9 World Economic Forum. The future of jobs. Employment, skills and workforce strategy for the Fourth industrial revolution. 2016. Available at: <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2016/>

10 Gray A. 11 experts at Davos on the future of work. 2016. Available at: https://www.weforum.org/agenda/2016/01/11-experts-at-davos-on-the-future-of-work?utm_content=buffer552fe&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer

Сведения об авторах

Дарья В. Ткаченко аспирант, кафедра управления персоналом, Институт экономики и управления «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», ул. Севастопольская, 21/4, г. Симферополь, Россия, dv.nauk@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2480-6300>

Information about authors

Daria V. Tkachenko graduate student, personnel management department, Institute of Economics and Management of the "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", Sevastopol-skaya str. 21/4 Simferopol, 295013, Russia, dv.nauk@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2480-6300>

Вклад авторов

Дарья В. Ткаченко написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Daria V. Tkachenko 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 23/01/2020	После редакции 03/02/2020	Принята в печать 12/02/2020
Received 23/01/2020	Accepted in revised 03/02/2020	Accepted 12/02/2020

Социальные риски и их влияние на качество человеческого потенциала региона

Алла Г. Леонтьева¹ leonteva-ag@rambler.ru  0000-0002-5243-6645

¹ Тюменский государственный университет, ул. Володарского, 6, 625003, г. Тюмень, Россия

Аннотация. В статье исследуется проблема качества человеческого потенциала в российских регионах. Актуальность исследования определяется необходимостью перехода России к новой модели экономического роста, которая возможна только на основе полного использования человеческого потенциала. Увеличение числа социальных рисков, снижающих качество жизни граждан, ориентирует органы государственной власти на определение наиболее важных направлений при разработке социально-экономической политики. На базе официальных статистических данных за 2014–2018 гг. был рассчитан ИЧР для Тюменской области (без автономных округов), проведено сравнение значения показателя с субъектами РФ, входящими в Уральский федеральный округ, а также с общероссийским показателем. На основе значений индекса ИЧР были сделаны выводы об основных проблемах и ориентирах региональной социально-экономической политики, нацеленной на повышение качества жизни граждан в РФ и снижение влияния на него социальных рисков.

Ключевые слова: человеческий потенциал, социальные риски, качество жизни, потенциал региона, социально-экономическая политика

Social risks and their impact on the quality of the human capital of the region

Alla G. Leontieva¹ leonteva-ag@rambler.ru  0000-0002-5243-6645

¹ Tyumen State University, Volodarskogo Street, 6, Tyumen, 625003, Russia

Abstract. This article reveals the problem of the quality of human capital in the Russian regions. The relevance of the study is determined by the need for Russia to transition to a new model of economic growth, which is possible only on the basis of full use of human capital. An increased number of social risks that reduce the quality of life of citizens guides public authorities to determine the most important areas in the development of socio-economic policies. Based on official statistics for years 2014–2018, the human development index (HDI) was calculated for the Tyumen region (no autonomous districts included). The value of this indicator was compared with the Federal subjects, included in the Urals Federal District, as well as with the all-Russian indicator. Based on the values of the HDI index, conclusions revealing problems and giving guidelines of the regional socio-economic policy aimed at improving the quality of life of citizens in the Russian Federation and reducing the impact of social risks on it.

Keywords: human potential, social risks, quality of life, potential of the region, socio-economic policy

Введение

Социально-экономические преобразования, проводимые в стране и нацеленные на переход к новой экономической модели, предполагают увеличение доли средне- и высокотехнологичных производств в структуре ВВП, повышение вклада образования, здравоохранения, науки, ИТ, био- и нанотехнологий, способствуя «прорывному научно-технологическое и социально-экономическое развитию Российской Федерации» [1]. Данные преобразования тем самым ориентируют на более полное использование человеческого потенциала. Однако ухудшение конъюнктуры мировых товарных рынков, неопределенность и турбулентность в мировом экономическом развитии увеличивают число рисков, оказывающих существенное влияние на характер решения социально-экономических проблем в стране.

Особую роль при этом играют социальные риски, которые охватывают различные стороны жизнедеятельности общества и угрожают не только социально уязвимым категориям населения, но и практически всем гражданам в стране. Безработица и утрата профессиональных навыков, ухудшение качества питания и здоровья, обострение демографической ситуации снижают уровень и ухудшают качество жизни большого числа людей, в силу чего они требуют целенаправленной государственной политики, направленной на сохранение и развитие человеческого потенциала разных групп населения.

Категория «человеческий потенциал» тесно связана с категориями «человеческий капитал» и «качество жизни». В исследовании Е. Бухаровой [и др.] правомерно обращено внимание на то, что человеческий потенциал, представляя «системную совокупность дохода,

Для цитирования

Леонтьева А.Г. Социальные риски и их влияние на качество человеческого потенциала региона // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 389–397. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-389-397

For citation

Leontieva A.G. Social risks and their impact on the quality of the human capital of the region. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 389–397. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-389-397

здоровья, способностей, знаний, профессиональной квалификации, умений и навыков, культуры и нравственности, которые в определенных условиях при наличии необходимых ресурсов обеспечивают жизнедеятельность и процессы труда», связана категорией возможного, а человеческий капитал является формой проявления человеческого потенциала в системе рыночных отношений [2]. С точки зрения региональной социально-экономической политики структурные составляющие человеческого потенциала (численность населения, здоровье, образование, деловая активность, культурный уровень) являются ориентирами и объектами управления.

Показатель «качество жизни» отражает те же сферы жизни индивида и требует измерения. Оценка качества жизни населения, проводимая в зарубежных исследованиях, предполагает комплексный подход с использованием объективных и субъективных показателей. Эмпирические исследования [9–11] устанавливают взаимосвязь уровня благосостояния и субъективных оценок качества жизни (экспертные оценки, опросы граждан). В исследованиях российских ученых, например [3], отмечается, что среди различных методов оценки качества жизни населения на макро-, мезо- и муниципальном уровне преобладают индексные и опросные методы.

Среди показателей, рассчитываемых индексным методом, наиболее распространенным является индекс развития человеческого потенциала, разработанный по инициативе ООН, так как отражает наиболее важные измерения развития человека. После 2013 г. он получил устойчивое название «индекс человеческого развития» (ИЧР) и активно применяется для сравнительной оценки уровня социально-экономического развития разных стран. С помощью данного индекса можно изучать динамику качества человеческого потенциала не только в разных странах, но и проводить межрегиональные сравнения внутри страны для оценки результативности проводимой на местах социальной политики, направленной на рост качества жизни населения.

Цель работы – выяснение качества человеческого потенциала на основе анализа ИЧР, его динамики на примере Тюменской области (без автономных округов) и определение приоритетных направлений региональной социально-экономической политики, нацеленной на снижение действия социальных рисков.

Методы

При расчете индекса человеческого развития нами была использована стандартная методология, используемая при международных исследованиях по развитию человеческого потенциала Организации Объединенных Наций.

Необходимо учитывать, что с 2011 года ИЧР был усовершенствован путем добавления дополнительных компонентов и усложнения формулы итогового расчета. Методика расчета подробно описана в [4]. ИРЧ в своем составе имеет три составляющие: реальный душевой доход, определяемый на основе паритета покупательной способности валют, средняя продолжительность жизни и уровень образования. Эти три измерения стандартизируются в виде числовых значений от 0 до 1.

При расчете индекса долголетия используется формула, как и в методике до 2010 года:

$$I \text{ долголетия} = \frac{X - 25}{85 - 25}, \quad (1)$$

где X – ожидаемая продолжительность жизни в стране при рождении

С 2011 года при расчете индекса образования применяется средняя арифметическая величина двух показателей: средней продолжительности обучения и ожидаемой продолжительности обучения, рассчитываемым по формулам (2) и (3).

$$\frac{S}{15}, \quad (2)$$

где S – продолжительность обучения, лет

$$\frac{E}{18}, \quad (3)$$

где E – ожидаемая продолжительность обучения, лет

Индекс уровня жизни, рассчитываемый на основе ВВП на душу населения по ППС, был заменен на индекс дохода. При этом в расчете индекса дохода возросло предельное значение (75 тыс. долл.) среднегодового дохода на душу населения (формула 4). Индекс дохода рассчитывается по формуле:

$$I \text{ дохода} = \frac{\ln G - \ln 100}{\ln 75000 - \ln 100}, \quad (4)$$

где G – валовой национальный доход на душу населения по ППС

Общий индекс ИРЧ рассчитывается как среднее геометрическое всех трех показателей и измеряется в диапазоне от 0 до 1. При этом, чем ближе значение индекса к 1, тем выше развитие человеческого потенциала.

Использование данной методики на региональном уровне требует корректировки [5]. Для расчета индекса человеческого развития региона индекс дохода необходимо увеличить на нераспределяемую часть ВВП страны, также на разницу в ценах, путем умножения на отношение стоимости среднероссийского фиксированного набора товаров и услуг и аналогичного набора в регионе, далее показатель пересчитывается в доллары США по ППС для данного года.

Результаты и обсуждение

В силу отсутствия возможности пересчитать индекс образования по новой методике до 2015 года (поскольку Росстат не рассчитывал показатели средней и ожидаемой продолжительности обучения), а также учитывая его статичность в межпереписной период и невозможность сравнения на его основе регионов, была использована прежняя методика расчета индекса на основе среднеарифметической взвешенной двух показателей: уровень грамотности взрослого населения (с весом 2/3) и долю учащихся во всех учебных заведениях (с весом 1/3). Охват образованием рассчитывался как отношение числа учащихся учебных заведений всех видов (школы, начальные, средние и высшие профессиональные учебные заведения) к численности населения в возрасте 7–24 лет. Данные по грамотности были взяты из [6].

На базе официальных данных нами были рассчитаны ИЧР для Тюменской области (без автономных округов) за 2014–2018 гг., также проведено сравнение ИЧР всех субъектов Уральского федерального округа между собой и с общероссийским ИЧР. С учетом запаздывания публикации данных по ВРП за 2018 год, нами использованы оценочные данные на основе предварительных расчетов региональных органов власти. Все расчеты проведены с помощью табличного процессора Microsoft Excel. На основе значений индекса ИЧР были сделаны выводы о величине «нереализованного потенциала» по всем составляющим индекса человеческого развития.

Компоненты сводного индекса относятся к наиболее значимым характеристикам уровня и качества жизни населения, отражающие основные процессы, происходящие в экономической и социальной жизни, как страны, так и ее регионов. Компонент «доход», оцениваемый показателем валового регионального продукта (ВРП) на душу населения по паритету покупательной способности валют, характеризует материальное благосостояние населения. Компонент «долголетие», измеряемый показателем ожидаемой продолжительности жизни при рождении, является отражением состояния здоровья нации, которое зависит от качества медицинского обслуживания в регионе, состояния окружающей среды и т. п. Компонент «образованность» содержит данные, характеризующие количественные и качественные изменения в сфере образования. Критериями успешности социальной политики, проводимой органами государственной власти, как ранее мы уже отмечали, можно считать, во-первых, рост индекса человеческого развития региона, во-вторых, уменьшение различий по этому показателю между областями и округами и общероссийским показателем [7].

В таблице 1 представлены результаты расчетов ИЧР и его компонентов (субиндексов) в Тюменской области (без автономных округов) за последние пять лет.

Таблица 1.

Индекс человеческого развития Тюменской области в 2014–2018 гг.

Table 1.

Human development index of the Tyumen region in 2014-2018

Показатели	Indicators	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
ВРП на душу населения, долл. по ППС	GRP per capita, \$/PPP	37535,83	54599,34	52316,02	57156,48	36790,98
Индекс дохода	Index of income	0,895	0,952	0,946	0,959	0,892
Ожидаемая продолжительность жизни	Life expectancy	70,30	70,58	71,03	72,06	72,08
Индекс долголетия	The index of longevity	0,755	0,760	0,767	0,784	0,785
Грамотность	Literacy	0,995	0,998	0,998	0,998	0,998
Доля учащихся в возрасте 7–24 лет	The percentage of learners aged 7-24 years	0,911	0,932	0,949	0,965	0,952
Индекс образования	Education index	0,97	0,977	0,983	0,988	0,984
ИЧР	HDI	0,889	0,891	0,893	0,906	0,883

Источник: рассчитано по [6]

Данные таблицы 1 демонстрируют в целом позитивную динамику ИЧР. Хотя в 2018 г. индекс человеческого развития несколько снизился, Тюменская область по-прежнему находится в группе регионов с высоким индексом развития человеческого потенциала (ИЧР > 0,8). Однако, если рассматривать компоненты общего индекса, то обращает внимание неравномерность роста разных сторон качества человеческого развития.

Наибольшее влияние на рост ИРЧП оказали два индекса: индекс дохода, зависящий от душевого ВРП, измеряемого по паритету покупательной способности (ППС) и индекс образования. Индекс образования традиционно в нашей стране высокий. На юге Тюменской области данный показатель составил 0,998 и практически достиг максимального значения. Величина «нереализованного потенциала» уменьшилась с 0,03 в 2014 г. до 0,012 в 2017 г.

Более неравномерную динамику демонстрирует индекс дохода. Хотя по данному показателю Тюменская область находится в группе с высоким уровнем развития, падение реального ВРП на душу населения в регионе уменьшает значение ИЧР. Учитывая, что данные по ВРП за 2018 г. будут корректироваться и могут изменить значение индекса дохода, тем не менее величина «нереализованного потенциала» по сравнению с 2014 годом, когда она была минимальной (0,041), возросла до 0,108 в 2018 г. Это внесло существенный вклад в общее снижение ВРП.

Самым «проблемным» является индекс долголетия. Несмотря на то, что он демонстрирует устойчивый рост, что связано с ростом ожидаемой продолжительности жизни, тем не менее за исследуемый период он так и не достиг отметки 0,8, что позволило бы отнести Тюменскую область к регионам с высоким уровнем развития по компоненту «здоровье». Величина «нереализованного потенциала» составила от

0,245 в 2014 году, до 0,215 в 2018 году. Индекс долголетия влияет на снижение общего индекса человеческого развития.

Сравнение ИЧР в Тюменской области (без автономных округов) с другими субъектами РФ позволяет сделать вывод относительно остроты проблем, отражающихся на качестве жизни населения в регионе. В Уральском федеральном округе (УрФО) Тюменская область (без АО) по значению обобщающего индекса развития человеческого отстает от Ямало-Ненецкого (ЯНАО) и Ханты-Мансийского (ХМАО) автономных округов, занимая в рейтинге регионов 3 место (рисунок 1).

При этом в округах, входящих в состав Тюменской области, значение индекса превышает среднее значение по УрФО (таблица 2). Покомпонентный анализ ИЧР год позволяет более наглядно продемонстрировать наличие возможной дифференциации между регионами относительно разных сторон качества жизни.

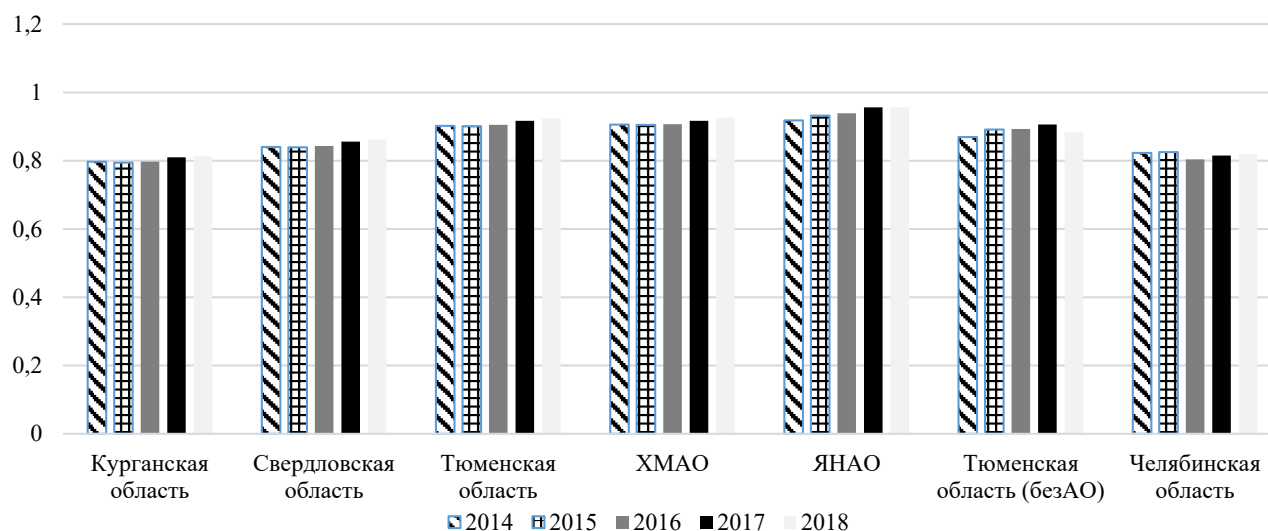


Рисунок 1. Индекс человеческого развития в Уральском федеральном округе

Figure 1. Human development index in the Ural Federal district

Таблица 2.

Сравнительная таблица ранжирования ИЧР и его компонентов в УрФО в 2018 году

Table 2.

Comparative table of HDI and its components ranking in the UrFO in 2018

		Курганская область	Свердловская область	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	Ямало-Ненецкий автономный округ	Тюменская область (без АО)	Челябинская область	УрФО
1		2	3	4	5	6	7	8
Реальный ВРП на душу населения, долл. США по ППС	Real GRP per capita, USD US PPP	13223,5	28407,3	105760,0	245723,1	36790,9	21383,6	75214,7
Ожидаемая продолжительность жизни, лет	Life expectancy, years	70,78	71,29	74,28	74,07	72,08	71,64	72,01
Индекс грамотности взрослого населения	The index of adult literacy	0,9998	0,9997	1,000	0,9997	0,9998	0,9998	0,9998

Продолжение таблицы 2 | Continuation of table 2

1		2	3	4	5	6	7	8
Совокупный показатель охвата числа обучающихся в учебных заведениях 1, 2, 3 уровней образования	Total coverage of the number of students enrolled in educational institutions of 1, 2, 3 levels of education	0,866	0,921	0,754	0,721	0,952	0,874	0,873
Индекс дохода	Index of income	0,738	0,853	1,052	1,179	0,892	0,738	0,858
Индекс долголетия	The index of longevity	0,763	0,772	0,821	0,818	0,785	0,777	0,784
Индекс образования	Education index	0,955	0,974	0,918	0,907	0,984	0,958	0,958
ИРЧП	HDI value	0,813	0,862	0,926	0,956	0,883	0,819	0,858
Ранг	Rank	6	4	2	1	3	5	-

Источник: рассчитано по [6]; *ВРП – предварительные данные

Так, индекс образования во всех областях и округах УрФО отличается не существенно. Границы его изменения составили от 0,918 в ЯНАО до 0,984 – в Тюменской области.

В наибольшей степени дифференциацию между регионами демонстрирует индекс дохода. Его значение в самом «доходном» регионе – Ямало-Ненецком АО и «низкодоходными»

Курганской и Челябинской областями составил более чем в 2,4 раза.

Наиболее проблемной составляющей развития человеческого потенциала во всех субъектах, исключая ХМАО и ЯНАО, остается долголетие. Значение индекса долголетия в ХМАО (0,821) превышает юг Тюменской области на 4,6% (рисунок 2).

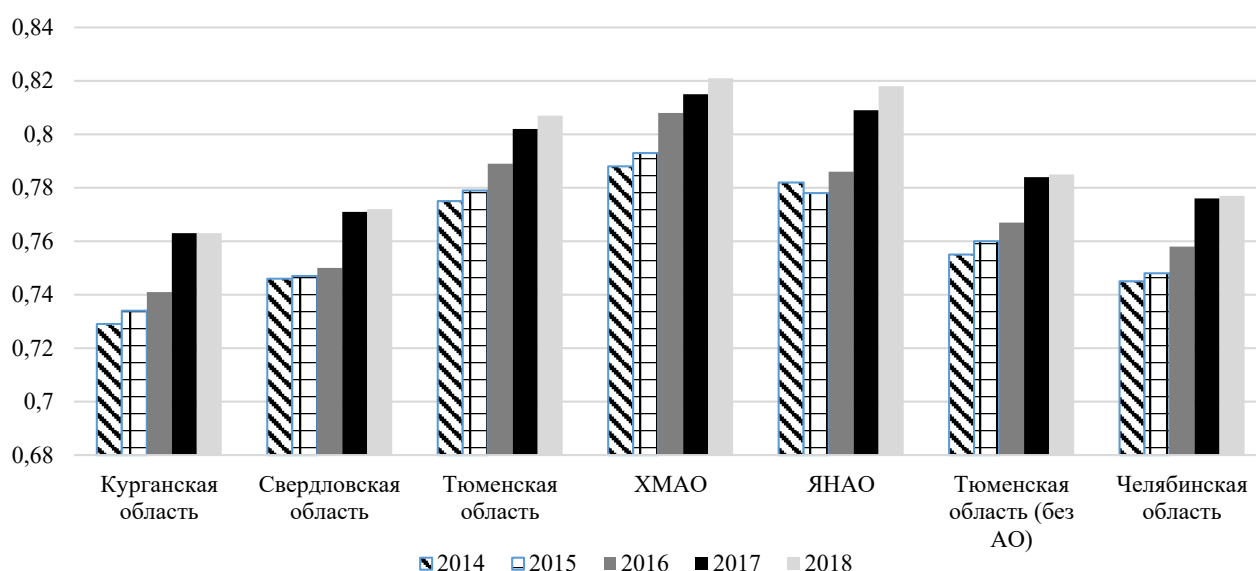


Рисунок 2. Индекс долголетия в субъектах РФ в УрФО

Figure 2. The index of longevity in the subjects of the Russian Federation in UrFO

Индекс долголетия измеряется показателем ожидаемой продолжительности жизни. По этому показателю наблюдается отставание юга Тюменской области (72,08) от общероссийского показателя (72,91). Особенно низким данный показатель у мужчин – 66,56 лет, что на 1,2 года меньше, чем в среднем по РФ. В связи с сохранением риска низкой продолжительности жизни возникает необходимость анализа показателей смертности.

На юге области общий коэффициент смертности в 2018 г. составил 10,9 на 1000

населения, причем такой уровень оставался практически неизменным на протяжении последних лет. При этом в сельской местности он составил 13,9 на 1000 населения, что в 1,5 раза превысило умерших городских жителей, где данный показатель равен 9,5 на 1000 населения. Обращает на себя внимание показатель смертности в трудоспособном возрасте. Хотя этот показатель для мужчин (7,5 на 1000 чел. трудоспособного населения) ниже, чем в среднем по УрФО (7,8), но он выше, чем в РФ (7,3) (таблица 3).

Таблица 3.
Показатели смертности и инвалидности в субъектах Российской Федерации в УрФО в 2018 г.

Table 3.

Indicators of mortality and disability in the Russian Federation in the UrFO in 2018

Индикатор Indicator		Курганская обл.	Свердловская обл.	Тюменская обл.	Ханты-Мансийский АО	Ямало-Ненецкий АО	Тюменская обл. (без АО)	Челябинская обл.	УрФО
Смертность от внешних причин, на 100 тыс. чел. населения	Mortality from external causes, per 100 thousand people	146,8	125,1	85,6	71,3	86,7	100,9	124,4	114,5
Смертность населения в трудоспособном возрасте, на 100 000 чел. соответствующего возраста	Mortality of the population of working age, per 100,000 people of the corresponding age	621,6	575,8	421,2	380,0	359,9	495,0	541,6	519,8
Младенческая смертность, на 1000 чел. родившихся живыми	Infant mortality, per 1,000 live births	6,7	4,7	3,8	2,9	5,6	4,2	5,7	4,8
Общая численность инвалидов, на 1000 чел. населения	Total number of disabled persons, per 1000 population	92,2	67,4	46,0	33,1	29,1	66,1	67,6	62,7

Особенно низким данный показатель у мужчин – 66,56 лет, что на 1,2 года меньше, чем в среднем по РФ. Сохранение риска низкой продолжительности жизни обращает к анализу показателей смертности.

На юге Тюменской области общий коэффициент смертности в 2018 году составил 10,9 на 1000 населения, причем такой уровень оставался практически неизменным на протяжении последних лет. Число умерших на 1000 населения в сельской местности (13,9) значительно превышало умерших из числа городского населения (9,5). Обращает на себя внимание показатель смертности в трудоспособном возрасте. Хотя этот показатель для мужчин (7,5 на 1000 чел. трудоспособного населения) ниже, чем в среднем по УрФО (7,8), но выше, чем в РФ (7,3).

К причинам смертности относятся болезни системы кровообращения (521,7 случаев на 100000 населения), новообразований (145,1 случая на 100000 населения), внешние причины (100,9 случая на 1000 населения). Кроме этого, стоит отметить болезни органов пищеварения, инфекций и прочие болезни. Таким образом, увеличение смертности фиксируется практически по всем основным классам причин смерти.

Младенческая смертность является одним из критериев качества оказания медицинской помощи женщинам и детям, а также показателем репродуктивного здоровья. В среднем в регионах УрФО показатель младенческой смертности в 2018 г. находился на уровне 4,8 умерших

в возрасте до 1 года, на 1000 родившихся живыми. В Тюменской области (юг) данный показатель составил 4,2, однако это выше, чем в среднем по Тюменской области (с автономными округами), где он находится на уровне 3,8 на 1000 родившихся живыми. Основной причиной младенческой смертности явились врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения, то есть репродуктивное здоровье, которое зависит от образа жизни матери во время беременности, а также от здоровья отца, как одна из характеристик общего здоровья населения, также находится в зоне риска.

Анализ показателей заболеваемости населения Тюменской области (без автономных округов), характеризующиеся числом больных, выявленных (или взятых под диспансерное наблюдение) в течение года при обращении в лечебно-профилактические учреждения или при профилактическом осмотре, также позволяет судить о наличии и остроте риска ухудшения физического здоровья населения.

В Тюменской области (без автономных округов) общее количество заболеваний за последние пять лет увеличилось на 6,5%. В 2018 г. показатель заболеваемости составил 639,3 в расчете на 1000 чел. населения, что ниже, чем в среднем в УрФО (828,4) и ниже, чем в РФ (782,1) (таблица 4). Однако отсутствие динамики к снижению данного показателя в течение анализируемого периода говорит о сохранении риска заболеваемости на высоком уровне.

Таблица 4.
Заболееваемость населения социально-значимыми болезнями в субъектах РФ в УрФО в 2018 г.,
чел. на 100 000 населения

Table 4.

Incidence of socially significant diseases in the RF subjects in the UrFO in 2018,
people per 100,000 population

Показатель Indicator		Курганская обл.	Свердловская обл.	Тюменская обл.	Ханты- Мансийский АО	Ямало- Ненецкий АО	Тюменская обл. (без АО)	Челябинская обл.	УрФО
Заболееваемость населения, больных с диагнозом, установленным впервые в жизни	Morbidity of the population with a diagnosis established for the first time in life	938,6	734,8	869,6	948,0	1272,0	639,3	874,2	828,4
Выявлено заболеваний у пациентов с диагнозом, установленным впервые в жизни:	Revealed diseases in patients with a diagnosis established for the first time in life:								
активный туберкулез	active tuberculosis	95,4	72,2	51,5	59,0	53,7	83,3	60,3	77,2
злокачественные новообразования	malignant neoplasm	521,2	431,1	330,3	281,0	217,6	425,0	484,1	421,9
сифилис	syphilis	19,6	19,7	10,2	7,1	22,8	9,1	14,2	15,3
Взято под наблюдение пациентов с диагнозом, установленным впервые в жизни:	Taken under the supervision of patients with a diagnosis established for the first time in their lives:								
психические расстройства и расстройства поведения	mental and behavioral disorders	15,0	28,4	29,2	21,5	28,9	37,9	62,7	37,4
алкоголизм и алкогольные психозы	alcoholism and alcoholic psychoses	78,3	50,3	53,6	33,6	94,4	60,9	69,7	58,6
наркомания	addiction	22,6	13,0	10,9	6,2	18,9	13,1	20,6	15,2

Неблагополучная ситуация сложилась с распространенностью таких социально-значимых заболеваний, как туберкулез, сифилис, алкоголизм и наркомания.

Анализ заболеваемости активным туберкулезом в Тюменской области (без автономных округов) в 2018 г. демонстрирует как превышение среднего уровня по РФ (44,43 на 100 тыс. населения), так и по регионам УрФО (61,65 чел. на 100 тыс. населения). В Тюменской области

(без автономных округов) величина анализируемого показателя была выше чем в среднем по России на 50%.

По показателю распространенности психических расстройств и расстройств поведения, связанных с употреблением алкогольных напитков, наркотических и токсических веществ, юг Тюменской области уступает только Челябинской области, превышая значение показателя во всех остальных регионах УрФО (рисунок 3).

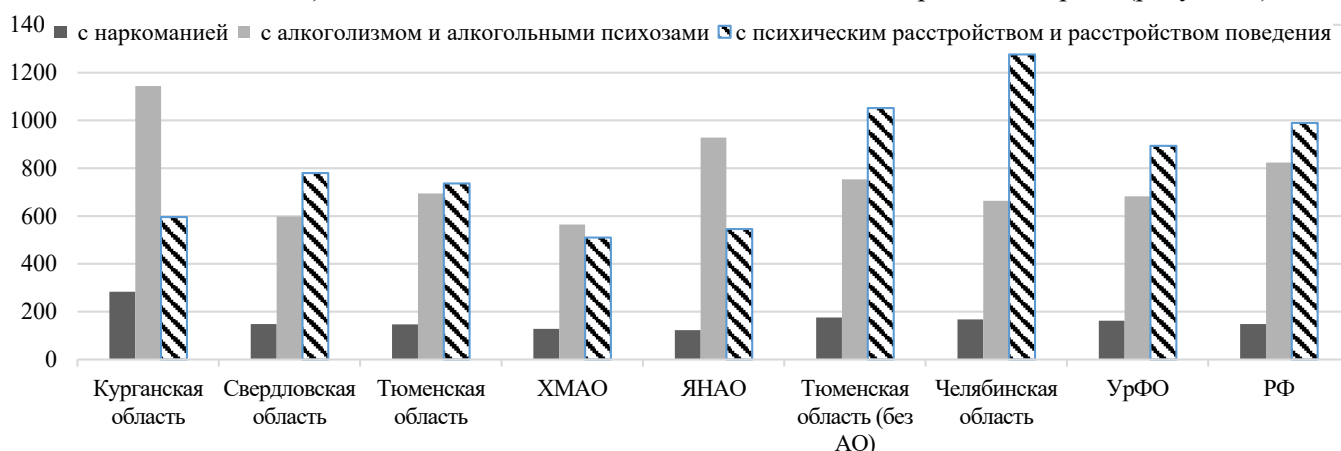


Рисунок 3. Контингенты пациентов с социально-значимыми болезнями в субъектах РФ в УрФО в 2018 году, чел. на 100 000 населения

Figure 3. Contingents of patients with socially significant diseases in the subjects of the Russian Federation in the UrFO in 2018, people per 100,000 population

Особо опасная ситуация сложилась с заболеваниями ВИЧ-инфекцией. Тюменская область (без автономных округов) относится к числу 23 субъектов Российской Федерации, наиболее пораженным ВИЧ-инфекцией. В 2018 г. в Тюменской области (без автономных округов) зарегистрировано 1196, живущих с ВИЧ на 100 тыс. населения [8]. По мнению экспертов ВИЧ-инфекция в последние годы вышла за пределы уязвимых групп населения и активно распространяется во всех группах, при этом диагностируется все больше в старших возрастных группах (от 30 до 50 лет).

Важным индикатором наиболее тяжелых нарушений и потери здоровья, приводящих к значительному ограничению дееспособности, снижению качества жизни и потере трудового потенциала, является уровень инвалидности населения. Показатель общей численности инвалидов в Тюменской области составил 66,1 чел. на 10000 населения, что на 5,4% выше, чем в среднем по УрФО, хотя и ниже, чем в РФ, где аналогичный показатель составил 81,4 чел. на 10000 населения.

Заключение

Проведенный анализ ситуации, связанной с заболеваемостью, смертностью и ожидаемой

продолжительностью жизни населения региона на примере Тюменской области (без автономных округов) характеризует наличие высоких социальных рисков ухудшения здоровья. Обращает внимание распространение хронических и инфекционных заболеваний, наркомании и алкоголизма, других социальных болезней, принимающих участие в формировании потерь продолжительности жизни, а также сохранение на высоком уровне общей инвалидности. Риск ухудшения здоровья и связанный с ним риск снижения уровня жизни ухудшает качество человеческого потенциала. Ориентирами при проведении социально-экономической политики в регионе должна стать прежде всего сфера здравоохранения в комплексе с эффективными природоохранными мерами, охраной правопорядка, занятости.

Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта «Моделирование и измерение человеческого капитала и формы его проявления в контексте цифровизации экономики: ресурсы, потоки, институты» РФФИ № 19-29-07131.

Литература

- 1 О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201805070038>
- 2 Бухарова Е.Б. и др. Оценка факторов и ограничений стратегического развития человеческого потенциала и предпринимательской среды ресурсных регионов: монография. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. 312 с.
- 3 Губарев Р.В., Дзюба Е.И., Куликова О.М., Файзуллин Ф.С. Управление качеством жизни населения в регионах России // *Journal of Institutional Studies*. 2019. V. 11. № 2. P. 146–170. doi: 10.17835/2076–6297.2019.11.2.146–170.
- 4 Человеческое развитие в условиях спада экономики. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2015 год; под ред. Л.М. Григорьева, С.Н. Бобылева. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2015. 260 с. URL: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/7198.pdf>
- 5 Человек и инновации. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2018 год; под ред. С.Н. Бобылева, Л.М. Григорьева. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2018. 172 с. URL: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/direct/228606323>
- 6 Доклад «Об основных итогах федерального статистического наблюдения «Социально-демографическое обследование (микрперепись населения) 2015 года» Раздел II. Уровень образования. URL: https://gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/micro-perepis/finish/micro-perepis.html
- 7 Леонтьева А.Г., Хохлов А.Г. Управление качеством жизни населения в контексте обеспечения устойчивого развития региона // *Экономика региона*. 2009. № 4 (20). С. 70–75.
- 8 ВИЧ-инфекция в Российской Федерации в 2018 г. Справка Федерального научно-методического центра по профилактике и борьбе со СПИДом Роспотребнадзора. URL: <http://www.hivrussia.info/>
- 9 The Economist Intelligence Unit's quality-of-life index. The Economist Intelligence Unit. URL: https://www.economist.com/media/pdf/QUALITY_OF_LIFE.pdf
- 10 Diener E., Tay L., Shigehiro O. Rising Income and the Subjective Well-Being of Nations // *Journal of Personality and Social Psychology*. 2013. V. 104. № 2. P. 267–276. URL: <https://www.apa.org/pubs/journals/releases/psp-104-2-267.pdf>
- 11 Global Prosperity Index. The Legatum Prosperity Index 2019 Overview. URL: https://prosperitysite.s3-accelerate.amazonaws.com/8815/7433/3828/The_Legatum_Prosperty_Index_2019_Overview.pdf

References

- 1 On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period until 2024: Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2018 No. 204. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201805070038> (in Russian).
- 2 Bukharova E.B. et al. Assessment of factors and limitations of the strategic development of human potential and the business environment of resource regions: a monograph. Krasnoyarsk, Sib. Feder. Univ., 2013. 312 p. (in Russian).

3 Gubarev R.V., Dzyuba E.I., Kulikova O.M., Fayzullin F.S. Quality management of the population in the regions of Russia. Journal of Institutional Studies. 2019. vol. 11. no. 2. pp. 146–170. doi: 10.17835/2076-6297.2019.11.2.146-170 (in Russian).

4 Human development in a downturn. Human Development Report in the Russian Federation for 2015; ed. of L.M. Grigoryeva, S.N. Bobyleva. Moscow, Analytical Center under the Government of the Russian Federation, 2015. 260 p. Available at: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/7198.pdf> (in Russian).

5 People and innovation. Human Development Report in the Russian Federation for 2018; ed. of S.N. Bobyleva, L.M. Grigoryeva. Moscow, Analytical Center under the Government of the Russian Federation, 2018. 172 p. Available at: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/direct/228606323> (in Russian).

6 Report “On the main results of the federal statistical monitoring “Social and demographic survey (microcensus of the population) 2015” Section II. The level of education. Available at: https://gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/micro-perepis/finish/micro-perepis.html (in Russian).

7 Leontiev A.G., Khokhlov A.G. Managing the quality of life of the population in the context of ensuring sustainable development of the region. Economy of the region. 2009. no. 4 (20). pp. 70–75. (in Russian).

8 HIV infection in the Russian Federation in 2018. Report of the Federal Scientific and Methodological Center for Prevention and Control of AIDS Rospotrebnadzor. Available at: <http://www.hivrussia.info/> (in Russian).

9 The Economist Intelligence Unit's quality-of-life index. The Economist Intelligence Unit. Available at: https://www.economist.com/media/pdf/QUALITY_OF_LIFE.pdf

10 Diener E., Tay L., Shigehiro O. Rising Income and the Subjective Well-Being of Nations. Journal of Personality and Social Psychology. 2013. vol. 104. no. 2. pp. 267–276. Available at: <https://www.apa.org/pubs/journals/releases/psp-104-2-267.pdf>

11 Global Prosperity Index. The Legatum Prosperity Index 2019 Overview. Available at: https://prosperitysite.s3-accelerate.amazonaws.com/8815/7433/3828/The_Legatum_Prosperty_Index_2019_Overview.pdf

Сведения об авторах

Алла Г. Леонтьева к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности, системного анализа и контроля, Тюменский государственный университет, ул. Володарского, 6, 625003, г. Тюмень, Россия, leonteva-ag@rambler.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5243-6645>

Information about authors

Alla G. Leontieva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security, system analysis, and monitoring department, Tyumen State University, Volodarskogo Street, 6, 625003 Tyumen, Russia, leonteva-ag@rambler.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5243-6645>

Вклад авторов

Алла Г. Леонтьева написала рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Alla G. Leontieva 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 27/01/2020	После редакции 07/02/2020	Принята в печать 16/02/2020
Received 27/01/2020	Accepted in revised 07/02/2020	Accepted 16/02/2020

Поиск всех решений задачи динамического программирования в случае совпадения их многокритериальных оценок

Юрий В. Бугаев	¹	y_bugaev52@mail.ru	 0000-0002-1043-7682
Людмила А. Коробова	¹	lyudmila_korobova@mail.ru	 0000-0003-1349-732X
Ирина Ю. Шурупова	²	i_shur@mail.ru	 0000-0002-0992-2998

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

² Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия

Аннотация. Среди математических методов, используемых в экономике, видное место занимает метод динамического программирования, с помощью которого организуется оптимальное управление многостадийными процессами. Недостатком этого метода является невозможность вычисления всех решений задачи при совпадении их критериальных оценок. Факт существования нескольких оптимальных траекторий многошагового процесса может означать, что задача поставлена не вполне корректно, в том смысле, что назначенные критерии не полно характеризуют исследуемую систему. Это означает, что традиционный метод динамического программирования необходимо доработать на случай существования нескольких оптимальных траекторий с одинаковым значением критерия. В данной статье предлагается наиболее общий вариант такой доработки, а именно, обобщению подвергается многокритериальная численная схема. Для более наглядного представления выкладок и результата исследования дискретную задачу динамического программирования будем описывать в терминах теории графов. В этом случае она сведется к задаче поиска оптимального пути на ориентированном графе. Для ее решения предлагается трехэтапный алгоритм, в состав которого включены следующие шаги. Первый этап – построение оптимальных критериальных оценок для путей из начальной вершины во все остальные. Для выполнения этого этапа наиболее универсальным методом является многокритериальный вариант метода Форда–Беллмана. Второй этап – построение графа оптимальных путей. В исходном графе отбираются дуги, составляющие часть оптимальных путей. Из них затем с помощью оригинального алгоритма формируется подграф, в котором все пути оптимальны. Аналитически доказывается, что данный алгоритм дает верный результат (корректен). Третий этап – перебор всех путей в построенном подграфе. Проведенные численные эксперименты показали, что предложенный трехэтапный метод эффективно работает на ориентированных графах любого типа в достаточно большом диапазоне размерности. Предложенный алгоритм с минимальными изменениями может быть использован для решения произвольной дискретной задачи динамического программирования.

Ключевые слова: математические методы, экономика, динамическое программирование, многостадийные процессы, корректность алгоритма

Search for all solutions to the dynamic programming problem if their multicriteria estimates coincide

Yuri V. Bugaev	¹	y_bugaev52@mail.ru	 0000-0002-1043-7682
Lyudmila A. Korobova	¹	lyudmila_korobova@mail.ru	 0000-0003-1349-732X
Irina Yu. Shurupova	²	i_shur@mail.ru	 0000-0002-0992-2998

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

² Military Training and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy" named after prof. N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina, st. Old Bolsheviks, 54 "A", Voronezh, 394064, Russia

Abstract. Among the mathematical methods used in economics, a prominent place is occupied by the dynamic programming method, with the help of which the optimal control of multi-stage processes is organized. The disadvantage of this method is the impossibility of calculating all solutions to the problem if their criteria-based estimates coincide. The fact of the existence of several optimal trajectories of a multi-step process may mean that the task is not set correctly, in the sense that the assigned criteria do not fully characterize the system under study. This means that the traditional method of dynamic programming needs to be refined in case of the existence of several optimal trajectories with the same value of the criterion. This article proposes the most general version of such refinement, namely, a multi-criteria numerical scheme is generalized. For a more visual representation of calculations and the result of the study, we will describe the discrete dynamic programming problem in terms of graph theory. In this case, it reduces to the problem of finding the optimal path on a directed graph. To solve it, a three-stage algorithm is proposed, the composition of which includes the following steps. The first stage is the construction of optimal criteria estimates for paths from the initial vertex to all the others. To perform this stage, the most universal method is the multicriteria version of the Ford – Bellman method. The second stage is the construction of a graph of optimal paths. In the original graph, arcs are selected that are part of the optimal paths. Of these, using the original algorithm, a subgraph is formed in which all paths are optimal. It is analytically proved that this algorithm gives the correct result (correct). The third stage is enumeration of all paths in the constructed subgraph. Numerical experiments showed that the proposed three-stage method works efficiently on oriented graphs of any type in a sufficiently large range of dimensions. The proposed algorithm with minimal changes can be used to solve an arbitrary discrete dynamic programming problem.

Keywords: mathematical methods, economics, dynamic programming, multi-stage processes, algorithm correctness

Для цитирования

Бугаев Ю.В., Коробова Л.А., Шурупова И.Ю. Поиск всех решений задачи динамического программирования в случае совпадения их многокритериальных оценок // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 398–403. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-398-403

For citation

Bugaev Yu.V., Korobova L.A., Shurupova I.Yu. Search for all solutions to the dynamic programming problem if their multicriteria estimates coincide. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 398–403. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-398-403

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

Введение

Высокая эффективность математических методов в естественных, технических и экономических науках постоянно получает практические подтверждения [1–10]. В частности, в экономической отрасли хорошо зарекомендовал себя метод динамического программирования (ДП) [1–3, 5–7]. С помощью этого метода удастся организовать эффективное управление многошаговыми процессами в сферах распределения инвестиций, управления ресурсами, сетевого планирования и др.

Широкое распространение схемы ДП определяет актуальность задач ее совершенствования. Одним из недостатков этой схемы является невозможность вычисления всех решений задачи при совпадении их критериальных оценок.

Поясним сказанное на примере. При рассмотрении экономических задач на практике довольно часто используется алгоритм классической задачи о рюкзаке. Причем используется задача именно о так называемом «целочисленном рюкзаке».

Пример 1. Заданы n вещей, их размеры w_i , стоимости s_i , и некоторое число H – вместимость рюкзака (все числа – натуральные). Требуется найти количество штук z_i каждой вещи, чтобы выполнялось условие $\sum_{i=1}^n z_i w_i \leq H$ и при этом суммарная ценность

вещей $f = \sum_{i=1}^n z_i s_i$ была максимальной.

Применим для решения представленной выше задачи метод ДП. Найдем решения при следующих данных: количество вещей $n = 4$; габариты (или размеры) $w = (2; 3; 5; 7)$; стоимость каждой вещи $s = (3; 5; 8; 11)$ и вместимость рюкзака $H = 10$. При таких исходных данных получим ответ: $z = (2; 2; 0; 0)$, $f^{\max} = 16$.

Однако несложно убедиться, что укладка $z = (1; 1; 1; 0)$ тоже является оптимальным решением. Очевидно, алгоритм ДП выбрал первый вариант из-за того, что при поиске максимального элемента в некотором наборе ответом всегда является первый из одинаковых максимальных элементов.

Согласно классическому определению, точка x^* называется точкой максимума функции $\varphi(x)$ на множестве X , если $\varphi(x^*) \geq \varphi(x)$ для всех $x \in X$. Т.е. в определении записано нестрогое неравенство. Отсюда, если X – конечное множество, на котором целевая функция имеет несколько точек максимума, то из сформулированного определения следует, что при буквальном следовании ему в выбор должны попасть все эти точки. Тогда в примере 1 необходимо предусмотреть следующие ситуации при решении. Если при решении учитывать порядок следования вещей при укладке вещей в рюкзак, то мы получим 15 вариантов оптимального управления процессом укладки вещей с одинаковым значением целевой функции. Если не определять порядок укладки вещей

в рюкзаке – четыре решения $(2, 2, 0, 0)$, $(1, 1, 1, 0)$, $(0, 1, 0, 1)$, $(0, 0, 2, 0)$.

Число подобных дублирующих вариантов в прикладных задачах большой размерности также может быть очень большим, а так как их критериальные оценки одинаковы, то в традиционной схеме ДП не принято тратить вычислительные ресурсы и находить их все – достаточно выбрать какое-то одно решение. Тем не менее, существует немало практически важных задач, решаемых методом ДП, в которых надо найти не просто одно первое попавшееся оптимальное решение, но найти все такие решения. В частности, это касается известной задачи поиска критического пути в сетевом графе при реализации метода PERT управления проектами. В процессе решения этой задачи для вычисления резервов времени выполнения работ, запланированных в проекте, необходимо определить вершины, лежащие на критическом пути. Если же таких путей несколько, то возникает неоднозначность в оценках, особенно в том варианте метода, при котором критический путь может меняться на итерациях решения более общей задачи [10].

В общем случае само существование нескольких оптимальных траекторий многошагового процесса с большой вероятностью может означать, что задача поставлена не вполне корректно, в том смысле, что назначенные критерии не полно характеризуют исследуемую систему. Тогда для выбора оптимального варианта придется прибегать к каким-нибудь вспомогательным процедурам, возможно, с подключением новых критериев. А раз так, то вполне возможно, что именно среди траекторий, не найденных на первом этапе, и находится оптимальное решение.

Это означает, что необходимо доработать традиционную схему ДП на случай существования нескольких оптимальных траекторий с одинаковым значением критерия. В данной статье предлагается наиболее общий вариант такой доработки, а именно, обобщению подвергается многокритериальная схема ДП.

Методы

Решение дискретной задачи оптимизации многошагового процесса методом ДП удобно описывать в терминах теории графов. В этом случае получаем задачу поиска оптимального пути на ориентированном графе.

Существуют две схемы нахождения оптимальных решений данной задачи. Первая связана с запоминанием условно-оптимальных решений при первом проходе алгоритма. Вторая схема основана на восстановлении траекторий. При первом проходе запоминаются только критериальные оценки условно-оптимальных траекторий. При втором проходе оптимальное решение определяется на основе ключевого равенства, которое в терминах задачи поиска оптимального пути на графе имеет вид:

$$D(v) = D(u) + \rho(u, v), \quad (1)$$

где v – очередная анализируемая вершина, u – вершина, предшествующая v , $\rho(u, v)$ – длина дуги (u, v) , $D(x)$ – найденная при прямом ходе протяженность (критериальная оценка) оптимального пути из начальной вершины в вершину x . Для текущей вершины v выбирают смежную с ней вершину u , удовлетворяющую равенству (1). Её считают следующей вершиной оптимального пути, полагают $v = u$ и процесс восстановления продолжается до достижения начальной вершины.

Воспользуемся второй схемой для разработки алгоритма восстановления всех оптимальных решений многокритериальной задачи поиска оптимальных путей на графе. Его наиболее подходящий для данного случая прототип опубликован авторами в [11].

Пусть задан граф G , каждая дуга (u, v) которого снабжена векторным весом $A[u, v]$, вес произвольного пути равен сумме весов составляющих дуг, и на множестве весов дуг и путей задано некоторое бинарное отношение предпочтения R . Требуется определить все пути, веса которых не доминируются в смысле отношения R , в том числе надо найти и пути с совпадающими критериальными оценками. Сокращённо искомые пути назовём R -оптимальными.

Введем следующие обозначения:

- V – множество вершин графа;
- s, f – начальная и конечная вершины искомого пути;
- $p(u, v)$ – часть пути p , соединяющая лежащие на нём вершины u и v ;
- $F(p)$ – многокритериальная оценка длины пути p (целевая вектор-функция);
- $\{D[v]\}$ – множество оптимальных векторных весов путей из начальной вершины (источника) s в вершину v , полученное в результате работы алгоритма;
- $PP[v]$ – список вершин графа, предшествующих вершине v ;
- $C^R(X)$ – множество значений функции выбора на X , определяемой механизмом блокировки по заданному бинарному отношению R ;
- $a \Leftarrow L$ – операция исключения элемента a из списка L .

Сделаем следующие предположения.

1. В графе G каждая пара вершин может соединяться не более чем одной дугой.
2. Векторный вес любого контура, имеющегося в графе, доминируется в смысле отношения R нулевым вектором.

3. Отношение R транзитивно, асимметрично и инвариантно относительно добавления произвольного элемента. Последнее свойство означает, что для любых трёх элементов $x, y, b \in E^m$ следующие отношения эквивалентны:

$$xRy \text{ и } (x + b)R(y + b).$$

Обсуждение

Решение задачи разбивается на три этапа. Опишем их на неформальной версии языка PASCAL.

1 этап. Построение оптимальных критериальных оценок для путей из начальной вершины s во все остальные.

Предлагается следующий алгоритм 1, представляющий собой многокритериальный вариант известного метода Форда – Беллмана.

```

for  $v \in V \setminus \{s\}$  do  $\{D[v]\} := \{A[s, v]\};$ 
 $\{D[s]\} := \emptyset;$ 
for  $k := 1$  to  $n - 2$  do
  for  $v \in V \setminus \{s\}$  do
    for  $u \in PP[v]$  do
      for  $q \in \{D[u]\}$  do
         $\{D[v]\} := C^R(\{D[v]\} \cup \{q + A[u, v]\});$ 

```

Корректность данного алгоритма доказывает следующая теорема, являющаяся частным случаем более общей теоремы из [11].

Теорема 1. Если граф G и бинарное отношение R удовлетворяют предположениям 1 – 3, то множество оценок, полученных алгоритмом 1, совпадает с множеством оценок R -оптимальных путей графа.

2 этап. Построение графа R -оптимальных путей.

Отбираются дуги, составляющие часть R -оптимальных путей. Из них затем формируется подграф G_1 , в котором все пути R -оптимальны. Данный блок алгоритма (алгоритм 2) выглядит так

```

for  $v \in V$ 
  begin  $PP\_Eq[v] := PP[v];$ 
  for  $u \in PP[v]$  do
    begin  $M := \text{true};$ 
    for  $z \in \{D[v]\}$  do
      for  $y \in \{D[u]\}$  do
        if  $z = y + A[u, v]$  then
          begin  $M := \text{false};$  break; end;
        if not( $M$ ) then break;
      if  $M$  then  $u \Leftarrow PP\_Eq[v];$ 
    end;
  end;

```

< Формирование графа по спискам предшествования $PP\_Eq[v]$ >

В традиционной схеме с восстановлением путей этапы поиска подходящих дуг и построение оптимальных путей совмещены в одном блоке.

Однако при наличии равновеликих путей приходится сохранять варианты в соответствующих структурах данных, (подграф G_1) а затем на третьем этапе выявлять все возможные решения. Как видно из описания алгоритма, отбор дуг, составляющих решение задачи, основан на выполнении следующего условия.

$$\exists z \in \{D[v]\} \exists y \in \{D[u]\}: z = y + A[u, v]. \quad (2)$$

При его выполнении вершина u остаётся в списке предшествования $PP\_Eq[v]$.

Результат работы алгоритма 2 приведён на рисунке 1. Дуги исходного графа снабжены двумя критериями, указанными в скобках. Задача

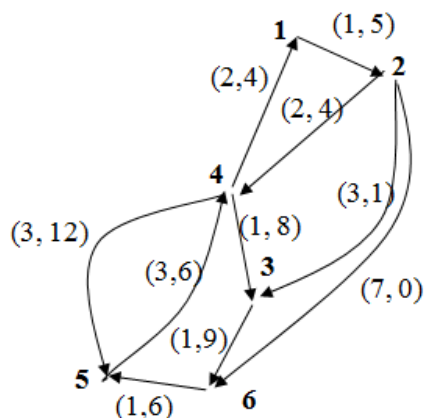


Рисунок 1. Исходный граф

Figure 1. Graph

Теорема 2. Пусть подграф G_1 графа G задан списками предшествования $PP\_Eq[v]$, $v \in V$, которые построены по алгоритму 2 (рисунок 2). Тогда множества всех R -оптимальных путей на графе G и путей на подграфе G_1 из начальной вершины s в конечную f совпадают.

В [11] доказана теорема, которая утверждает, что при сформулированных допущениях 1 – 3 каждая часть R -оптимального пути графа также R -оптимальна. Обозначим это свойство сокращённо «свойство [11]». Им мы воспользуемся при доказательстве теоремы 2.

Доказательство. Пусть $p \in G$ – произвольный R -оптимальный путь из s в f . Покажем, что $p \in G_1$. Рассмотрим вторую от начала пути p вершину v . Для нее справедливо равенство (2) при $u = s$, поскольку $D[s] = 0$, и вершины s и v соединяет единственная дуга. Следовательно, $s \in PP\_Eq[v]$, а значит, $(s, v) \in G_1$.

Далее, по предположению индукции, допустим, что для произвольной вершины $u \in G$ вся часть $p(s, u)$ пути p от s до u принадлежит G_1 , и пусть v – следующая вершина пути p . Покажем, что $(u, v) \in G_1$.

состоит в поиске всех Парето-оптимальных путей из вершины $s = 1$ в вершину $f = 5$. Всего из вершины $s = 1$ в вершину $f = 5$ ведут три Парето-оптимальных пути, два из которых имеют совпадающие критериальные оценки.

Отметим очевидный факт, что алгоритм не создаёт в графе новых вершин и рёбер, а только исключает рёбра, не удовлетворяющие равенству (2). Поэтому, любая вершина, дуга или путь, имеющиеся в графе G_1 , также присутствуют в G . Открытым остаётся лишь вопрос о соответствии произвольных путей в графе G_1 R -оптимальным путям в G . Ответ даёт следующая теорема.

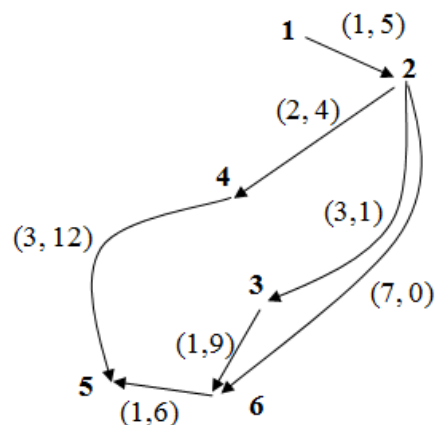


Рисунок 2. Граф со списками предшествования $PP\_Eq[v]$

Figure 2. Graph $PP\_Eq[v]$

Очевидно, $F(p(s, u)) + A[u, v] = F(p(s, v))$.

Но согласно свойству [11], части $p(s, u)$ и $p(s, v)$ пути p R -оптимальны, и, следовательно, $F(p(s, u)) \in \{D[u]\}$ и $F(p(s, v)) \in \{D[v]\}$. Значит, при $y = F(p(s, u))$ и $z = F(p(s, v))$ выполняется равенство (2) и при работе алгоритма 2, дуга (u, v) не будет исключена и $(u, v) \in G_1$.

Отсюда, по индукции следует, что весь путь p принадлежит G_1 .

Обратно. Пусть на подграфе G_1 q – произвольный путь из s в f . Покажем, что на графе G он является R -оптимальным.

Рассмотрим его первое ребро (s, t) . Т.к. по условию это единственное ребро, соединяющее s и t , то оно является R -оптимальным путём из s в t на графе G . Иными словами, для первого ребра пути q требуемое утверждение верно.

Предположим, что для произвольной вершины $u \in q$ вся часть $q(s, u)$ пути q от s до u является R -оптимальным путем из s в u на графе G , и пусть v – следующая вершина пути q . Покажем, что составной путь $q(s, u) \& (u, v) \in q$ является R -оптимальным на G .

Согласно алгоритму 2, дуга (u, v) остаётся в графе G_1 в том, и только в том случае, если одновременно выполнены три условия:

$F(q(s, u)) \in \{D[u]\}$, $F(q(s, v)) \in \{D[v]\}$ и $F(q(s, v)) = F(q(s, u)) + A[u, v]$.

По предположению индукции, $F(q(s, u)) \in \{D[u]\}$, а по построению q $F(q(s, v)) = F(q(s, u)) + A[u, v]$. Кроме того, известно, что $(u, v) \in G_1$. Отсюда получим $F(q(s, v)) \in \{D[v]\}$.

Поскольку $\{D[v]\}$ – множество недоминируемых альтернатив, то в G не может существовать пути из s в v , который доминировал бы над путём $q(s, v)$. Следовательно, $q(s, v)$ – R -оптимальный путь из s в v .

Отсюда, по индукции получаем, что q – R -оптимальный путь на графе G из s в f .

3 этап. Перебор всех путей в построенном графе.

Наиболее простой метод решения этой задачи – алгоритм поиска с возвратом (*backtracking*) [11]. Часто он реализуется в рекурсивной форме. Для задач большой размерности метод не применяется, т. к. он перебирает все возможные решения. Но в данном случае нас интересуют именно все решения, поэтому применение данного метода оправдано. Ниже приведена рекурсивная схема поиска с возвратом всех путей в графе, представленным списками предшествования $PP\_Eq[v]$.

```

Procedure back_tracking( $k$ );
begin for  $y \in PP\_Eq[x[k-1]]$  do
  if  $y = s$  then
    write  $(s, x[k-1], \dots, x[1])$ ;
  else
    begin  $x[k] := y$ ;
      back_tracking ( $k + 1$ );
    end;
  end;
{Головная процедура поиска с возвратом}
begin  $x[1] := f$ ;
  back_tracking(2);
end.

```

Заключение

Разработан трехэтапный алгоритм поиска в произвольном ориентированном графе всех путей, оптимальных в смысле асимметричного транзитивного критериального отношения предпочтения, в том числе путей, имеющих совпадающие критериальные оценки. Теоретически доказана корректность алгоритма. Проведенные численные эксперименты показали, что предложенный метод эффективно работает на ориентированных графах любого типа в достаточно большом диапазоне размерности. Предложенный алгоритм с минимальными изменениями может быть использован для решения произвольной дискретной задачи динамического программирования.

Литература

- 1 Тарасенко А.В., Егорова И.Л. Принцип оптимальности Беллмана в задаче оптимального распределения средств между предприятиями на расширение производства // Вестник университета. 2019. № 10. С. 132–138.
- 2 Параев Ю.И., Грекова Т.И., Полуэктова К.О. Оптимальное управление односекторной экономикой при случайном изменении фондовооруженности труда // Вестник томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2018. № 42. С. 23–29.
- 3 Скворцов Ю.С., Рындин Н.А., Амоа А.Ж.К. Модель динамического севооборота на основе уравнения Беллмана с конечным горизонтом // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 1 (24). С. 449–458.
- 4 Катаев А.В., Катаева Т.М. Сетевая бизнес-модель развития регионального промышленного комплекса в условиях цифровизации // Вестник Таганрогского института управления и экономики. 2019. № 2 (30). С. 26–28.
- 5 Si Y., Yang W., Zhou H. A simulation analysis on regional logistics development based on system dynamics: The case of Yunnan province // 5-th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA). Singapore. 2018. P. 560–564.
- 6 Castellacci F., Natera J.M. The dynamics of national innovation systems: A panel cointegration analysis of the coevolution of innovative capability and absorptive capacity // Research Policy. 2013. V. 42. № 3. P. 579–594.
- 7 Uriona-Maldonado M., Grobbelaar S.S. Innovation system policy analysis through system dynamics modeling: A systematic review // Science and Public Policy. 2019. V. 46. № 1. P. 28–44.
- 8 Ferraz J.C., Coutinho L. Investment policies, development finance and economic transformation: Lessons from BNDES // Structural Change and Economic Dynamics. 2019. V. 48. № C. P. 86–102.
- 9 Valencic R., Wawrosz P. Limits of neoclassical utility theory and some possible ways how to overcome them // Journal of International Scientific Publications Volume. 2016. № 10. P. 23–31.
- 10 Бугаев Ю.В., Коробова Л.А. Использование аппарата двойственности в задаче о назначениях на сетевой модели // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМТУКТ-2019): сб. тр. XII междунар. конф. 2019. С. 100–104.
- 11 Блинов И.В., Бугаев Ю.В., Чикунов С.В. Обобщение алгоритма Флойда-Уоршалла на случай нескольких критериев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2009. Т. 15. № 4. С. 885–892.

References

- 1 Tarasenko A.V., Egorova I.L. Bellman's optimality principle in the problem of optimal distribution of funds between enterprises for the expansion of production. University Herald. 2019. no 10. pp. 132–138. (in Russian).
- 2 Paraev Yu.I., Grekova T.I., Poluektova K.O. Optimal management of a single-sector economy with a random change in the capital-labor ratio. Tomsk State University Bulletin. Management, computer engineering and computer science. 2018. no. 42. pp. 23–29. (in Russian).

- 3 Skvortsov Yu.S., Ryndin N.A., Amoa A.Zh.K.K. A dynamic crop rotation model based on the Bellman equation with a finite horizon. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2019. vol. 7. no. 1 (24). pp. 449–458. (in Russian).
- 4 Kataev A.V., Kataeva T.M. Network business model for the development of a regional industrial complex in the context of digitalization. *Bulletin of the Taganrog Institute of Management and Economics*. 2019. No. 2 (30). pp. 26–28. (in Russian).
- 5 Si Y., Yang W., Zhou H. A simulation analysis on regional logistics development based on system dynamics: The case of Yunnan province. 5 th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA). Singapore. 2018. pp. 560–564.
- 6 Castellacci F., Natera J.M. The dynamics of national innovation systems: A panel cointegration analysis of the coevolution between innovative capability and absorptive capacity. *Research Policy*. 2013. vol. 42. no. 3. pp. 579–594.
- 7 Uriona-Maldonado M., Grobbelaar S.S. Innovation system policy analysis through system dynamics modeling: A systematic review. *Science and Public Policy*. 2019. vol. 46. no. 1. pp. 28–44.
- 8 Ferraz J.C., Coutinho L. Investment policies, development finance and economic transformation: Lessons from BNDES. *Structural Change and Economic Dynamics*. 2019. vol. 48. no. C. pp. 86–102.
- 9 Valencic R., Wawrosz P. Limits of neoclassical utility theory and some possible ways how to overcome them. *Journal of International Scientific Publications Volume*. 2016. no. 10. pp. 23–31.
- 10 Bugaev Yu.V., Korobova L.A. The use of the duality apparatus in the assignment problem on a network model. *Modern methods of applied mathematics, control theory and computer technology (PMTUKT 2019): Sat. tr XII international conf.* 2019. pp. 100–104. (in Russian).
- 11 Blinov I.V., Bugaev Yu.V., Chikunov S.V. A generalization of the Floyd-Warshall algorithm to the case of several criteria. *Bulletin of the Tambov State Technical University*. 2009. vol. 15. no. 4. pp. 885–892. (in Russian).

Сведения об авторах

Юрий В. Бугаев д.ф.-м.н., профессор, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, y_bugaev52@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1043-7682>

Людмила А. Коробова к.т.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, lyudmila_korobova@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1349-732X>

Ирина Ю. Шурупова к.ф.-м.н., преподаватель, кафедра математики, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия, i_shur@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0992-2998>

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

Yuri V. Bugaev Dr. Sci. (Phys.-Math.), professor, higher mathematics and information technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, y_bugaev52@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1043-7682>

Lyudmila A. Korobova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, higher mathematics and information technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, lyudmila_korobova@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1349-732X>

Irina Yu. Shurupova Cand. Sci. (Phys.-Math.), lecturer, math department, Military Training and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy" named after prof. N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina, st. Old Bolsheviks, 54 "A", Voronezh, 394064, Russia, i_shur@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0992-2998>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 05/02/2020	После редакции 17/02/2020	Принята в печать 26/02/2020
Received 05/02/2020	Accepted in revised 17/02/2020	Accepted 26/02/2020

Оценка конкурентоспособности предприятий розничной торговли в городе Нальчик

Ирина Ш. Дзахмишева¹ irina_dz@list.ru  0000-0002-7324-5338

¹ Кабардино-Балкарский ГАУ, пр-т Ленина, 1в, г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, 360030, Российская Федерация

Аннотация. В статье определена способность предприятий розничной торговли, способность предприятия торговли удовлетворять требованиям потребителей в высококачественной продукции и торговых услугах с учетом местных или региональных особенностей. Обобщение существующей терминологии позволяет понимать под конкурентоспособностью предприятий розничной торговли, способность предприятия торговли удовлетворять требованиям потребителей в высококачественной продукции и торговых услугах с учетом местных или региональных особенностей. Оценка уровня конкурентоспособности розничного торгового предприятия осуществляется в следующей последовательности: выбор критериев и их оценка; определение коэффициентов весомости критериев; расчет обобщенного критерия. Для расчета обобщенного уровня конкурентоспособности розничного торгового предприятия предложены критерии и их балльные оценки, и определены их коэффициенты весомости. Существенным критерием конкурентоспособности предприятий розничной торговли служит степень удовлетворения ими реальных потребностей, что и обуславливает разную привлекательность конкурентов для потребителей. Проведено прямое сравнение розничных предприятий в ряду аналогичных (реализующих аналогичную продукцию или оказывающих одинаковые услуги) по главным параметрам (показателям): атмосфера магазина, внутренняя среда магазина, качество товаров и услуг, имидж предприятия; финансово-экономические показатели. Сравнительная оценка конкурентоспособности розничных торговых предприятий, позволила установить, что гипермаркет «Дея» является наиболее конкурентоспособным торговым предприятием. Вместе с этим необходимо направить деятельность гипермаркета на совершенствование финансово-экономической составляющей и повышение имиджа предприятия. Одним из направлений повышения финансово-экономических показателей торгового предприятия является мерчендайзинг.

Ключевые слова: атмосфера, внутренняя среда, имидж, качество, конкурентоспособность, гипермаркет

Evaluation of competitiveness of retail enterprises in Nalchik

Irina Sh. Dzakhmishева¹ irina_dz@list.ru  0000-0002-7324-5338

¹ Kabardino-Balkar State Agricultural University, Lenina Ave., 1B, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, 360030, Russian Federation

Abstract. The article defines the ability of retailers, the ability of retailers to meet the requirements of consumers in high-quality products and trade services, taking into account local or regional characteristics. A generalization of the existing terminology allows us to understand the competitiveness of retailers as the ability of a retailer to meet the requirements of consumers in high-quality products and trading services taking into account local or regional characteristics. Assessment of the competitiveness level of a retail trade enterprise is carried out in the following sequence: selection of criteria and their assessment; determination of criteria weighting factors; calculation of a generalized criterion. To calculate the generalized competitiveness level of a retail trade enterprise, criteria and their scores are proposed, and their weighting factors are determined. An essential criterion for the competitiveness of retail enterprises is the degree to which they meet their real needs, which determines the different attractiveness of competitors to consumers. A direct comparison of retail enterprises in a series of similar ones (selling similar products or providing the same services) was carried out according to the main parameters (indicators): the atmosphere of the store, the internal environment of the store, the quality of goods and services, the image of the enterprise; financial and economic indicators. A comparative assessment of the competitiveness of retail trade enterprises has made it possible to establish that the Deya hypermarket is the most competitive trading enterprise. Along with this, it is necessary to direct the activities of the hypermarket to improve the financial and economic component and increase the image of the enterprise. One of the ways to increase the financial and economic indicators of a trading company is merchandising.

Keywords: atmosphere, internal environment, image, quality, competitiveness, hypermarket

Введение

В условиях развитого конкурентного товарного рынка города Нальчик, проблема обеспечения конкурентоспособности предприятий розничной торговли представляется актуальной. Основными участниками товарного рынка выступают изготовители, посредники и потребители продукции. В процессе товародвижения от изготовителей к потребителям, промежуточным звеном является розничная торговля, которая, с одной стороны, вырабатывает меры по достижению и поддержанию конкурентных преимуществ на рынке товаров, с другой стороны, обеспечивает баланс между спросом и предложением.

Обеспечение конкурентоспособности торгового предприятия предполагает необходимость ее количественной оценки. Без такой оценки конкурентоспособности, все предусматриваемые предприятием меры по поддержанию эффективного функционирования торгового предприятия на должном уровне останутся благим пожеланием [9–12].

Цель работы – оценка способности предприятий розничной торговли удовлетворять требованиям потребителей в высококачественной продукции на товарном рынке города Нальчик.

Для цитирования

Дзахмишева И.Ш. Оценка конкурентоспособности предприятий розничной торговли в городе Нальчик // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 404–408. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-404-408

For citation

Dzakhmishева I.Sh. Evaluation of competitiveness of retail enterprises in Nalchik. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 404–408. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-404-408

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

Объекты и методы

Объектом исследования являются аналогичные по виду и типу розничные торговые предприятия – гипермаркеты, реализующие продовольственные товары: «Вестер», «Дей» и «Маяк».

Предметом исследования является торговая деятельность розничных торговых предприятий.

Стандартизированного и законодательно закреплённого термина конкурентоспособности не существует. Вместе с тем, в экономической литературе представлено множество определений конкурентоспособности [1–8]. Обобщение существующей терминологии позволяет понимать под конкурентоспособностью предприятий розничной торговли, способность предприятия торговли удовлетворять требованиям потребителей в высококачественной продукции и торговых услугах с учетом местных или региональных особенностей.

Для определения современного положения розничных предприятий в ряду аналогичных (реализующих аналогичную продукцию или оказывающих одинаковые услуги), достаточно провести их прямое сравнение по главным параметрам (показателям). Существенным критерием конкурентоспособности предприятий розничной торговли служит степень удовлетворения ими реальных потребностей, что

и обуславливает разную привлекательность конкурентов для потребителей. Однако непосредственное измерение степени удовлетворения потребностей невозможно в силу психофизиологического восприятия потребителями товаров и отдельных торговых предприятий. Порой разрекламированные товары с невысокими потребительскими свойствами воспринимаются потребителями более благожелательно, чем не рекламируемые товары с одинаковыми и даже повышенными потребительскими свойствами.

Оценка уровня конкурентоспособности розничного торгового предприятия осуществляется в следующей последовательности [4–5]:

1. выбор критериев и их оценка;
2. определение коэффициентов весомости критериев;
3. расчет обобщенного критерия.

Для расчета обобщенного уровня конкурентоспособности розничного торгового предприятия предлагаются критерии и их балльные оценки.

Показатели конкурентоспособности розничного торгового предприятия и критерии их словесной оценки представлены в таблице 1.

На следующем этапе определены коэффициенты весомости выбранных критериев, которые представлены в таблице 2.

Таблица 1.

Показатели конкурентоспособности розничного торгового предприятия и критерии их словесной оценки

Table 1.

Retail trade competitiveness indicators and verbal assessment criteria

Комплексный показатель Comprehensive indicator	Групповой показатель Group indicator		Балльная оценка и их словесной критерии Score and their verbal criteria		
			привлекательный attractive	мало привлекательный little attractive	не привлекательный not attractive
1	2		3	4	5
Атмосфера магазина Shop atmosphere	территориальная среда	territorial environment	центральные деловые зоны central business areas	окраина города outskirts	пригородные зоны suburban areas
	внешняя экологическая среда	external environmental environment	способствует улучшению экологической среды contributes to the improvement of the ecological environment	способствует сохранению экологической среды contributes to the preservation of the ecological environment	ухудшает состояние экологической среды degrades the environment
	территориальная и транспортная доступность	territorial and transport accessibility	доступное для транспортных средств и пешеходов accessible for vehicles and pedestrians	малодоступное для транспортных средств inaccessible to vehicles	не доступное для транспортных средств not accessible for vehicles
	удобство расположения магазина	convenience store location	удобное comfortable	не достаточно удобное not comfortable enough	не удобное not comfortable
	уровень оформления входной зоны	entry zone clearance level	высокий high	хороший good	низкий low
Внутренняя среда магазина The internal environment of the store	внутренняя экологическая среда	internal ecological environment	комфортная comfortable	не достаточно комфортная not comfortable enough	не комфортная not comfortable
	освещение и световые эффекты	lighting and lighting effects	интенсивное intense	комфортное comfortable	не достаточное not enough
	уровень оформления прикассовой зоны	checkout area level	высокий high	хороший good	низкий low
	удобство расположения и выкладки товаров в торговом зале	convenience of location and display of goods on the trading floor	удобное comfortable	не достаточно удобное not comfortable enough	не удобное not comfortable

Предложение таблицы 1 Summary of table					
1	2	3	4	5	6
Внутренняя среда магазина The internal environment of the store	рациональность ассортимента товаров	rationality of the assortment of goods	1	0,8–0,9	< 0,7
Качество товаров и услуг The quality of goods and services	уровень качества реализуемых товаров	quality level of goods sold	высокая high	средняя medium	низкая low
	культура обслуживания	service culture			
	условия обслуживания	terms of service			
	доступность услуги	service availability			
Имидж предприятия Enterprise Image			1	0,8–0,9	< 0,7
Финансово- экономические показатели Financial and economic indicators	уровень цен	price level	низкий low	средний medium	высокий high
	прибыльность	profitability	высокая high		низкая low
	товарооборот	commodity circulation			

Таблица 2.

Средние значения коэффициентов весомости показателей конкурентоспособности розничного торгового предприятия

Table 2.

The average value of the coefficients of weighting indicators of competitiveness of retail trade enterprises

Показатели конкурентоспособности, P_i	Competitiveness Indicators, P_i	Коэффициенты весомости, m_i Weight coef., m_i
атмосфера магазина	shop atmosphere	0,2
территориальная среда	territorial environment	0,05
внешняя экологическая среда	external environmental environment	0,04
территориальная и транспортная доступность	territorial and transport accessibility	0,04
удобство расположения магазина	convenience store location	0,02
уровень оформления входной зоны	entry zone clearance level	0,05
внутренняя экологическая среда	internal ecological environment	0,2
внутренняя экологическая среда	internal ecological environment	0,05
освещение и световые эффекты	lighting and lighting effects	0,03
уровень оформления прикассовой зоны	checkout area level	0,05
удобство расположения и выкладки товаров в торговом зале	convenience of location and display of goods on the trading floor	0,04
рациональность ассортимента товаров	rationality of the assortment of goods	0,03
качество товаров и услуг	the quality of goods and services	0,4
уровень качества реализуемых товаров	quality level of goods sold	0,15
культура обслуживания	service culture	0,1
условия обслуживания	terms of Service	0,1
доступность услуги	service availability	0,95
имидж предприятия	enterprise image	0,1
финансово-экономические показатели	financial and economic indicators	0,1
уровень цен	price level	0,05
прибыльность	profitability	0,03
товарооборот	commodity circulation	0,02

Результаты и обсуждение

Результаты сравнительной оценки конкурентоспособности розничных торговых предприятий представлены в таблице 3.

Обобщенный показатель конкурентоспособности розничных торговых предприятий, K_o определяется по формуле 1:

$$K_o = K_{am} + K_{ec} + K_{кту} + K_u + K_{\phi}, \quad (1)$$

где K_{am} – групповой показатель конкурентоспособности атмосферы магазина; K_{ec} – групповой показатель конкурентоспособности внутренней экологической среды; $K_{кту}$ – групповой показатель конкурентоспособности качества товаров и услуг; K_u – групповой показатель конкурентоспособности имиджа предприятия; K_{ϕ} – групповой

показатель конкурентоспособности финансово-экономического положения.

Групповой показатель конкурентоспособности торговых предприятий, $K_{гр}$ рассчитывается по формуле 2:

$$K_{гр} = \sum P_i m_i, \quad (2)$$

где P_i – балльная оценка i -го показателя конкурентоспособности торговых предприятий; m_i – коэффициент весомости i -го показателя конкурентоспособности торговых предприятий.

Уровень конкурентоспособности розничных торговых предприятий, представлен на рисунке 1.

Таблица 3.

Сравнительная оценка конкурентоспособности розничных торговых предприятий

Table 3.

Comparative evaluation of the competitiveness of retail outlets

Показатель Indicator		Результаты оценки		Result
		Гипермаркет «Вестер»	Гипермаркет «Дея»	Гипермаркет «Маяк»
		Атмосфера магазина		Shop atmosphere
территориальная среда	territorial environment	центральные деловые зоны central business areas		окраина города outskirts
внешняя экологическая среда	external environmental environment	способствует улучшению экологической среды contributes to the improvement of the ecological environment		способствует сохранению экологической среды contributes to the preservation of the ecological environment
территориальная и транспортная доступность	territorial and transport accessibility	доступное для транспортных средств и пешеходов accessible for vehicles and pedestrians		мало доступное для транспортных средств и пешеходов little accessible for vehicles and pedestrians
удобство расположения магазина	convenience store location	удобное comfortable		не удобное not comfortable
уровень оформления входной зоны	entry zone clearance level	высокий high		низкий low
		Внутренняя экологическая среда Internal environment		
внутренняя экологическая среда	internal ecological environment	комфортная comfortable		не комфортная not comfortable
освещение и световые эффекты	lighting and lighting effects	интенсивное intense		не достаточное not enough
уровень оформления прикассовой зоны	checkout area level	высокий high		низкий low
удобство расположения и выкладки товаров в торговом зале	convenience of location and display of goods on the trading floor	удобное comfortable		не удобное not comfortable
рациональность ассортимента товаров	rationality of the assortment of goods	1		< 0,7
		Качество товаров и услуг Quality of goods and services		
уровень качества реализуемых товаров	quality level of goods sold	высокая high		средняя medium
культура обслуживания	service culture			средняя medium
условия обслуживания	terms of service			низкая low
доступность услуги	service availability			
имидж предприятия	enterprise image			
		Финансово-экономические показатели Financial and economic indicators		
уровень цен	price level	высокий high	средний medium	низкий low
прибыльность	profitability	средняя medium		высокий high
товарооборот	commodity circulation			

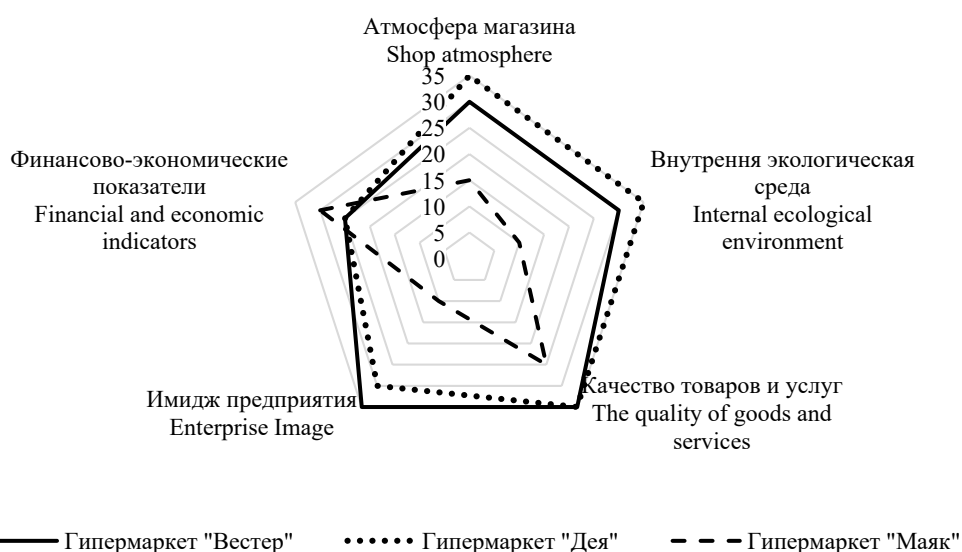


Рисунок 1. Уровень конкурентоспособности розничных торговых предприятий

Figure 1. The level of competitiveness of retail trade enterprises

Заключение

Сравнительная оценка конкурентоспособности розничных торговых предприятий, позволила установить, что гипермаркет «Дея» является наиболее конкурентоспособным торговым предприятием. Вместе с этим необходимо

направить деятельность гипермаркета на совершенствование финансово-экономической составляющей и повышение имиджа предприятия. Одним из направлений повышения финансово-экономических показателей торгового предприятия является мерчендайзинг.

Литература

1. Алексенко А.А., Лейсле Т.В. Управление конкурентоспособностью предприятия // Раздел. 2017. С. 88.
2. Архипов И.К., Абрамова В.И. Оценка конкурентоспособности торговых предприятий // Актуальные проблемы социально-экономического развития предприятий, отраслей, комплексов. 2017. С. 29-33.
3. Бондаренко В.А., Костоглодов Д.Д., Емельяненко И.С. Маркетинговые решения в управлении конкурентоспособностью предприятий: монография. Scientific magazine "Kontsep", 2016.
4. Виноградова С.В., Маркина Н.В. Конкурентоспособность торговой услуги // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 8. Менеджмент. 2006. № 2.
5. Leung S., Mo P., Ling H., Chandra Y. et al. Enhancing the competitiveness and sustainability of social enterprises in Hong Kong: A three-dimensional analysis // China Journal of Accounting Research. 2019. V. 12. № 2. P. 157-176.
6. Жебелев И. Оценка конкурентоспособности предприятий розничных торговых сетей // Предпринимательство. 2008. № 3. С. 45-50.
7. Николаева Т.И., Ялунина Е.Н. Научно-методический подход к оценке конкурентоспособности торговой организации // Journal of new economy. 2006. № 4 (16).
8. Казакова Н.А., Гендон А.Л., Муравьева Н.Ю. Анализ и оценка конкурентоспособности торговых организаций Приднестровья // Статистика и экономика. 2016. № 2.
9. Курганова Н.Ю. Методические подходы к оценке конкурентоспособности розничных торговых сетей // Бизнес. Образование. Право. 2019. № 1. С. 309-314.
10. Chang Y., Hu J. Analysis on the Mode of Multinational Retail Enterprises Entering Chinese Market—Take Walmart, Carrefour and Metro as Examples // Modern Economy. 2020. V. 11. № 01. P. 17.
11. Wang S.C., Hsu H.W., Dai C.G., Ho C.L. et al. Use Product Segmentation to Enhance the Competitiveness of Enterprises in the IoT // 2019 IEEE 10th International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST). IEEE, 2019. P. 1-6.
12. Chinarov V. Ways to improve the competitiveness of dairy cattle in the Russian Federation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. V. 274. №. 1. P. 012044.

References

1. Aleksenko A.A., Leisle T.V. Management of enterprise competitiveness. Section. 2017. pp. 88. (in Russian).
2. Arkhipov I.K., Abramova V.I. Assessment of the competitiveness of trade enterprises. Actual problems of socio-economic development of enterprises, industries, complexes. 2017. pp. 29-33. (in Russian).
3. Bondarenko V.A., Kostoglodov D.D., Emelianenko I.S. Marketing decisions in managing the competitiveness of enterprises: a monograph. Scientific magazine "Kontsep", 2016. (in Russian).
4. Vinogradova S.V., Markina N.V. Competitiveness of trade services. Bulletin of St. Petersburg University. Series 8. Management. 2006. no. 2. (in Russian).
5. Leung S., Mo P., Ling H., Chandra Y. et al. Enhancing the competitiveness and sustainability of social enterprises in Hong Kong: A three-dimensional analysis. China Journal of Accounting Research. 2019. vol. 12. no. 2. pp. 157-176.
6. Zhebelev I. Assessment of the competitiveness of enterprises of retail trade networks. Entrepreneurship. 2008. no. 3. pp. 45-50. (in Russian).
7. Nikolaeva T.I., Yalunina E.N. Scientific and methodological approach to assessing the competitiveness of a trade organization. Journal of new economy. 2006. no. 4 (16). (in Russian).
8. Kazakova N.A., Gendon A.L., Muravyova N.Yu. Analysis and assessment of the competitiveness of trade organizations in Transnistria. Statistics and Economics. 2016. no. 2. (in Russian).
9. Kurganova N.Yu. Methodological approaches to assessing the competitiveness of retail trade networks. Business. Education. Right. 2019. no. 1. pp. 309-314. (in Russian).
10. Chang Y., Hu J. Analysis on the Mode of Multinational Retail Enterprises Entering Chinese Market—Take Walmart, Carrefour and Metro as Examples. Modern Economy. 2020. vol. 11. no. 01. pp. 17.
11. Wang S.C., Hsu H.W., Dai C.G., Ho C.L. et al. Use Product Segmentation to Enhance the Competitiveness of Enterprises in the IoT. 2019 IEEE 10th International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST). IEEE, 2019. pp. 1-6.
12. Chinarov V. Ways to improve the competitiveness of dairy cattle in the Russian Federation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. vol. 274. no. 1. pp. 012044.

Сведения об авторах

Ирина Ш. Дзахмишева д.э.н., профессор, кафедра товароведения, туризма и права, Кабардино-Балкарский ГАУ, пр-т Ленина, 1в, г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, 360030, Российская Федерация, irina_dz@list.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7324-5338>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Irina Sh. Dzakhmishcheva Dr. Sci. (Econ.), professor, commodity science, tourism and law department, Kabardino-Balkar State Agricultural University, Lenin Ave., 1B, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, 360030, Russian Federation, 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 author declares no conflict of interest.

Поступила 01/02/2020	После редакции 10/02/2020	Принята в печать 19/02/2020
Received 01/02/2020	Accepted in revised 10/02/2020	Accepted 19/02/2020

Оценка потенциала технологий распределенной энергетики в качестве компенсации потребности в генерирующих мощностях до 2035 года

Галина С. Армашова-Тельник¹ atgs@ya.ru  0000-0001-9370-5875

¹ Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, ул. Большая Морская, 67, г. Санкт-Петербург, 190000, Россия

Аннотация. Глобальный рынок технологий распределенных энергоресурсов (малой распределенной генерации, управления спросом, накопителей, энергоэффективности и др.) растет темпами приблизительно около 6-9% в год. Ожидается, трехкратное повышение ввода объема мощностей распределенной генерации относительно централизованной к 2025 году. Распределенная энергетика сможет обеспечивать до 75% новых подключений в ходе глобальной электрификации до 2030 г., по оценке Международного энергетического агентства. Определены современные тенденции развития технологий распределенной энергетики в России и мире, проанализированы степень влияния технологий распределенной энергетики относительно субъектов ЕЭС России, рассмотрен потенциал применения технологий распределенной энергетики.

Ключевые слова: эффективность, электроэнергетика, когенерация, технологии распределенной энергетики

Assessment of the potential of distributed energy technologies as a compensation for the need for generating capacities until 2035

Galina S. Armashova-Telnik¹ atgs@ya.ru  0000-0001-9370-5875

¹ St. Petersburg State University aerospace instrumentation, St. Petersburg, 190000, Russia

Abstract. The global market for distributed energy technologies (small distributed generation, demand management, storage, energy efficiency, etc.) is growing at a rate of about 6-9% per year. A threefold increase in the commissioning of the volume of distributed generation capacities is relatively centralized by 2025. Distributed energy will be able to provide up to 75% of new connections during global electrification until 2030, according to the International Energy Agency. The current trends in the development of distributed energy technologies in Russia and the world are identified, the degree of influence of distributed energy technologies relative to the subjects of the UES of Russia is analyzed, the potential for the use of distributed energy technologies is considered.

Keywords: efficiency, electric power, cogeneration, distributed energy technologies

Введение

Прогноз изменения спроса на электрическую энергию, выполненный институтом энергетических исследований Российской академии наук (далее ИНЭИ РАН), основан на базовом и консервативном варианте перспективного планирования социально-экономического развития российской экономики до 2035 года, представленный министерством экономического развития Российской Федерации (далее МЭР). В которых предполагается замедление темпов роста мировой экономики с 3,2% до 2,8% в период с 2016 до 2020 года, и последующем нахождении темпа роста в пределах 2,5–2,9% для базового сценария, и 1,8% до 2025 года с возрастанием значения до 2,6% к 2035 году для консервативного. Данная тенденция обуславливается замедлением экономической динамики роста развивающихся и развитых стран, в особенности экономики Китая [5].

Однако для формирования более точной оценки изменения спроса на электроэнергию ИНЭИ РАН воспользовался комплексной моделью «SCANER» с уточнением макроэкономических параметров разных видов отраслей, деятельности субъектов, динамики производства и инвестиций в РФ, ввиду отсутствия требуемых данных в отчете МЭР [1]. Результат прогноза для двух сценариев базового и консервативного развития представлен на рисунках 1, 2.

Согласно базовому варианту прогноза прирост ВВП России относительно показателя 2016 года составит 35% со среднегодовым темпом роста в 1,6%, а также повышение спроса на электрическую энергию около 25% со среднегодовым темпом роста 1,2% к 2035 году. Аналогично данные показатели консервативного варианта прогноза составят 26% со среднегодовым темпом роста 1,2% и 18% со среднегодовым темпом роста 0,9% соответственно.

Для цитирования

Армашова-Тельник Г.С. Оценка потенциала технологий распределенной энергетики в качестве компенсации потребности в генерирующих мощностях до 2035 года // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 409–418. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-409-418

For citation

Armashova-Telnik G.S. Assessment of the potential of distributed energy technologies as a compensation for the need for generating capacities until 2035. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 409–418. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-409-418

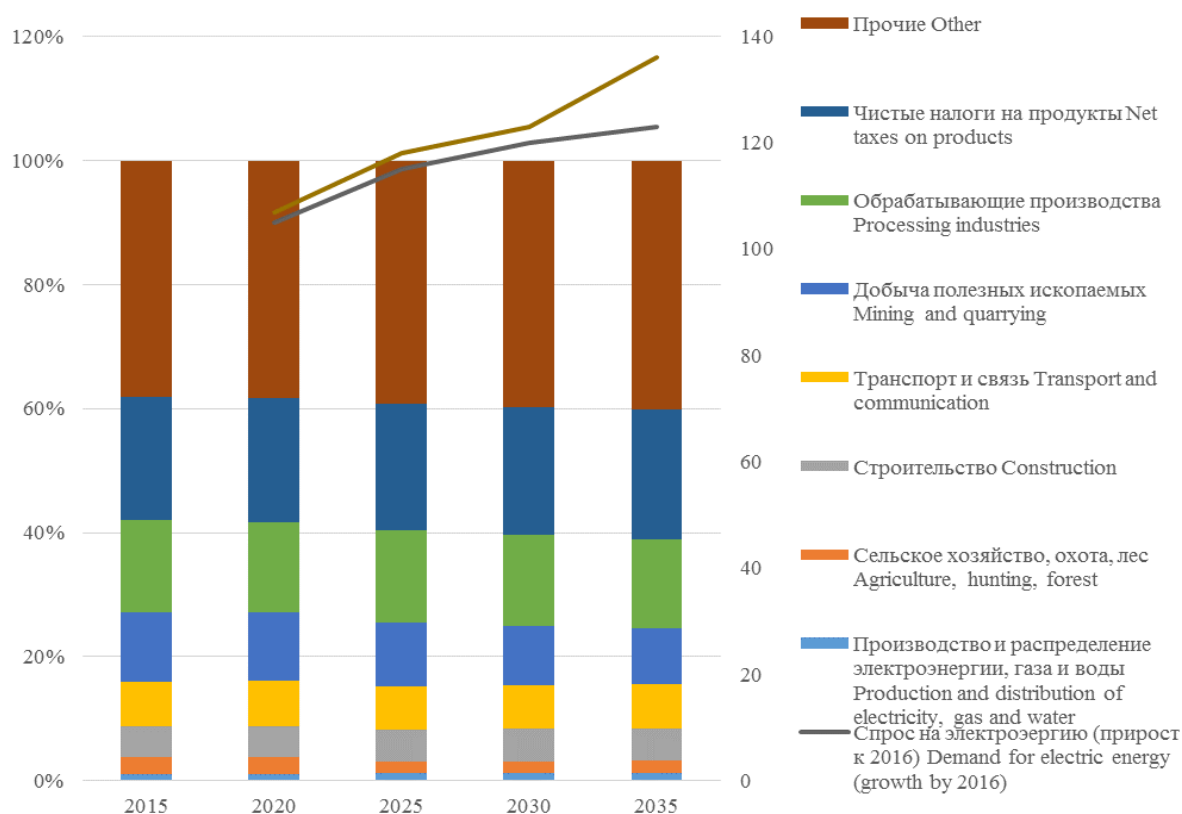


Рисунок 1. Прогноз роста ВВП и спроса электроэнергии в России на период 2016–2035 годов по базовому варианту
Figure 1. The forecast of GDP growth and electricity demand in Russia for the period 2016–2035 according to the base case (in%)

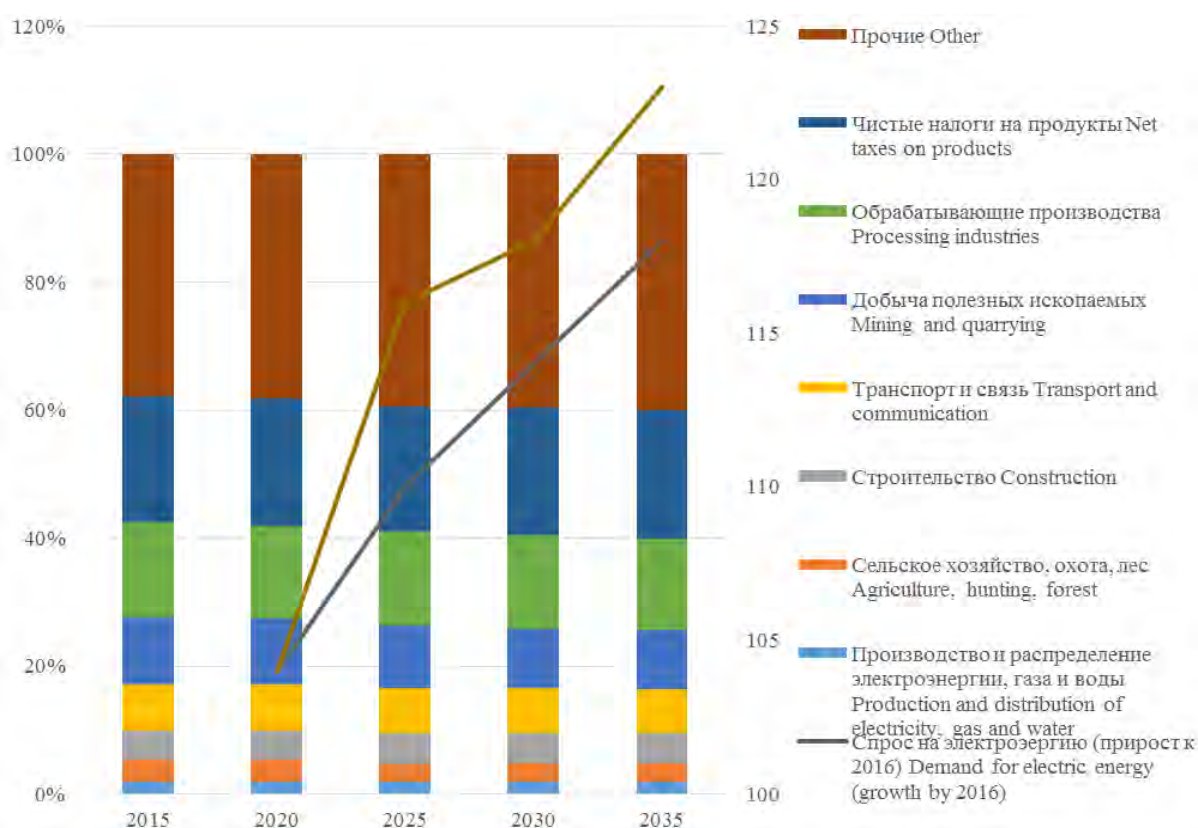


Рисунок 2. Прогноз роста ВВП и спроса электроэнергии в России на период 2016–2035 годов по консервативному варианту
Figure 2. The forecast of GDP growth and electricity demand in Russia for the period 2016–2035 according to the conservative option (in%)

На различия в прогнозе спроса базового и консервативного варианта влияют ряд тенденций, относимых как к общему росту ВВП России, так и к структурным преобразованиям экономической отрасли и видов ее деятельности, что в итоге отражается и на разности темпов повышения энергетической эффективности [2, 3].

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики на 2016 год из 255 ГВт общей установленной мощности электростанций в России на централизованную часть снабжения энергосистемой пришлось порядка 237 ГВт (рисунок 3). Структура генерирующих мощностей содержит тепловые электростанции, разделенные на теплоэлектроцентрали и конденсационные электростанции (далее КЭС),

вырабатывающие только электрическую энергию без тепловой, а также возобновляемые источники энергии, атомные и гидроэлектростанции.

Единая энергосистема России состоит из 7 объединенных энергосистем (далее ОЭС) Центральной, Уральской, Сибирской, Северо-Западной, Средней Волги, Южной, Восточной и изолированной энергосистемы [7]. Доля совокупной мощности в 60% находится в первых трех, вдобавок отличительной чертой российской энергосистемы является преобладание ТЭС над другими видами мощностей, данный показатель варьируется от 50% до 93% в зависимости от ОЭС, при среднем значении в 69%, по данным отчета СО ЕЭС о функционировании ЕЭС России в 2016 году (рисунок 3).

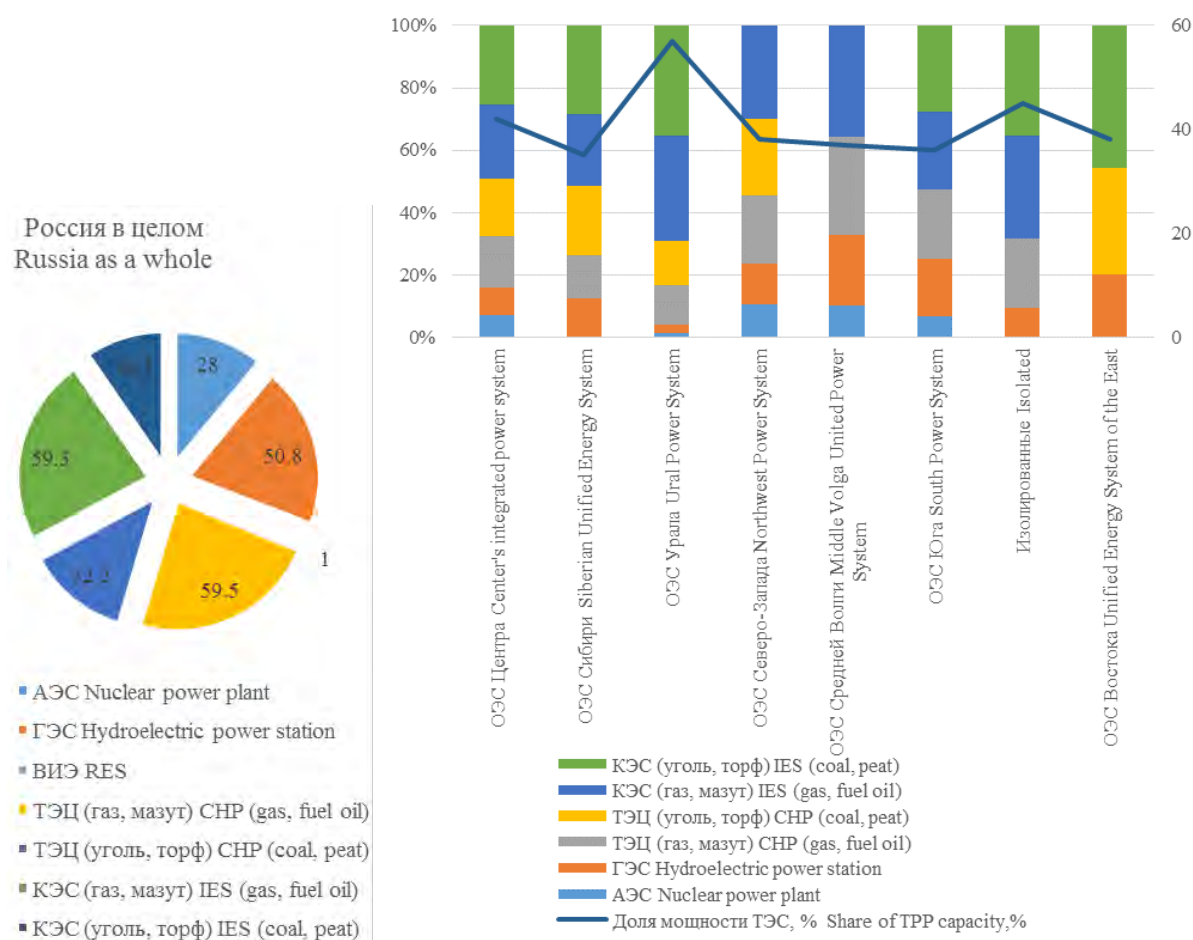


Рисунок 3. Общая установленная мощность электростанций в России (Слева) и по объединенным энергосистемам (Справа) и доля ТЭС в энергобалансе в 2016 году

Figure 3. The total installed capacity of power plants in Russia and for the combined power systems and the share of thermal power plants in the energy balance in 2016

Значительная доля существующих ТЭС имеют давний срок ввода в эксплуатацию, и на сегодняшний момент по оценке ИНЭИ РАН возраст оборудования станций составляет в среднем порядка 31–33 лет, в зависимости от типов тепловых электростанций [5].

И после завершения программ «Договор о предоставлении мощности» (далее ДПМ)

в ближайшее время без новых инвестиций в обновления мощностей к 2025 году средний возраст ТЭС составит уже 42 года.

Тем не менее при принятии решения о вложении инвестиций руководствоваться только показателем возраста является ошибкой, поскольку не учитывается ряд факторов в виде ремонтных и модернизационных работ

оборудования станций, его состояния, интенсивности и времени использования на протяжении жизненного цикла работы. Показатель, отражающий данные факторы и позволяющий установить оставшийся срок работы, определяется через разность общего эксплуатационного ресурса и совокупной наработки, отнесенный к прогнозируемому годовому времени работы определенного блока энергооборудования.

В рамках исследования выделяется парковый ресурс, в котором обеспечивается безаварийная эксплуатация оборудования, также дополнительный ресурс, установленный в ходе индивидуальной оценки состояния оборудования вдобавок парковому, который способен повышать срок эксплуатации на 15 или даже 30 лет, и назначенный ресурс – итоговая суммарная наработка, после которой эксплуатация оборудования прекращается.

По истечению назначенного эксплуатационного ресурса возникает ряд инвестиционных вариантов относительно дальнейшего функционирования, которые может принять владелец тепловой электростанции:

- увеличение эксплуатационного ресурса ТЭС с отсутствием крупномасштабной модернизации при допустимости состояния после экспертной оценки;

- продление срока эксплуатационного ресурса с помощью масштабной модернизации с заменой энергооборудования;

- существенная реконструкция ТЭС за счет повышения энергетической эффективности;
- консервирование ТЭС;
- полный вывод теплоэлектростанции из эксплуатации.

Отбор наиболее целесообразных решений владелец выполняет на основе оценки экономической эффективности максимально возможных доступных вариантов, учитывая влияние на состояние общей энергосистемы и мнения регуляторов отрасли по данному вопросу. Согласно официальным данным Министерства энергетики России, вывод из эксплуатации установленной мощности в ЕЭС России за 8 летний период с 2011–2018 годов составил 14 ГВт, что обуславливается редким сценарием принятия данного решения [2].

На рисунке 4 представлены графики падения установленной мощности теплоэлектростанций по ОЭС российской энергосистемы, которые не требуют вложения инвестиций и капитала после отработанного паркового ресурса и в ожидании оценки дополнительного на 10 или 20 лет, ввиду возрастающей неопределенности режимов эксплуатации энергетических блоков станций. Учет данных до 2020 года принимается исходя из материалов Схемы и программы развития Единой энергосистемы России на период 2018–2024 годов (далее СИПР), а дальнейший прогноз согласно данным ИНЭИ РАН [1].

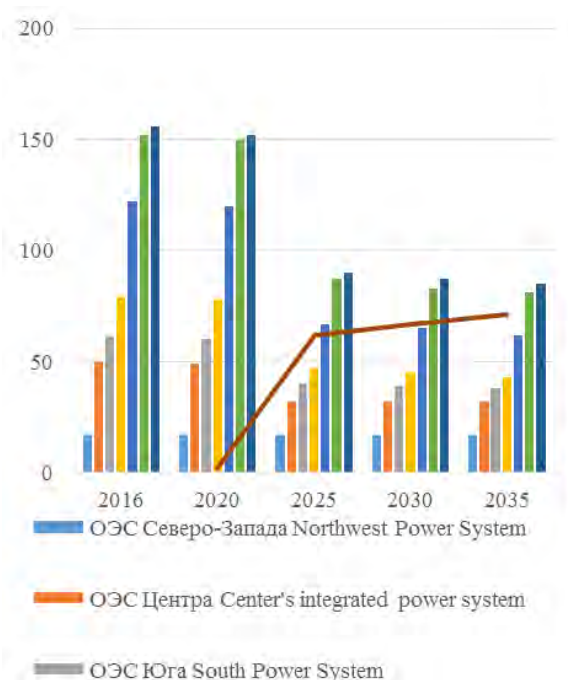
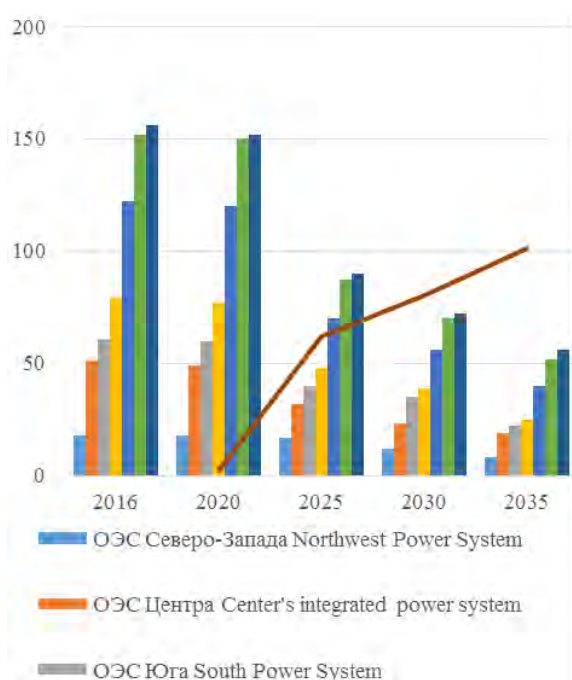


Рисунок 4. Падения установленной мощности теплоэлектростанций по ОЭС российской энергосистемы, которые не требуют вложения инвестиций, с учетом продления срока эксплуатации на 10 или 20 лет после истощения паркового ресурса, ГВт

Figure 4. The fall of the installed capacity of thermal power plants of IPS of the Russian energy system, which do not require investments, taking into account the lifetime extension for 10 or 20 years after the exhaustion of economic life, GW

Согласно оценке ИНЭС РАН, наиболее вероятным окажется рост установленных мощностей, которым потребуются инвестиции, в части угольных КЭС, данный показатель составит порядка 36 ГВт к 2035 для газомазутных электростанций, что является 74% уровнем 2015 года, и 17 ГВт или 70% для угольных соответственно. Причем наиболее кризисное состояние окажется в ОЭС Урала, в регионе данной энергосистемы к 2025 и 2035 году потребуются инвестиций и принятых решений по 26 ГВт и 34 ГВт мощностей

теплоэлектростанций соответственно, что составит 56% и 71% от значения установленных мощностей ТЭС в 2015 году [6].

Совокупная мощность ТЭС в ЕЭС России, требуемая к рассмотрению на предмет инвестиционных решений, составит порядка 70–100 ГВт на период до 2035 года, причем к 2025 году необходимо принятие решений по 60 ГВт действующих мощностей, которые эксплуатируются в назначенном ресурсе при давнем достижении паркового, что представлено на рисунке 5.

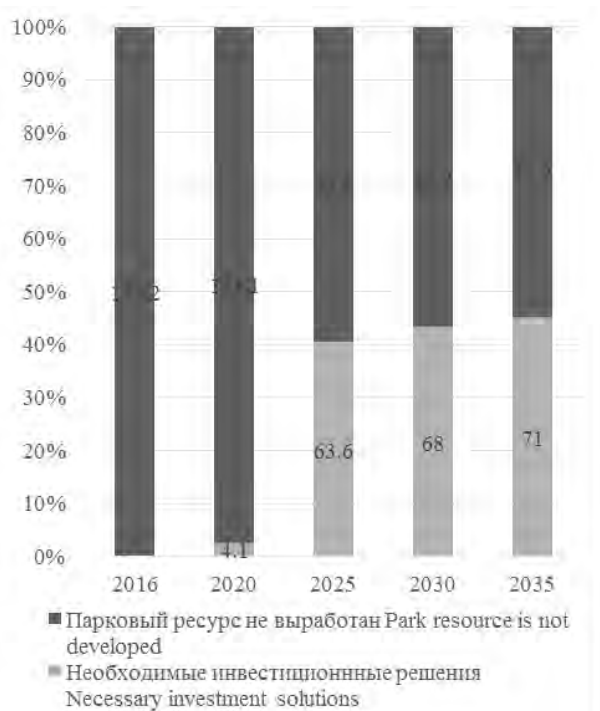
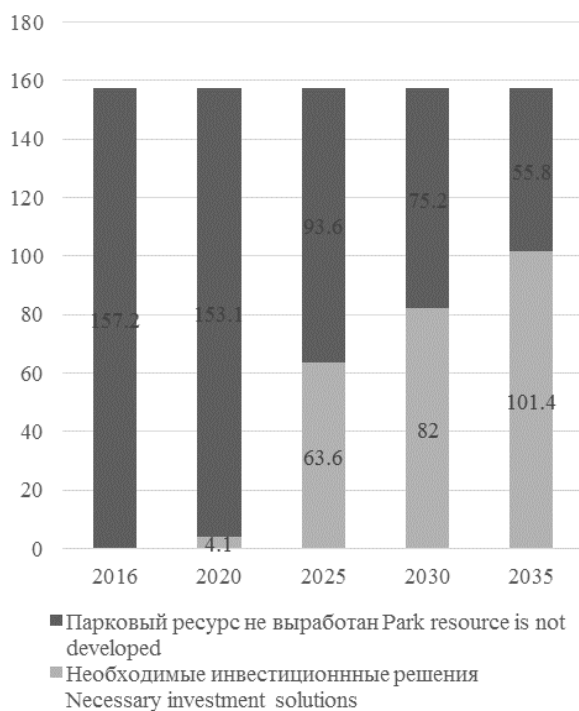


Рисунок 5. Доля установленной мощности действующих ТЭС в ЕЭС России, требующих принятия инвестиционных решений, с учетом дополненного ресурса эксплуатации на 10 и 20 лет после истощения паркового, ГВт

Figure 5. The share of installed capacity of existing TPPs in the UES of Russia requiring investment decisions, taking into account the extended service life of 10 and 20 years after the exhaustion of the park, GW

Рост установленной мощности атомных электростанций, а также ГЭС и станций на базе ВИЭ принимаются исходя из данных Генеральной схемы размещения энергетических объектов [1].

Так рост АЭС в Единой энергосистеме, преимущественно в существующих регионах данных станций, прогнозируется на 7,5 ГВт установленной мощности со среднегодовым темпом на уровне 1,2%.

Повышение мощности ГЭС в российской энергосистеме прогнозируется в сибирском и дальневосточном регионе со среднегодовым темпом роста в 0,5%, что составляет приблизительно 4,3 ГВт дополнительной мощности.

А повышение мощности крупных электростанций на базе ВИЭ сосредоточено по большей мере в южной, волжской и северо-западной части России, и в совокупности ожидается на 2,8 ГВт.

Таким образом, суммарный прирост установленной мощности электростанций на основе ВИЭ, ГЭС и АЭС прогнозируется на уровне 14,5 ГВт со среднегодовым темпом роста 0,9%, согласно материалам Генеральной схемы до 2035 года.

На рисунке 6 представлен комбинированный анализ базового и консервативного вариантов сценария, учитывающих рост спроса на мощность и электроэнергию, нормативного резерва, повышение мощности тепловых электростанций, требующих инвестиций и принятия решений по их деятельности для 20 летнего продления дополнительного ресурса, а также электростанций на базе ВИЭ, ГЭС и АЭС, который оценивает вероятные значения дополнительных потребностей в генерирующих мощностях на период до 2035 года, используя данные анализа центра СКОЛКОВО [6].

Итоговые полученные результаты анализа согласно данным ИНЭИ РАН демонстрируют перспективный потенциал потребности российской энергосистемы в генерирующих мощностях в значениях 34–40,8 ГВт к 2025 году и 53,7–66,3 ГВт к 2035 году, за счет необходимости

принятия инвестиционных решений относительно крупных теплоэлектростанций, походящих к окончанию своего ресурса, преимущественно в европейской части России, ввиду основной локации действующих ТЭС в данном регионе. Результаты анализа представлены на рисунке 7.

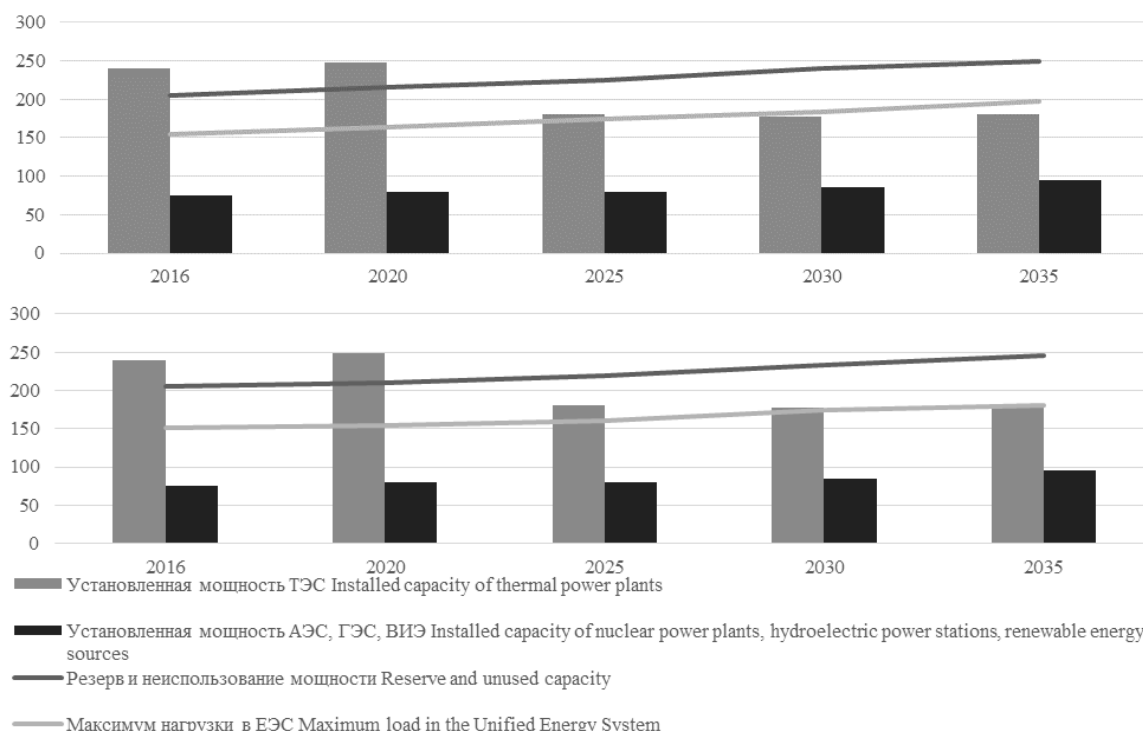


Рисунок 6. Базовый и консервативный сценарий прогноза баланса мощностей в ЕЭС России, ГВт

Figure 6. Basic and conservative scenario forecasting the power balance in the Unified Energy System of Russia, GW

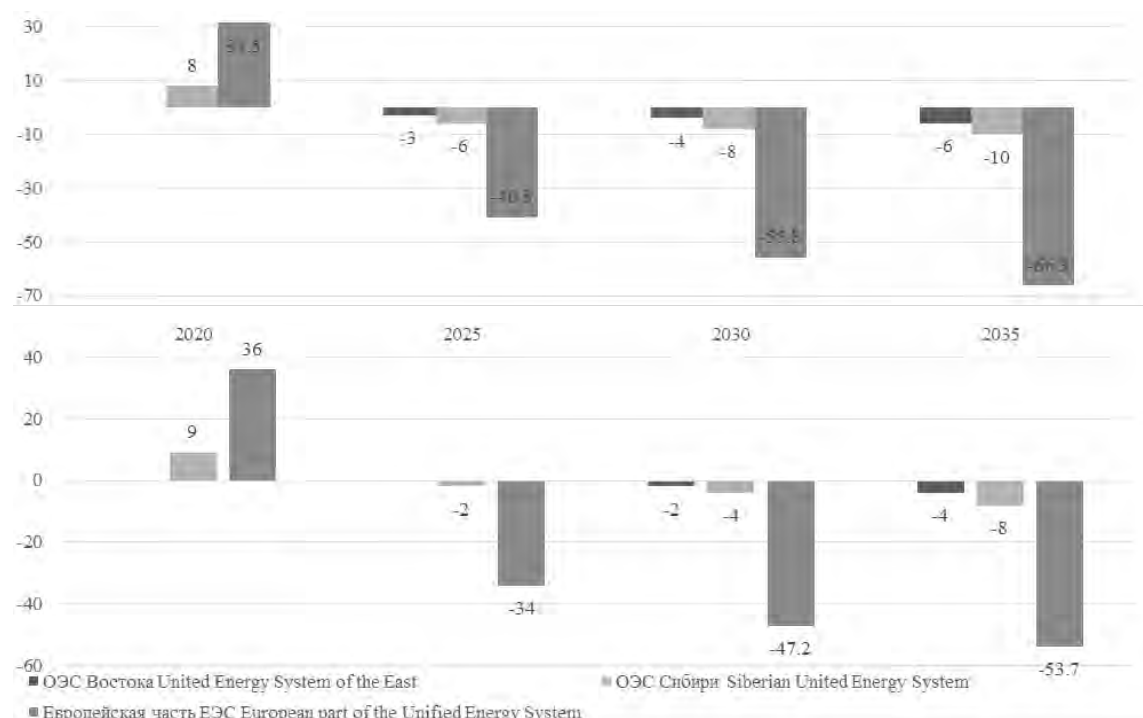


Рисунок 7. Избыток и дефицит генерирующих мощностей по частям ЕЭС – для базового прогноза спроса (вверху) и консервативного (внизу), ГВт

Figure 7. Excess and deficit of generating capacities in parts of the Unified Energy System – for the basic forecast of demand and conservative, GW

Таким образом, прогнозируемая потребность в генерирующих мощностях, составляющая от 54 ГВт до 66 ГВт к 2035 году в ЕЭС России по причине необходимых капиталовложений относительно 70 ГВт, выбывающих ТЭС, является весомым потенциалом внедрения технологий распределенной энергетики.

Существует несколько возможных вариантов компенсации данной потребности в генерирующих мощностях:

- традиционной моделью развития с помощью модернизации и реконструкции крупных тепловых электростанций или строительство новых мощностей с выводом устаревших из эксплуатации;
- развития и внедрения технологий распределенной энергетики.

В первую очередь необходимо определить какой потенциал потребности в генерирующих мощностях способно нивелировать с помощью технологий распределенной энергетики.

В рамках магистерской диссертации в качестве наиболее перспективных технологий в России относительно общего потенциала РЭ являются распределенная когенерация (далее РКГ), которая является наиболее часто применяемой в российских реалиях, собственная, и в том числе малая и микрогенерация, генерация на базе возобновляемых источников, управление спросом, повышение энергоэффективности и энергосбережение, поскольку на данный момент такие технологии, как электромобили и распределенные накопители в России применяются достаточно редко.

Совокупный потенциал когенерации следует разделить на 3 составляющие:

1. Потенциал функционирования распределенной когенерации относительно теплового графика нагрузки выбывающих ТЭЦ, то есть обеспечение роста РКГ при падении отпуска тепловой энергии крупными центрами.

В случае вывода из эксплуатации потенциальных 70 ГВт мощности тепловых электростанций к 2035 году, включая 30 ГВт ТЭЦ по базовому сценарию, падение значения отпуска тепловой энергии составит 26% и 30% к 2025 и 2035 году, соответственно. Так при замене выбывающих мощностей теплоэлектроцентралей на РКГ, функционирующих по тепловой нагрузке, потенциальная мощность составит порядка 20 ГВт в периоде к 2030 году [16].

2. Потенциал обеспечения роста прогнозируемого спроса на тепловую энергию за счет повышения мощности распределенной когенерации;

Согласно прогнозу ИНЭИ РАН, рост спроса на теплоэнергию на период к 2035 году составит 6% со среднегодовым темпом в 0,3%. Однако среднегодовой темп роста отпуска тепловой энергии от теплоэлектроцентралей оценивается в 1,2% и составит 26% на период к 2035 году, поскольку технологии ТЭЦ являются более энергетически эффективными, что соответственно влияет на их частоту применения. Повышение потребления тепловой энергии возможно обеспечить с помощью объектов РКГ, чья мощность к 2035 году, оценивается в 18 ГВт.

3. Потенциал замены или реконструкции доли котельных на мощности распределенной когенерации.

По прогнозу ИНЭИ РАН, данный потенциал способен компенсировать оставшиеся требуемые дополнительные мощности в полном объеме, что составит 30 ГВт установленной электрической мощности объектов распределенной когенерации к 2035 году.



Рисунок 8. Потенциал распределенной когенерации в России, ГВт

Figure 8. Distributed cogeneration potential in Russia, GW

Оценка института энергетических исследований демонстрирует значительный положительный эффект для российской энергосистемы при развитии данного сценария, поскольку новые мощности РКГ, эксплуатирующийся по тепловому графику нагрузки, приведут к росту загрузки ТЭС большой мощности приблизительно на 14% до 2035 года, в виду более низкого коэффициента использования мощности по электроэнергии объектов РКГ относительно крупных теплоэлектростанций. Что в итоге, приведет к повышению выработки теплоэнергии с помощью технологии когенерации, включая крупную, до 70% уровня к 2035 году и падению выбросов вредных веществ.

В настоящее время применение технологии микрогенерации на базе ВИЭ встречается достаточно редко, существуют индивидуальные разрозненные примеры реализации данных станций в Краснодаре, Калининграде и других регионах. Однако, в мировой практике применение технологий распределенной генерации на базе ВИЭ является наиболее развитым, что отражается на их лидирующих позициях по динамике роста.

Совокупный потенциал развития распределенной генерации на базе ВИЭ в России

составил порядка 86,6 ГВт мощности, а учитывая ряд факторов в виде КПД установок и климатических особенностей, отраженных в КИУМ, то 11 ГВт, что представлено на рисунке 16, согласно данным Росреестра и оценкам ИНЭИ РАН [3]. Наибольший потенциал установленной мощности в 67% содержится в Центральном, Приволжском и Южном регионах, однако, максимальный КИУМ определен в Северо-Кавказском регионе [17].

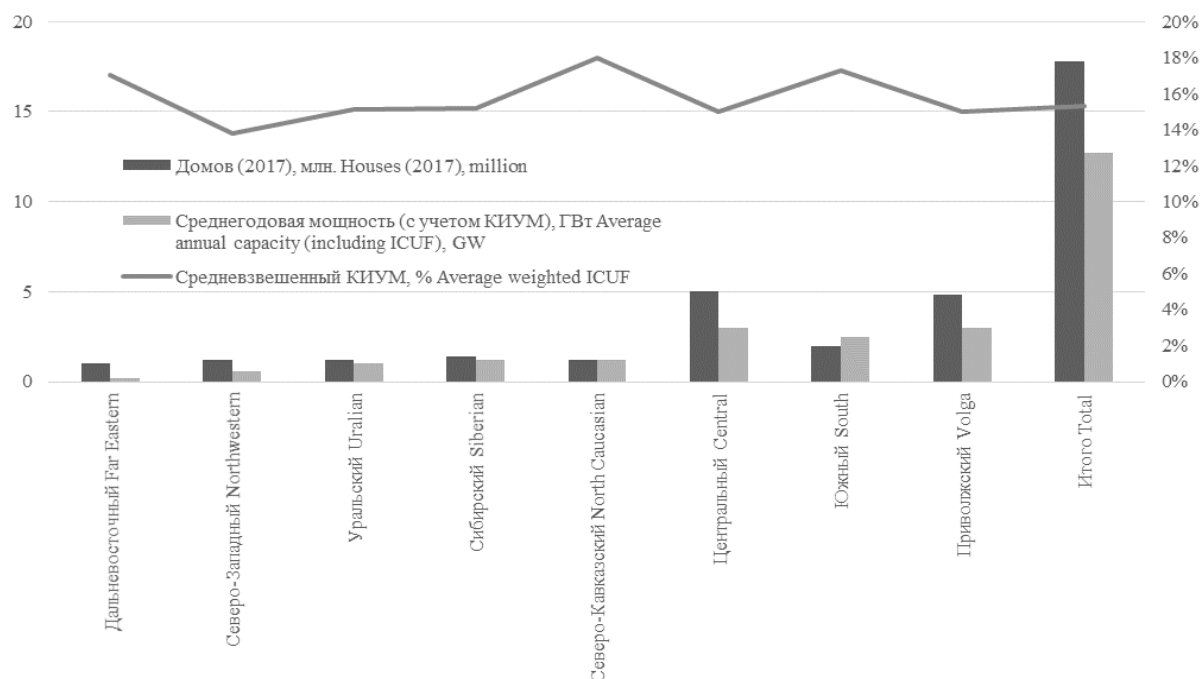


Рисунок 9. Среднегодовая мощность крышных панелей с учетом инсоляции (ГВт)

Figure 9. Average annual power of roof panels taking into account insolation (GW)

Стоит заметить, что существует проблема точного определения доли и динамики изменения объектов собственной распределенной генерации в энергосистеме России, ввиду того, что ключевые регуляторы энергетической отрасли и органы государственной статистики не выделяют и не ведут в своих публичных аналитических отчетах учет величины распределенной генерации в стране. И также возникают сложности идентификации и отнесение крупных электростанций большой мощности к распределенной энергетике.

На рисунке 10 представлен прогноз графика ввода мощностей распределенной собственной генерации до 2035 года, выполненный на основе данных консалтинговой компании «McKinsey & Company», Системного оператора ЕЭС и Росстата за 10 летний период. Среднегодовой темп роста мощностей генерации по представленным сегментам составил 6% [6].

Таким образом, основанный на исторических данных вероятный перспективный прогноз ввода дополнительных мощностей позволил

выявить потенциал в 12 ГВт для малой и средней генерации и 32 ГВт, включая крупную, на период до 2035 года.

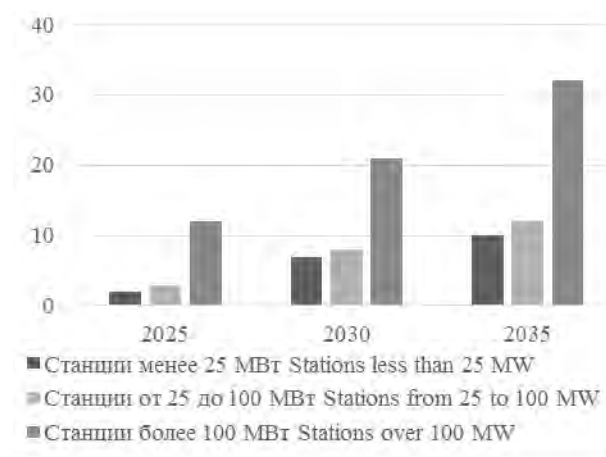


Рисунок 10. Темп роста мощности собственной генерации до 2035 года, ГВт

Figure 10. Own generation capacity growth rate until 2035, GW

Прогноз потенциала технологии управления спросом оценивался с помощью анализа пиковых нагрузок в объединенных энергосистемах России в интервалах от 93% до 100% от годового максимального значения потребления энергии и от 95% до 100% по данным СО ЕЭС России. Так, данные значения в ОЭС Европейской части России и Урала составили 385 часов и 196 часов соответственно, для компенсации которых потребовалось 8,3 и 6 ГВт мощности в 2016 году. Приблизительно 11 ГВт установленной мощности используется на протяжении всего 5% годового времени для 5 отдельных ОЭС России с аналогичной ситуацией и в сибирской ОЭС, что представлено на рисунке 18 согласно отчету СО ЕЭС России.

Следственно, совокупный потенциал технологии управления спросом составил около 13 ГВт, для первой и второй ценовой зоны 10 ГВт и 3 ГВт соответственно.

По данным ЦЭНЭФ, по состоянию на 2011 год потенциал энергосбережения составлял приблизительно 35% от годового энергопотребления, в основном за счет энергоэффективных технологий в промышленности и недвижимости,

что являлось на тот момент значением в 379 млрд кВт·ч [8].

В оценке прогноза спроса на электроэнергию ИНЭИ РАН уже закладывался потенциал энергосбережения в значениях 108 млрд кВт·ч до 2035 года [24].

Однако при усилении привлечения инвестиций в развитие энергосберегающих и энергоэффективных технологий на территории Российской Федерации имеется возможность к дополнительному сокращению энергопотребления в 5–8% от совокупного объема 2018 года или 54,5–87,3 млрд кВт·ч и соответствует около 6–12 ГВт установленной мощности генерирующих объектов.

На рисунке 11 представлена итоговая оценка суммарного потенциала технологий распределенной энергетики в качестве компенсации потребности в дополнительных мощностях до 2035 года в России при частичном использовании возможностей каждой из них, ввиду ограничивающих барьеров и рисков незначительной инвестиционной активности в энергетической отрасли исходя из выше представленных данных.

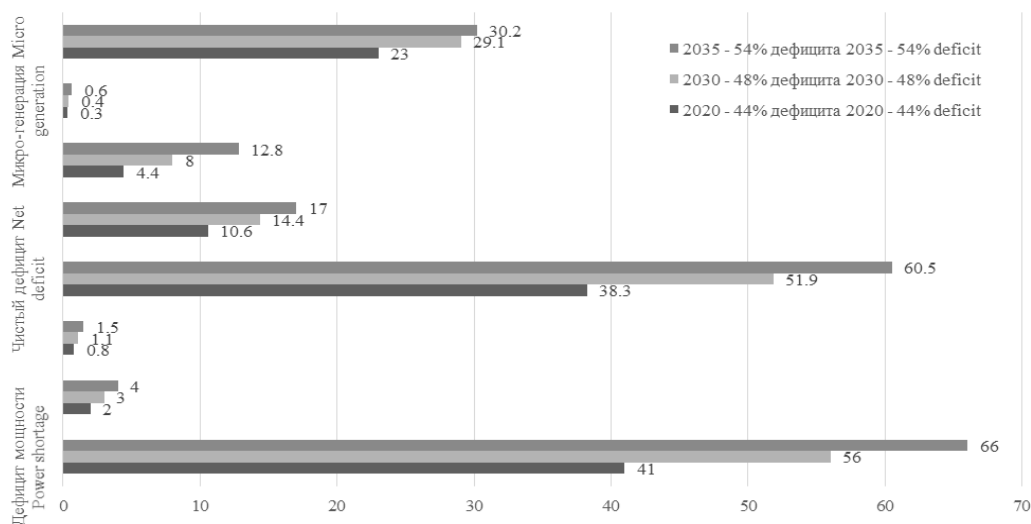


Рисунок 11. Совокупный потенциал технологий распределенной энергетики при частичном его использовании в ЕЭС России на период 2020–2035 гг., ГВт

Figure 11. The total potential of distributed energy technologies with its partial use in the UES of Russia for the period 2020–2035, GW

Заклучение

Анализ демонстрирует высокий потенциал внедрения технологий распределенных энергоресурсов даже при частичном его использовании, поскольку имеет возможность компенсировать до половины прогнозируемой дополнительной генерирующей мощности в 36 ГВт, требуемой в ЕЭС России на период до 2035 года. Причем максимальным потенциалом обладает технология распределенной когенерации приблизительно в 17 ГВт. А собственная генерация, управление

спросом, энергосбережение и повышение энергоэффективности, а также микрогенерация на ВИЭ суммарно обладает возможностью обеспечить 19,1 ГВт мощности, что в отдельности составляет 13 ГВт, 4 ГВт, 1,5 ГВт и 0,6 ГВт соответственно.

Однако, данный потенциал использовать в случае реализации изменений сложившихся практик и нормативного регулирования в электроэнергетической отрасли. Стоит отметить, при таком сценарии освоения полного потенциала технологий распределенной энергетики дефицит генерирующей мощности компенсируется полностью.

Литература

- 1 Афанасьев М.Ю., Лысенкова М.А. Подход к анализу и сопоставлению национальных инновационных систем на примере России и других стран // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 434–442. doi: 10.20914/2310-1202-2019-1-434-442
- 2 Баринаева В., Ланшина Т. Методологические подходы к анализу возможностей развития ветровой и солнечной энергетики в России. 2017. doi:10.2139/ssrn.2957555
- 3 Баланс энергоресурсов за 2016–2018 г. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/prom/en_balans.htm
- 4 Журавлев Ю.В., Куксова И.В., Губерт Е.А. Оценка инновационного развития Российской Федерации на основе индикаторов концепции и стратегии 2020 года // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 2. С. 377–382. doi:10.20914/2310-1202-2019-2-377-382
- 5 Некрасов С.А. О приоритетах развития системы энергоснабжения Российской Федерации. М.: Издательство ИИП РАН, 2019. 62 с. URL: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2019/07/o-prioritetah-razvitiya-sistemy-energospabzheniya-rossijskoj-federatsii.pdf>
- 6 Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года (2019). Институт энергетических исследований Российской академии наук. URL: https://www.eriras.ru/fi/les/forecast_2040.pdf
- 7 Распределенная энергетика в России: потенциал развития. Энергетический центр Московской школы управления СКОЛКОВО, 2019. URL: http://ntc-msk.ru/assets/upload/docs/news/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2019.02.01.pdf
- 8 Ховалова Т.В., Жолнерчик С.С. Эффекты внедрения интеллектуальных электроэнергетических сетей // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. №2. С. 92–101. doi: 10.17747/2078-8886-2018-2-92-101
- 9 Чаплыгина М.А., Белоусов Р.С. Мировой опыт автономного энергоснабжения для российской глубинки // Аллея науки. 2017. Т. 2. № 16. С. 464–474.
- 10 Центр экономических и финансовых разработок (ЦЭФИР). 2020. URL: <http://ecsocman.hse.ru/text/16077923/>
- 11 Jiayi H., Chuanwen J., Rong X. A review on distributed energy resources and MicroGrid // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. V. 12. № 9. P. 2472–2483. doi: 10.1016/j.rser.2007.06.004
- 12 Lopes J.A.P. et al. Integrating distributed generation into electric power systems: A review of drivers, challenges and opportunities // Electric power systems research. 2007. V. 77. № 9. P. 1189–1203. doi: 10.1016/j.epsr.2006.08.016

References

- 1 Afanasiev M.Yu., Lysenkova M.A. Approach to the analysis and comparison of national innovation systems on the example of Russia and other countries. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 434–442. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-434-442 (in Russian).
- 2 Barinova V., Lanshina T. Methodological Approaches to the Analysis of the Development Opportunities for Wind and Solar Energy in Russia. 2017. doi: 10.2139/ssrn.2957555 (in Russian).
- 3 The balance of energy resources for 2016–2018. Federal State Statistics Service. Available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/prom/en_balans.htm (in Russian).
- 4 Zhuravlev Yu.V., Kuksova I.V., Gubertov E.A. Evaluation of innovative development of the Russian Federation based on the 2020 vision and strategy indicators. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 2. pp. 377–382. doi:10.20914/2310-1202-2019-2-377-382 (in Russian).
- 5 Nekrasov S.A. On the priorities for the development of the energy supply system of the Russian Federation. Moscow, INP RAS Publishing House, 2019. 62 p. Available at: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2019/07/o-prioritetah-razvitiya-sistemy-energospabzheniya-rossijskoj-federatsii.pdf> (in Russian).
- 6 Forecast of the development of energy in the world and in Russia until 2040 (2019). Institute for Energy Studies of the Russian Academy of Sciences. (in Russian).
- 7 Distributed energy in Russia: development potential. Energy Center of the Moscow School of Management SKOLKOVO, 2019. Available at: http://ntc-msk.ru/assets/upload/docs/news/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2019.02.01.pdf (in Russian).
- 8 Hovalova T.V., Zholnerchik S.S. The effects of the introduction of smart grids. Strategic decisions and risk management. 2018. no. 2. pp. 92–101. doi: 10.17747/2078-8886-2018-2-92-101 (in Russian).
- 9 Chaplygina M.A. World experience of autonomous energy supply for the Russian countryside. Alley science. 2017. vol. 2. no. 16. pp. 464–474. (in Russian).
- 10 Center for Economic and Financial Research. 2020. Available at: <http://ecsocman.hse.ru/text/16077923/> (in Russian).
- 13 Jiayi H., Chuanwen J., Rong X. A review on distributed energy resources and MicroGrid. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. vol. 12. no. 9. pp. 2472–2483. doi: 10.1016/j.rser.2007.06.004
- 14 Lopes J.A.P. et al. Integrating distributed generation into electric power systems: A review of drivers, challenges and opportunities. Electric power systems research. 2007. vol. 77. no. 9. pp. 1189–1203. doi: 10.1016/j.epsr.2006.08.016

Сведения об авторах

Галина С. Армашова-Тельник к.э.н., доцент, кафедра программно-целевого управления в приборостроении, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, ул. Большая Морская, 67, г. Санкт-Петербург, 190000, Россия, atgs@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9370-5875>

Вклад авторов

Галина С. Армашова-Тельник написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Galina S. Armashova-Telnik Cand. Sci. (Engin.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, St. Petersburg State University aerospace instrumentation, St. Petersburg, 190000, Ru, atgs@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9370-5875>

Contribution

Galina S. Armashova-Telnik 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 08/10/2019	После редакции 12/11/2019	Принята в печать 16/12/2019
Received 08/10/2019	Accepted in revised 12/11/2019	Accepted 16/12/2019

Анализ влияния внешнеэкономических факторов на развитие транзитных перевозок на территории ЕАЭС

Сергей В. Дорохин	¹	dsvvrn@ya.ru	 0000-0002-3869-9115
Владимир А. Зеликов	¹	zelikov-vrn@mail.ru	 0000-0003-2317-9413
Алишер Ш. Субхонбердиев	¹	alisher-man@mail.ru	 0000-0002-9105-7875
Елена В. Титова	¹	itova.elena1981@mail.ru	 0000-0001-8800-9453
Надежда Н. Попова	²	smaginan@bk.ru	 0000-0001-7532-6863

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

Аннотация. Глобализация мировых рынков, формирование глобальных цепочек поставок, текущие экономические тенденции позволяют рассчитывать на дальнейший рост объемов мировой торговли. Основным вызов транспортному комплексу ЕАЭС состоит в реализации возможностей по переориентации части перевозимых товаров между крупнейшими мировыми рынками на перевозки по территории ЕАЭС. Необходимо отметить, что привлечение транзитного грузопотока будет сохранять свою актуальность и при снижении объемов мировой торговли вследствие каких-либо экономических изменений, т.к. речь идет не только о привлечении дополнительного грузопотока вследствие увеличения объемов торговли, но и перераспределения структуры сложившегося грузопотока за счет увеличения доли ЕАЭС. Все государства – члены ЕАЭС заинтересованы в освоении рынка транзитных перевозок в сообщении Европа-Азия, и обратно. Учитывая, что почти весь транзит составляет контейнерный грузопоток, будут рассматриваться в основном контейнерные железнодорожные перевозки. Перевозки контейнеров автомобильным транспортом не рассматривались в рамках подготовки доклада, ввиду практического отсутствия таких перевозок по Союзу от одной внешней границы до другой. Имеющиеся перевозки контейнеров автомобильным транспортом в основном являются составляющей мультимодальной перевозки одним из звеньев наряду с железнодорожной и водной перевозкой. Задача ЕАЭС заключается в обеспечении увеличения транзитного грузопотока между КНР и ЕС, идущего сухопутным маршрутом через территорию Союза. Транзитный маршрут из Китая в Европу по территории Союза имеет ряд преимуществ: он более быстрый по сравнению с морским маршрутом через Суэцкий канал и более дешевый, чем авиаперевозка из КНР в Европу. Таким образом, имеются все предпосылки для переориентации части грузопотока на перевозки через евразийские транзитные коридоры. Основная доля контейнерных перевозок в мире приходится на морской транспорт. В силу своих особенностей морской транспорт будет и впредь играть ключевую роль на транспортном рынке Европа-Азия. Есть, тем не менее, два фактора, которые в настоящее время подталкивают к диверсификации путей сообщения и открытию новых наземных соединений между Европой и Азией.

Ключевые слова: глобализация, транзитные перевозки, внешнеэкономические факторы, смешанные перевозки

Analysis of the impact of foreign economic factors on the development of transit transport in the territory of The EEU

Sergey V. Dorokhin	¹	dsvvrn@ya.ru	 0000-0002-3869-9115
Vladimir A. Zelikov	¹	zelikov-vrn@mail.ru	 0000-0003-2317-9413
Alisher Sh. Subhonberdiev	¹	alisher-man@mail.ru	 0000-0002-9105-7875
Elena V. Titova	¹	itova.elena1981@mail.ru	 0000-0001-8800-9453
Nadezhda N. Popova	¹	smaginan@bk.ru	 0000-0001-7532-6863

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russia

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

Abstract. Globalization of world markets, the formation of global supply chains, current economic trends allow us to count on further growth in world trade. The main challenge to the transport complex of the EAEU is the realization of the possibilities for reorienting part of the transported goods between the largest world markets for transportation through the territory of the EAEU. It should be noted that the attraction of transit freight traffic will remain relevant even with a decrease in world trade due to any economic changes, as it is not only about attracting additional freight traffic due to an increase in trade volumes, but also the redistribution of the structure of the existing freight traffic due to an increase in the share of the EAEU. All EAEU member states are interested in developing the transit transport market in Europe-Asia traffic and vice versa. Considering that almost all transit is container traffic, container rail transport will be mainly considered. The transportation of containers by road was not considered in the framework of the preparation of the report, due to the practical absence of such transportation across the Union from one external border to another. The existing container transportation by road is mainly a component of multimodal transportation, one of the links along with rail and water transportation. The task of the EAEU is to ensure an increase in transit traffic between the PRC and the EU, following the land route through the territory of the Union. The transit route from China to Europe through the Union has several advantages: it is faster than the sea route via the Suez Canal and cheaper than air transportation from China to Europe. Thus, there are all the prerequisites for the reorientation of part of the cargo flow to transportation through Eurasian transit corridors. The main share of container transportation in the world is in maritime transport. Due to its characteristics, maritime transport will continue to play a key role in the Europe-Asia transport market. However, there are two factors that are currently pushing for the diversification of communications and the opening of new land connections between Europe and Asia.

Keywords: globalization, transit traffic, foreign economic factors, multimodal transport

Для цитирования

Дорохин С.В., Зеликов В.А., Субхонбердиев А.Ш., Титова Е.В., Попова Н.Н. Анализ влияния внешнеэкономических факторов на развитие транзитных перевозок на территории ЕАЭС // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 419–425. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-419-425

For citation

Dorokhin S.V., Zelikov V.A., Subhonberdiev A.Sh., Titova E.V., Popova N.N. Analysis of the impact of foreign economic factors on the development of transit transport in the territory of The EEU. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 419–425. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-419-425

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

Введение

Положение ЕАЭС в центре Евразийского континента между крупнейшими торговыми партнерами Китаем и Европой формирует главный вызов для развития транзитных коридоров Союза. Транспортная отрасль играет важную роль в российской экономике. Ее доля в структуре валовой добавленной стоимости достигает 7% [6]. Процессы глобализации мировой экономики, безудержный рост объемов направлений товаропотоков, стремление грузовладельцев упростить процедуру перевозок и снизить транспортные расходы путем комбинирования нескольких видов транспорта привели к юридическому признанию нового интермодального транспорта, и, как следствие, к новому виду транспортной услуги [5]. В современных рыночных условиях транспортно-экспедиционные компании обладают гибкой ценовой политикой, собственными системами продаж, признанием клиентов и долей рынка [7].

Глобализация мировых рынков, формирование глобальных цепочек поставок, текущие экономические тенденции позволяют рассчитывать на дальнейший рост объемов мировой торговли. Основным вызовом транспортному комплексу ЕАЭС состоит в реализации возможностей по переориентации части перевозимых товаров между крупнейшими мировыми рынками на перевозки по территории ЕАЭС [1].

Методы

Научно-методические аспекты транспортной логистики рассмотрены в работах отечественных ученых и специалистов: Балобанова А.О., Никифорова, В.С., Е.К. Ивакина, Д.Т. Новикова, Плужникова, К.И. и других авторов. Проблемы

управления парком грузового автотранспорта, вопросы применения экономико-математического моделирования в управлении автотранспортом исследовали многие ученые, среди них можно перечислить следующих: В.В. Гасилова, И.И. Заметалина, А.Б. Мальцева, и других авторов. Проблемы влияния внешнеэкономических факторов на развития транзитных перевозок на территории ЕАЭС в условиях глобализации мировой экономики изучались недостаточно углубленно, что и предопределяет актуальность темы исследования.

Обсуждение

Основной транзитный грузопоток, тяготеющий к перевозкам по территории ЕАЭС составляет торговля между такими крупными мировыми рынками как Китай, Евросоюз, Азиатско-Тихоокеанский регион.

В 2018 году объем внешней торговли между ЕС и КНР составил более 647 млрд долл. США. Этому способствовал рост ВВП, достигшего 2018 году 2,3% [8].

В рамках статьи особое внимание уделено внешней торговле ЕАЭС с указанными торговыми партнерами. Распределение объемов внешней торговли государств – членов ЕАЭС по группам стран 2018 год показано на рисунке 1.

Основным покупателем экспортируемых государствами – членами ЕАЭС товаров выступает Европейский союз (49,8% совокупного экспорта). В страны АТЭС продано 25% экспортированных товаров, из них в Китай – 11,7%.

Импортные закупки сосредоточены в странах АТЭС (42,9% совокупного импорта товаров) и Европейского союза (40,6%). Среди стран АТЭС наибольшие объемы приходятся на Китай (23,2%).



Рисунок 1. Распределение по видам транспорта физических объемов экспорта и импорта товаров
Figure 1. Distribution of physical volumes of goods export and import by transport modes

Основной объем экспортируемых государствами – членами ЕАЭС товаров перевозится морским/речным (58,5% физического объема экспорта), трубопроводным (21,5%) и железнодорожным (17,7%) транспортом.

Импорт товаров осуществляется преимущественно морским/речным (36,4% физического объема импорта), железнодорожным (34,3%) и автомобильным (27,1%) транспортом.

Транзитный потенциал ЕАЭС не ограничивается только рынками ЕС и КНР. Наличие разветвленной транспортной сети ЕАЭС позволяет обеспечивать транзитные грузопотоки и в сообщениях между Западом, Востоком и странами Юго-Западной Азии.

Для этого функционируют Транссиб, стыковые пункты на Достыке и Хоргосе, коридор Север-Юг и транскаспийские маршруты, Северный морской путь позволяет соединить страны Юго-Восточной Азии и ЕС.

Все государства – члены ЕАЭС заинтересованы в освоении рынка транзитных перевозок в сообщении Европа-Азия, и обратно. Учитывая, что почти весь транзит составляет контейнерный грузопоток, будут рассматриваться в основном контейнерные железнодорожные перевозки. Перевозки контейнеров автомобильным транспортом не рассматривались в рамках подготовки доклада, ввиду практического отсутствия таких перевозок по Союзу от одной внешней границы до другой. Имеющиеся перевозки контейнеров автомобильным транспортом в основном являются составляющей мультимодальной перевозки одним из звеньев наряду с железнодорожной и водной перевозкой.

Основная доля контейнерных перевозок в мире приходится на морской транспорт. В силу своих особенностей морской транспорт будет и впредь играть ключевую роль на транспортном рынке Европа-Азия. Есть, тем не менее, два фактора, которые в настоящее время подталкивают к диверсификации путей сообщения и открытию новых наземных соединений между Европой и Азией: фактическая монополия морских перевозок, источник растущих проблем доступа к портам по суше; и необходимость удовлетворять запросы региональной торговли, развивающейся вдоль коридоров Европа-Азия.

Аналитические данные свидетельствуют, что в ряде случаев сухопутные соединения могут составить жизнеспособную альтернативу морским перевозкам, существенно повысить транспортную доступность стран, через которые проходят, и взять на себя довольно значительную часть прогнозируемого объема перевозок, особенно контейнерных.

По экспертным оценкам, общий объем погрузки контейнеров на экспорт мире превышает 200 млн. TEU (twenty-foot equivalent unit – стандартный двадцатифутовый контейнер). При этом около 98% объемов взаимных поставок стран ЕС и Китая обслуживается морским транспортом, 1,5–2% приходится на воздушный транспорт и 0,5–1% на железнодорожный. В структуре грузоперевозок между ЕС и Китаем 80% грузов перевозится в контейнерах. В перспективе стоит задача увеличения транзитных перевозок железнодорожным транспортом, для чего имеются все предпосылки. В частности, морским перевозкам становится трудней конкурировать с железнодорожными перевозками через территорию ЕАЭС.

Имеющееся ценовое преимущество морских перевозок уже не имеет абсолютного приоритета на рынке международных перевозок. Процессы глобализации, предполагающие минимизацию размеров запасов в условиях динамично изменяющего спроса, повышают требования к сокращению сроков доставки грузов и росту интереса к альтернативным вариантам транспортировки между Азией и Европой.

Для сравнения, срок доставки контейнерных грузов из Китая в ЕС морским путём достигает 60 дней, в то время как средняя продолжительность доставки этих же грузов по железным дорогам ЕАЭС не превышает двух недель. При этом уже сейчас имеются сервисы, обеспечивающие перевозку по территории ЕАЭС в недельный срок.

Помимо временного фактора на привлекательность перевозок морем влияет и сама технология организации работы. С целью минимизации издержек и сохранения способности использования ценового фактора для "экономии на масштабе" морские альянсы используют суда повышенной емкости. В последнее время растет количество заказов на морские суда вместимостью более 10 тыс. контейнеров TEU и более. Соответственно, накопление в порту такого объема требует достаточно продолжительного времени, в течение которого товары лежат на складе и увеличивают издержки производителей. Своевременным решением со стороны ЕАЭС стала активизация работы по увеличению своего транзитного потенциала.

На сегодня сухопутные Евразийские транзитные коридоры, проходящие по территории ЕАЭС, уже способны обеспечить приемлемые сроки и стоимость доставки транзитных грузов между странами ЕС и Восточной Азии. Инфраструктурную основу этих коридоров составляют широтные железнодорожные магистрали России, Казахстана и Беларуси.

Немалый вклад в повышение эффективности транзитных перевозок по территории ЕАЭС вносит созданная в 2014 году железнодорожными компаниями Беларуси, Казахстана и России "Объединённая транспортно-логистическая компания" (ОТЛК ЕРА). На сегодняшний день контейнерный состав ОТЛК ЕРА проходит расстояние в 5430 км между станциями Достык (Казахстан) и Брест (Беларусь) за 5,4 суток при скорости свыше 1000 км в сутки. В 2017 году объем железнодорожных контейнерных перевозок между КНР и Европой достиг 318 тыс. ДФЭ (3673 контейнерных поезда). Объем транзитных перевозок в сообщении Азия – Европа – Азия по территории Казахстана, России и Республики Беларусь, выполненных контейнерным оператором АО «ОТЛК ЕРА» в 2017 году превысил 175 тыс. TEU, что на 75% больше, чем в предыдущем году. Всего было отправлено 2102 контейнерных поезда.

Количество регулярных маршрутов в сервисах АО «ОТЛК ЕРА» в 2017 году достигло 48 (на начало 2016 года их было 19). Ежедневно компания осуществляла отправку до 15 контейнерных поездов. В рамках реализации проекта «XL train» было организовано более 115 длинно-составных поездов, включавших до 100 условных вагонов. Данная технология позволяет повысить эффективность использования пропускной способности инфраструктуры и сократить издержки при организации перевозок. Важным достижением 2017 года стало начало работы на новых направлениях транзитных перевозок, включая наиболее перспективный коридор через пограничные станции Калининградской области. В планах компании увеличить объёмы транзитных перевозок по маршруту КНР–ЕС к 2025 г. до 1 млн TEU, что может быть обеспечено только за счёт перераспределения грузопотока с морских маршрутов, по которым в настоящее время перевозится около 12 млн TEU. Наиболее активную и последовательную работу по увеличению своего транзитного потенциала проводит Республика Казахстан, прогнозирующая к 2020 году пропуск 2 млн транзитных контейнеров. Отечественный сегмент контейнерных перевозок растет более быстрыми темпами, чем мировой рынок [10-12].

В настоящее время контейнерные перевозки являются одним из самых перспективных направлений развития, рационализации и оптимизации транспортных процессов. Несмотря на динамичный рост уровня контейнеризации, рынок перевозок в данном сегменте все еще находится в стадии формирования. Происходит

развитие необходимой инфраструктуры, регулярных железнодорожных контейнерных сервисов, услуг по обработке грузов и хранению контейнеров на складах ответственного хранения. Объем грузов, перевозимых в контейнерах на полигоне Красноярской железной дороги за последние пять лет, увеличился более чем в 2 раза. По итогам первого полугодия 2019 года объем погрузки грузов в контейнерах составил более 1,4 млн тонн (107 тыс. ДФЭ), что превышает показатель аналогичного периода 2018 года более чем в 2 раза или на 0,8 млн тонн (60,8 тыс. ДФЭ). По итогам 2018 года отгружено 1,8 млн тонн контейнеров. Экспортные перевозки в контейнерах с начала текущего года составили 1,3 млн тонн (87,4 тыс. ДФЭ) с ростом в 2,3 раза или на 0,76 млн тонн (38,6 тыс. ДФЭ) относительно 2018 года. В структуре перевозок грузов в контейнерах порядка 70,5% занимает отправление пиломатериалов, 7,6% – пеллеты. На протяжении последних нескольких лет основная динамика роста контейнерных отправок обеспечивается за счет увеличения перевозок пиломатериалов на экспорт (в 2018 году – в 2 раза, по итогам первого полугодия – в 2,6 раза). Кроме этого, наблюдается переориентация погрузки с вагонных отправок на контейнерные перевозки пеллет на экспорт (в 2018 году прирост составил 20,4%, за первое полугодие 2019 года прирост в 2,4 раза). Этому способствует как рост производства пиломатериалов и пеллет, так и политика Китая в части субсидирования экспортных железнодорожных контейнерных перевозок через сухопутные погранпереходы. Для удовлетворения спроса на контейнерные перевозки на Красноярской железной дороге проводится работа по открытию станций по Тарифному руководству для работы с большегрузными контейнерами, по увеличению перевозок лесных грузов в составе контейнерных, разработке технологий формирования контейнерных поездов на путях общего пользования, организация погрузки контейнеров на площадках Дирекции по управлению терминально-складским комплексом с формированием контейнерных поездов на путях станций.

Следует также отметить некоторые аспекты, затрудняющие рост рынка контейнерных перевозок. Во-первых, существующая инфраструктура не везде приспособлена к резкому увеличению перевозок в крупнотоннажных контейнерах. У действующих контейнерных площадок зачастую не предусмотрены возможности дальнейшего развития из-за территориальных ограничений. Поэтому сегодня контейнерные площадки создаются на подъездных путях различных организаций, деятельность которых

в рыночных условиях либо прекращена, либо сократилась, тем самым освободив инфраструктурные резервы. Эти факторы сдерживают отправление полносоставных контейнерных поездов длиной 71 условный вагон.

Во-вторых, уровень контейнеризации грузопотоков сегодня крайне мал, несмотря на его динамичный рост. Это связано с тем, что недостаточно интенсивно к транспортировке вовлекаются многие контейнероприспособленные грузы. Как свидетельствует мировой опыт, используя парк универсальных контейнеров, можно перевозить большинство грузов, объем их контейнеризации можно максимально увеличить. Используя специализированные контейнеры, можно перевозить наливные, насыпные грузы, любое нестандартное оборудование и машины, чьи габариты подходят для железной дороги. Устранение этих барьерных мест будет способствовать реализации целей, предусмотренных Транспортной стратегией РФ, по двукратному росту контейнерных перевозок по железной дороге [9]. Развитию контейнерных перевозок по Транссибирской магистрали также способствует цифровизация железнодорожных перевозок, включая международные. Основной номенклатурой для перевозки контейнерными поездами является пиломатериал. Главным стимулом для значительного роста объемов контейнерных перевозок пиломатериалов явились принятые на государственном уровне решения Китайской Народной Республики о субсидировании перевозок такого рода грузов. Однако, благодаря универсальности контейнера как тары для перевозки грузов, в них активно перевозятся цветная руда, лом черных металлов, топливные пеллеты, цветные металлы, продукция сельского хозяйства и другие виды грузов.

Безусловно, такому росту объемов контейнерных отправок способствовало обеспечение возможности работы с крупнотоннажными контейнерами на большем количестве станций дороги, разработка технологий по увеличению производительности мест погрузки, упрощение процедуры таможенного оформления перевозочных документов при отправке на экспорт. На дороге работа с крупнотоннажными контейнерами осуществляется на 20 железнодорожных станциях, в 2019 году такая возможность погрузки и выгрузки контейнеров дополнительно обеспечена для 12 клиентов на 8-ми станциях, а в 2020 году планируется провести такую работу еще для 9-ти владельцев путей необщего пользования на 7-ми станциях Красноярской железной дороги.

За прошедший год на грузовых дворах станций Красноярск и Канск–Енисейский проведена реконструкция и удлинение железнодорожных путей, что позволило формировать контейнерные поезда непосредственно на территории погрузочных пунктов. Для отправителя контейнерных поездов компанией разработана и внедрена услуга по предоставлению путей общего пользования для отстоя груженых вагонов на период подготовки и оформления таможенных деклараций с целью увеличения производительности мест погрузки отправителя. Специалистами отдела по таможенной деятельности Красноярского территориального центра фирменного транспортного обслуживания реализован сервис по оформлению железнодорожных транспортных накладных в режиме экспорта без проставления отметок таможенных органов.

Для ускорения процедуры таможенного декларирования и сокращения времени нахождения вагонов в ожидании оформления перевозки на экспорт в 1 полугодии 2020 года будет реализован совместный проект Красноярской таможни и Красноярской железной дороги по открытию. В настоящее время на Красноярской железной дороге ведется активная работа по наращиванию объемов контейнерных перевозок за счет привлечения иных номенклатур грузов, оказания содействия по увеличению количества мест погрузки контейнеров, разработки технологий формирования контейнерных поездов на станциях дороги при непосредственном взаимодействии с владельцами путей необщего пользования.

Следует отметить, что за два месяца 2020 года, несмотря на сложную эпидемиологическую обстановку в ряде государств и, как следствие, определенную стагнацию экономики, со станций Красноярской железной дороги отправлено 243 контейнерных поезда, что на 58% больше, чем за аналогичный период 2019 года. Согласно Концепции комплексного развития контейнерного бизнеса в холдинге железных дорог в ближайшей перспективе будут рассмотрены вопросы об увеличении количества терминалов по переработке контейнерных отправок на сети дорог, пересмотрены технические условия на их перевозку, упрощены таможенные процедуры с грузами, перевозимыми в контейнерах.

Заключение

Задача ЕАЭС – обеспечить увеличение транзитного грузопотока между КНР и ЕС, идущего сухопутным маршрутом через территорию Союза. Транзитный маршрут из Китая в Европу по территории Союза имеет ряд преимуществ: он более быстрый по сравнению с морским маршрутом через Суэцкий канал и более дешевый, чем авиаперевозка из КНР

в Европу. Таким образом, имеются все предпосылки для переориентации части грузопотока на перевозки через евразийские транзитные коридоры. Дополнительный импульс развитию потока китайского транзита через ЕАЭС в направлении ЕС придадут ряд инициатив китайского правительства, которое прикладывает немалые усилия по развитию своих регионов, реализации проекта «Один пояс – один путь».

Таким образом, имеются все основания по оценке транзитного потенциала ЕАЭС в 2 млн контейнеров. Следует отметить, что имеющиеся прогнозные оценки транзитного контейнерного грузопотока, проходящего по территории Союза, дают различные цифры, что является нормальным явлением, и конечная цифра будет зависеть только от слаженности действий всех заинтересованных сторон.

Литература

- 1 Скоординированная (согласованная) транспортная политика. Евразийской экономической комиссии. URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/energetikaiinfr/transport/transportnaya_politika/Pages/default.aspx
- 2 Транспорт в России 2018: стат. сб. М.: Росстат, 2018. 101 с.
- 3 Titova E.V., Subkhonberdiev A.Sh., Malitskaya V.B., Safonova N.M. Strategy for the sustainable development of the timber industry as subsystems of the regional economy. Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020 // Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference (IBIMA), 2019. P. 9119–9125.
- 4 Курганов В.М., Миротин Л.Б. Международные перевозки. М.: Издательский центр Академия, 2013. 304 с.
- 5 Субхонбердиев А.Ш., Зеликов В.А. Развитие международных смешанных перевозок с учетом углубления глобализационных процессов мировой экономики // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. 2018. № 2. С. 47–52.
- 6 Яковлева Е.А., Зеликов В.А., Титова Е.В., Субхонбердиев А.Ш. и др. Цифровизация транспортно-логистической отрасли в условиях глобализации мировой экономики // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 4. С. 243–250. doi: 10.20914/2310-1202-2019-4-243-250
- 7 Субхонбердиев А.Ш., Дорохин С.В. Смешанные грузоперевозки как стратегическое направление в функционировании транспортно-экспедиционных компаний // Вестник Донецкой академии автотранспорта. 2018. № 3. С. 29–33.
- 8 Издательский Дом «Гудок». URL: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1409573>
- 9 Журнал «ЛПК Сибири». URL: <https://lpk-sibiri.ru/rubric/forest-industry/analytics/>
- 10 Moller-Maersk A.P. Annual Report 2018. URL: <https://ml-eu.globenewswire.com/Resource/Download/11/3b5d6bab974e44bb-abaa97fbabde11c5>
- 12 Nikolaeva I.G. et al. Digitalization of the EAEU Transport and Logistics Sector and Its Role in Improving the Euro-Asian Cargo Transportation // 4th International Conference on Culture, Education and Economic Development of Modern Society (ICCESE 2020). Atlantis Press, 2020. P. 1296-1302. doi: 10.2991/assehr.k.200316.282
- 13 Erniyazova Z.N. et al. Particularities of formation of transport-transit cargo-traffic in the Republic of Kazakhstan // Life Science Journal. 2014. V. 11. № 11 (2s). P. 121-124.

References

- 1 Coordinated (coordinated) transport policy. Eurasian Economic Commission. Available at: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/energetikaiinfr/transport/transportnaya_politika/Pages/default.aspx (in Russian).
- 2 Transport in Russia. 2018: Stat. sat. Moscow, Rosstat, 2018. 101 p. (in Russian).
- 3 Titova E.V., Subkhonberdiev A.Sh., Malitskaya V.B., Safonova N.M. Strategy for the sustainable development of the timber industry as subsystems of the regional economy. Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020. Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference (IBIMA), 2019. pp. 9119–9125.
- 4 Kurganov V.M., Mirodin L.B. International transport. Moscow, Publishing center Academy, 2013. 304 p. (in Russian).
- 5 Subkhonberdiev A.Sh., Zelikov V.A. Development of international mixed transport taking into account the deepening of globalization processes of the world economy. Bulletin of the Donetsk Academy of automobile transport. 2018. no. 2. pp. 47–52. (in Russian).
- 6 Yakovleva E.A., Zelikov V.A., Titova E.V., Subkhonberdiev A.Sh. et al. Digitalization of the transport and logistics industry in the globalized world economy. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 4. pp. 243–250. doi: 10.20914/2310-1202-2019-4-243-250 (in Russian).
- 7 Subkhonberdiev A.Sh., Dorokhin S.V. Mixed cargo transportation as a strategic direction in the functioning of transport and forwarding companies. Bulletin of the Donetsk Academy of motor transport. 2018. no 3. pp. 29–33. (in Russian).
- 8 Publishing House "Beep". Available at: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1409573> (in Russian).
- 9 The journal "Forestry Complex of Siberia". Available at: <https://lpk-sibiri.ru/rubric/forest-industry/analytics/> (in Russian).
- 10 Moller-Maersk A.P. Annual Report 2018. Available at: <https://ml-eu.globenewswire.com/Resource/Download/11/3b5d6bab974e44bb-abaa97fbabde11c5>
- 11 Nikolaeva I.G. et al. Digitalization of the EAEU Transport and Logistics Sector and Its Role in Improving the Euro-Asian Cargo Transportation. 4th International Conference on Culture, Education and Economic Development of Modern Society (ICCESE 2020). Atlantis Press, 2020. pp. 1296-1302. doi: 10.2991/assehr.k.200316.282
- 12 Erniyazova Z.N. et al. Particularities of formation of transport-transit cargo-traffic in the Republic of Kazakhstan. Life Science Journal. 2014. vol. 11. no. 11 (2s). pp. 121-124.

Сведения об авторах

Сергей В. Дорохин д.т.н., доцент, декан автомобильного факультета, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия, dsvvm@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3869-9115>

Владимир А. Зеликов д.т.н., доцент, зав. кафедрой организации перевозок и безопасности движения, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия, zelikov-vm@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2317-9413>

Алишер Ш. Субхонбердиев к.э.н., доцент, кафедра мировой и национальной экономики, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия, alisher-man@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9105-7875>

Елена В. Титова к.э.н., доцент, кафедра мировой и национальной экономики, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия, itova.elena1981@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8800-9453>

Надежда Н. Попова к.х.н., доцент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19, 394036, г. Воронеж, Россия, smaginan@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7532-6863>

Вклад авторов

Все авторы принимали участие в написании статьи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Sergey V. Dorokhin Dr. Sci. (Engin.), associate professor, dean of the automotive faculty, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russia, dsvvm@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3869-9115>

Vladimir A. Zelikov Dr. Sci. (Engin.), associate professor, head department of organization of transportation and traffic safety, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russia, zelikov-vm@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2317-9413>

Alisher Sh. Subhonberdiev Cand. Sci. (Econ.), associate professor, world and national economics department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russia, alisher-man@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9105-7875>

Elena V. Titova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, world and national economics department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russia, itova.elena1981@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8800-9453>

Nadezhda N. Popova Cand. Sci. (chem.), associate professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolutsii Prospect, 19, 394036, Voronezh, Russia, smaginan@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7532-6863>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 12/12/2019	После редакции 20/01/2020	Принята в печать 10/02/2020
Received 12/12/2019	Accepted in revised 20/01/2020	Accepted 10/02/2020

Требования к оформлению материалов для журнала «Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий»

Редакция просит авторов в подготовке рукописей руководствоваться изложенными ниже правилами. Рукописи, оформленные без соблюдения данных правил, редакцией рассматриваться не будут.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РУКОПИСЕЙ И ЗАЯВЛЕНИЕ НА РАССМОТРЕНИЕ

Представление рукописи в журнал «ВЕСТНИК ВГУИТ» для печати предполагает, что:

- 1) описанная в ней работа ранее не была опубликована;

- 2) она не рассматривается для публикации в ином издательстве;

- 3) ее публикация была одобрена всеми авторами и так или иначе взаимосвязанными организациями, в которых эта работа проводилась;

- 4) в случае принятия к публикации эта статья не будет опубликована где-либо еще в той же форме, на английском или на любом другом языке, в том числе и в электронном виде.

Представление статьи проводят через официальный сайт издания путем прохождения регистрации (<http://www.vestnik-vsu.ru/vguit/user/register>).

В состав электронной версии статьи должны входить:

1. Рукопись статьи оформленная строго в шаблоне редакции в формате Word 2007–2016. Word 2003 – **НЕ Принимается**
2. табличный материал в виде отдельного файла (**только при условии** когда объем одной таблицы превышает полную страницу журнальной статьи)
3. иллюстрации **в исходном формате данных с возможностью редактирования (программах для черчения/рисования/создания диаграмм и прочее, ТО ЕСТЬ НЕ сохранен в формате с потерей качества)** предпочтение, при этом отдается векторным форматам: **eps, svg, ai, pdf**, растровый формат изображений (с сжатием): форматы **png, jpeg и пр.** не прикреплять. Минимальное разрешение рисунков и графиков **600 dpi**. Это требование необходимо для повышения типографского качества печатной версии издания.

Если авторов несколько, то необходимо указать автора, которому будет адресована корреспонденция, и его контактные данные: адрес, номер телефона/факса, а также адреса электронной почты всех авторов.

ВНИМАНИЕ: Авторы несут полную ответственность за достоверность и оригинальность информации, предоставленной в рукописи. Все рукописи проходят проверку на наличие заимствований в системе «Антиплагиат». Оригинальность рукописи должна быть не менее 80%, в противном случае рукопись будет возвращена без права опубликования. При обнаружении нарушения авторских прав или плагиата будет проведена ретракция опубликованных статей в соответствии с правилами COPE.

ОФОРМЛЕНИЕ 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, подписи и др.) набирается на компьютере в соответствии со стилями форматирования **шаблона журнала для MS Word 2007-2016**.

Версия статьи выполненная средствами MS Word 2003 **НЕ принимаются**.

Объем статьи, включая список литературы и подписи, не должен превышать: для работ, имеющих общее значение 5–20 страниц текста, для кратких сообщений до 3 стр.

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ СТАТЬИ

I. ОСНОВНОЙ ТЕКСТ СТАТЬИ

Рукописи оригинальных исследований представляются по общепринятой международной схеме (IMRAD format - Introduction, Methods, Results and Discussion) и в статье должны найти отражение следующие рубрики:

Введение - кратко излагается современное состояние вопроса и обосновывается актуальность исследования. Дается критическая оценка литературы, имеющей отношение к рассматриваемой проблеме. Данная оценка разграничивает нерешенные вопросы. Ставятся четко сформулированные цели и задачи, поясняющие дальнейшее исследование в конкретной области;

Материалы и методы - дается достаточно подробное описание работы, для ее возможного воспроизведения. Методы, опубликованные ранее, должны сопровождаться ссылками: автором описываются только относящиеся к теме изменения.

Результаты - описываются в логической последовательности в виде отдельных фрагментов, разделенных подзаголовками, без элементов обсуждения, без повторения методических подробностей, без дублирования цифровых данных, приведенных в таблицах и рисунках.

Обсуждение - в разделе проводится детальный анализ полученных данных в сопоставлении с данными литературы, что служит обоснованием выводов и заключений авторов.

Заключение - подводятся основные итоги работы, приводятся рекомендации и указание на дальнейшие возможные направления исследований.

Для обзорных статей должны быть указаны *Введение* и в соответствии со стандартом PRISMA указать стратегию поиска литературы (<http://www.prisma-statement.org>).

Таблицы объема больше одной страницы указывать как Приложение в виде отдельного файла, так как они не будут опубликованы в печатной версии, а будут прикладываться в виде отдельного файла к электронной версии.

Названия и содержание рисунков (все подписи внутри) и таблиц (столбцов и строк) должны быть приведены как на русском, так и на английском языках.

Графический материал представляется в исходном формате данных с возможностью редактирования (программах для черчения/рисования/создания диаграмм и прочее, ТО ЕСТЬ НЕ сохранен в формате с потерей качества) предпочтение, при этом отдается векторным форматам: eps, svg, ai, pdf, исключение фотографии в растровом формате (с сжатием): png, jpeg и пр. Минимальное разрешение рисунков и графиков 600 dpi.

Файлы Excel -- внедрены в текст статьи, с возможностью редактирования.

II. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

Список литературы оформляется согласно Приложению 1, 2.

Цитируемая литература должна содержать не менее 10 источников, и не менее 5 ссылок на иностранные источники. В списке литературы должны быть опубликованы работы за последние пять лет, в том числе в журналах, индексируемых в базах данных *ScienceDirect*, *Web of Science*, *Scopus*, *Science Index*. Лишь в случае необходимости допустимы ссылки на более ранние труды. Справочная литература не старше 10 лет.

В список литературы **НЕ включаются** учебные пособия, нормативные и архивные материалы, статистические сборники, газетные заметки без указания автора, монографии, авторефераты и диссертации. В цитируемой литературе желательно указывать источники с DOI.

Вместо ссылок на материалы диссертаций и авторефератов диссертаций, рекомендуется ссылаться на оригинальные статьи по теме диссертационной работы, так как сами диссертации рассматриваются как рукописи и не являются печатными источниками.

Самоцитирование **НЕ более 2-х** ссылок.

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: <http://vestnik.vsu.ru/>

III. ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА

Статьи, принимаемые к публикации в журнале «*ВЕСТНИК ВГУИТ*», должны излагать наиболее существенные, законченные и еще ранее неопубликованные результаты научных исследований.

О публикационной этике и этических нормах для публикации в журнале «*ВЕСТНИК ВГУИТ*» см.: <http://www.vestnik-vsuet.ru/vguir/about/editorialPolicies#custom-2>

Журнал «Вестник ВГУИТ» выходит 4 раза в год: № 1 – март; № 2 – июнь; № 3 – сентябрь; № 4 – декабрь.

Статья должна быть тщательно проверена и подписана всеми авторами.

К статье должны прилагаться сопроводительные документы:

- сопроводительное письмо;
- экспертное заключение;
- положительная рецензия ведущего ученого в данной области или члена редакционной коллегии серии, заверенная подписью и печатью.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным. В случае возвращения статьи для исправления датой представления считается день получения исправленного текста. Срок доработки - не более 1 месяца.

Материалы, не соответствующие данным требованиям оформления, к публикации не принимаются. Рукописи авторам не возвращаются.

Плата с аспирантов и докторантов за публикацию рукописей не взимается.

IV. КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Информацию о стоимости публикации можно узнать в редакции журнала. Также редакция оказывает платные услуги профессионального перевода реферата и ключевых слов на английский язык.

По всем интересующим Вас вопросам обращаться в редакцию журнала по контактам:

Дерканосова Анна Александровна - кандидат технических наук, доцент кафедры Сервиса и ресторанного бизнеса, начальник Центра коллективного пользования «Контроль и управления энергоэффективными проектами»

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Телефон: 8 920 432 16 57

E-mail: post@vestnik-vsuet.ru, aa-derk@yandex.ru

Адрес 394000, г. Воронеж, пр. Революции, 19, ауд. 11.

Соответствие рубрик/разделов журнала Вестник ВГУИТ

Номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени.

1.1 Процессы и аппараты пищевых производств

1.2 Пищевая биотехнология

- **05.18.01** Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства
- **05.18.04** Технология мясных молочных и рыбных продуктов и холодильных производств
- **05.18.05** Технология сахара и сахаристых продуктов чая табака и субтропических культур
- **05.18.06** Технология жиров эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов
- **05.18.07** Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ
- **05.18.12** Процессы и аппараты пищевых производств
- **05.18.15** Товароведение пищевых продуктов и технология общественного питания

2. Химическая технология

- **05.17.01** Технология неорганических веществ
- **05.17.04** Технология органических веществ
- **05.17.06** Технология и переработка полимеров и композитов
- **05.17.07** Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- **05.17.08** Процессы и аппараты химических технологий

3. Экономика и управление

- **08.00.05** Экономика и управление народным хозяйством

ПОРЯДОК ОПИСАНИЯ ССЫЛОК НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

СТАТЬЯ В ЖУРНАЛЕ:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Буянова И.В., Имангалиева Ж.К. Агрегат для тонкого измельчения творога // Вестник Международной академии холода. 2016. № 3. С. 23–26.

(кол-во авторов более 4):

Семенов Е.В., Бабакин Б.С., Воронин М.И., Белозёров А.Г. и др. Математическое моделирование процесса охлаждения хладоносителя системой замороженных шаров // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С. 74–79.

СТАТЬЯ В ЖУРНАЛЕ С DOI:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю. Закономерности ингибирования культуры *Salmonella* // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 209–212. doi: 10.20914/2310-1202-2018-4-209-212

(кол-во авторов более 4):

Шарова Н.Ю., Принцева А.А., Манжиева Б.С., Выборнова Т.В. и др. Ферменты гидролитического действия в технологиях переработки некондиционного крахмалсодержащего сырья // Пищевая промышленность. 2019. № 4. С. 115–117. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10058

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ:

Содержание и технологии образования взрослых: проблема опережающего образования: сб. науч. тр. / Институт образования взрослых Рос. акад. образования; под ред. А.Е. Марона. М.: ИОВ, 2007. 118 с.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, ФОРУМОВ, СОВЕЩАНИЙ, СЕМИНАРОВ:

Цветкова И.И., Сводцева И.А. Индикаторный подход к оценке кадровой безопасности в системе экономической безопасности предприятия // Устойчивое развитие социально-экономической системы Российской Федерации: мат. XVII науч.-практ. конф., Гурзуф, Ялта, 04 декабря 2015 г. Симферополь: Ариал, 2016. С. 110–112.

КНИГА, МОНОГРАФИЯ:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Румянцева З.П. Менеджмент организаций. М.: Инфра-М, 2015. 432 с.

(кол-во авторов более 4):

Антипова Л.В., Сторублевцев С.А., Успенская М.Е., Попова Я.А. и др. Комплексная переработка кроликов: традиции и инновации: монография. Воронеж, 2017. 377 с.

ДИССЕРТАЦИЯ

Пономаренко Ю.А. Нетрадиционные корма и биологически активные вещества в рационах цыплят-бройлеров и кур-несушек: дис... д-ра с.-х. наук. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2017. 437 с.

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:

Ушакова А.С. Разработка комплексной технологии переработки сушеного плодово-ягодного сырья: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Кемерово: Кемер. технол. ин-т пищевой пром., 2017. 22 с.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ:

порядок описания:

Заглавие официального документа: сведения, относящиеся к заглавию (указ, постановление), Дата принятия документа / Название издания. Год издания. Количество страниц.

пример:

ГОСТ 5900–2014. Изделия кондитерские. Определение массовой доли влаги и сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2015. 8 с.

ПАТЕНТ:

порядок описания:

Обозначение вида документа, номер, название страны, индекс международной классификации изобретений. Название изобретения / И.О.Фамилия изобретателя, заявителя, патентовладельца; Наименование учреждения-заявителя. Регистрационный номер заявки; Дата подачи; Дата публикации, сведения о публикуемом документе.

пример:

Пат. № 2689672, RU, A23L 5/00. Способ комплексной переработки семян сои с выделением белоксодержащих фракций / Четверикова И.В., Шевцов А.А., Ткач В.В., Сердюкова Н.А. № 2018107149; Заявл. 26.02.2018; Оpubл. 01.07.2019. Бюл. № 19.

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС:

порядок описания:

Фамилия И.О. автора (если указаны). Название ресурса. Место издания: Издательство, год издания (если указаны). Адрес локального сетевого ресурса.

пример:

Липидус Л.В. Центр компетенций цифровой экономики. Ассоциация граждан и организаций по содействию развитию корпоративного образования. URL: <http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki/>

ПОРЯДОК ОПИСАНИЯ ССЫЛОК НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ:

СТАТЬЯ ИЗ ЖУРНАЛА:

порядок описания:

Фамилия И.О. автора (транслитерация). Перевод названия статьи на английский. Перевод названия источника на английский язык. Год, том, номер, страницы (от-до). Указание на язык статьи (in Russian) после описания статьи.

пример:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Buyanova I.V., Imangalieva Zh.K. A unit for fine grinding of cottage cheese. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. no. 3. pp. 23–26. (in Russian).

(кол-во авторов более 4):

Semenov E.V., Babakin B.S., Voronin M.I., Belozerov A.G. et al. Mathematical modeling of the process of cooling a coolant with a system of frozen balls. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. no. 4. pp. 74–79. (in Russian).

СТАТЬЯ С DOI:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Iyukhina N.V., Kolokolova A.Yu. Patterns of Inhibition of Salmonella Culture. Bulletin of the Voronezh State University. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 209–212. doi: 10.20914 / 2310-1202-2018-4-209-212 (in Russian).

(кол-во авторов более 4):

Sharova N.Yu., Printseva A.A., Manzhieva B.S., Vybornova T.V. et al. Hydrolytic enzymes in the processing of substandard starch-containing raw materials. Food Industry. 2019. no. 4. pp. 115–117. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10058 (in Russian).

СТАТЬЯ ИЗ ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. Journal of Computer Mediated Communication. 1999. vol. 5. no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/>

СТАТЬЯ ИЗ ПРОДОЛЖАЮЩЕГОСЯ ИЗДАНИЯ (СБОРНИКА ТРУДОВ):

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Experimental study of the strength of joints “steel-composite”. Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”. 2006. no. 593. pp. 125–130. (in Russian).

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ:

Tsvetkova I.I., Svodtseva I.A. An indicator approach to the assessment of personnel security in the system of economic security of an enterprise. Sustainable development of the socio-economic system of the Russian Federation. Simferopol, Arial, 2016. pp. 110–112. (in Russian).

КНИГИ (МОНОГРАФИИ, СБОРНИКИ):

(кол-во авторов от 1 до 4):

Rumyantseva Z.P. Management of organizations: a monograph. Moscow, Infra-M, 2015. 432 p. (in Russian).

(кол-во авторов более 4):

Antipova L.V., Storublevtsev S.A., Uspenskaya M.E., Popova Ya.A. et al. Complex processing of rabbits: traditions and innovations: a monograph. Voronezh, 2017. 377 p. (in Russian).

ДИССЕРТАЦИЯ ИЛИ АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:

Ushakova A.S. Development of a comprehensive technology for processing dried fruit and berry raw materials. Kemerovo, Kemer. Technol. Institute of Food Industry, 2017. 22 p. (in Russian).

ГОСТ:

State Standard 5900–2014. Confectionery products. Determination of the mass fraction of moisture and dry matter. Moscow, Standartinform, 2015. 8 p. (in Russian).

ПАТЕНТ:

Chetverikova I.V., Shevtsov A.A., Tkach V.V., Serdyukova N.A. The method of complex processing of soybean seeds with the allocation of protein-containing fractions. Patent RF, no. 2689672, 2019.

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС:

Lapidus L.V. Center of competence of digital economy. Association of citizens and organizations for the development of corporate education. Available at: <http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki/> (in Russian).

List of requirements of drawing up materials in «Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies»

Editorial Board asks the authors to stick to the following rules in writing the papers, otherwise they may be rejected. Submitting the manuscripts for the review.

Submitting the article for publication in the journal "Proceedings of the VSUET" includes: the paper has not been previously published; it is not being considered for publication in another publishing house; its publication has been approved by all authors and interlinked organizations in which this work was carried out; in case of the approval for publication the paper will not be published elsewhere in the same form, in English or any other language, including electronic form.

Submission form (application) for the publication of an article in a journal, filled up in accordance with the rules, should be sent to the following address: **19, Revolution av., 11 Voronezh 394000 Russia** and the electronic version of the paper with an attached manuscript file to an e-mail address vestnikvgta@mail.ru. Should specify the name of the first author of the article in the subject.

The electronic version of the paper should include: a file containing the text of the article, illustrations, tabular material in a separate file (if the amount of one table exceeds full page) and illustration (files in original format), preference is given to vector formats: eps, svg, ai, pdf.

If there are several authors, you must specify contact details of the authors to whom correspondence shall be addressed: address, phone / fax numbers and e-mail addresses.

The manuscript must be accompanied by a review from a specialist in this field, certified by signature and stamp.

Online application form is also available. The author can use the official website of the journal by completing registration at <http://www.vestnik-vsuet.ru/vguit/user/register>).

All articles received by the editorial board of the journal "Proceedings of the VSUET", are subject to mandatory unilateral anonymous ("blind") review (the authors do not know the names of reviewers of the manuscript, and will receive a letter with comments, signed by the chief editor).

After passing the review procedure and the approval of an article for publication, the authors' names and their listed order cannot be changed (addition, deletion, rearrangement). When submitting the final version of the article, please make sure that the list of authors is a complete and listed in a proper order.

ATTENTION: The author is solely responsible for the accuracy and originality of the information provided in the article. All manuscripts are checked for the presence of borrowings using "Antiplagiat" system. All manuscripts are tested with ANTIPLAGIAT for testing electronic documents for originality and reveal plagiarisms. The manuscript must comprise at least 80% of originality; otherwise the manuscript will be returned without the right to be published. Upon detection of copyright infringement or plagiarism in already published articles, they will be invalidated in accordance with the rules of COPE.

Requirements for structure of the paper

Articles in the journal "Proceedings of the VSUET" are published in Russian with English summary. In agreement with the editors, the publication may be done entirely in English.

By agreement, the editors accept publication of the article in English.

Full article (tables, text, footnotes, headers, inserts in a foreign language, references, captions, etc..) must be typed on a computer: in accordance with journal template formatting styles for MS Word 2007-2016..

The volume of the article, including references and captions must not exceed: for work of a common significance: from 5 to 20 pages, for news reports to 3 pages.

The manuscript should be structured to the following plan:

- *Type of article (original article, review article, short message or letter);*
- *UDC (Universal Decimal classification);*
- *DOI - numeric identifier (provided by the editors available for an extra fee);*
- *Full title of the article;*

- First name (full), patronymic name (initials) and surname (full) of the author (s) e-mail;
- Name of the department (for a university) / laboratory (for Scientific Research Institute), the full name of the workplace, city, country;
- Abstract;
- Keywords;
- For reference (filled automatically);
- Structured text of the article;
- Thanks / acknowledgements;
- List of resources used (bibliography);
- Information about the authors;
- Contribution;
- Conflict of interest.

The English version of the article title, first name, patronymic initial and last name of the authors, the full names of all workplaces, structured summaries and keywords must be given below a resume and keywords in Russian.

The editors reserve the right to correct the translation. It is recommended to take the help of a professional translator to avoid mistakes in compiling the English version of resume.

REQUIREMENTS TO THE CONTENT

I THE TITLE PAGE INCLUDES:

Article type

UDK

DOI:

TITLE OF THE ARTICLE. Title of work should be as short as possible (no more than 120 characters), and should accurately reflect its content. It is important to avoid titles in the form of interrogative sentences, as well as titles with an ambiguous meaning. Must use only standard abbreviations (acronyms). Must not use acronyms in the title. Full term should precede the first use of the acronym in the text.

FIRST NAME (FULL), PATRONYMIC (INITIAL) AND SURNAME (FULL) OF AUTHOR (S).

For example: **Aleksey D. Ivanov¹,**

Ivan A. Petrov²

FULL NAME OF ALL ORGANIZATIONS to which the authors are related. If the authors work in different institutions, the relationship of each author with his organization should be shown by using uppercase numbers, for example:

Example: Department (Laboratory), University (scientific research institute), city, country.

II. THE MAIN TEXT OF THE ARTICLE

The manuscripts of original research are submitted under the standard international scheme (IMRAD format - Introduction, Methods, Results and Discussion) and article should reflect the following headings:

Introduction - outlines the current state of the problem and the urgency of the study. It is necessary to give a critical assessment of the literature related to the issue. This assessment differentiates outstanding issues. Clear defined goals and objectives must be determined, explaining further research in a particular area;

Materials and methods - a fairly detailed description of the work is given. Previously published methods should be accompanied by a reference note: the author describes the changes related to the subject.

The results and discussion - the results should be clear and concise. Give a convincing explanation of the results and their significance so as the reader can not only independently assess the methodological advantages and disadvantages of the study, but also replicate if necessary.

Conclusion summarizes the main results of the research. The author gives recommendations and guidance on possible areas of further research.

The name and contents of figures and tables (rows and columns) should be given as in both Russian and English languages.

III ACKNOWLEDGEMENTS:

(when available - in Russian and English). The author should list persons, organizations, foundations, etc., who contributed help for a research, work and so on. (E.g. financial aid, language (linguistic) aid assistance in writing articles or editing proofreading , etc.)

IV. REFERENCES

Cited bibliography must contain at least 10 sources. Self-citations are allowed no more than 20 percent. At least 50 percent of the sources from the bibliography should be published in the last five years, including in the journals indexed in databases **ScienceDirect**, **Web of Science**, **Scopus**, **Science Index**. Only in case of need the references to earlier works are allowed. The bibliography does not include textbooks, regulatory and archival materials, statistical collections, newspaper notes without the author's name, monographs, abstracts and theses. In the cited literature, it is desirable to specify the sources with **DOI**.

Bibliography (list of resources) is presented in two ways:

1. *Russian along with foreign sources in accordance with GOST 7.0.5-2008 (All Union State standard).*
2. *Transliterated in the Latin alphabet with the translation of source publications into English for the international identification system.*

Style of links (references):

In the article, the number of a link is enclosed in square brackets and placed in line with the text. You can give the names of the authors, but the number(s) of the references must always be present. The reference numbers (numbers in brackets) shall be in the reference list in the order in which they appear in text.

Example:

«... as shown [3; 6] or Barnaby and Jones [8] obtained a different result ... »

The author is solely responsible for the accuracy of bibliographic sources, including the English translation.

1. Russian version - in accordance with *Appendix 1, 2*

References in the Russian version of the article are given in the original language. All references should be made uniformly: only a dot (full stop) without dashes between the parts of description. Symbols № and & are not used; for a number you should use Latin letter N with no point after it; double slash separates the description of a larger document, which refers to the fragment. You should not put dot (full stop) before the double slash // but spaces before and after the double slash // are required.

2. The English (REFERENCES) - in accordance with Harvard standard:

References in English are primarily necessary to track cited authors and journals. The correct description of the sources used in reference lists is the guarantee that the quoted publication will be taken into account when assessing the scientific work of its authors, and thus the organization, region and country. Quoting a journal determines its scientific level, the credibility, the effectiveness of its Editorial Board, etc.

The names of sources and works are specified in full, without abbreviations. The titles of monographs, collections of articles and conferences are transliterated into Latin alphabet, followed by an English translation in brackets. The website <http://www.translit.ru/> can be used for free transliteration of Russian text in Latin letters (version of BSI).

In the bibliography (**English version**), it is not allowed to use separating characters «//», «—» and «№»

Instead of references to materials of theses and abstracts, it is recommended to include references to the original articles on the subject of the thesis, as the theses themselves are viewed as the manuscripts and are not printed sources.

VI. BASIC ETHICAL PRINCIPLES

Articles accepted for publication in the journal "Proceedings of the VSUET" must reveal the most significant, complete and previously unpublished research results.

To learn more on publication ethics and ethical standards for publication in the journal "Proceedings of the VSUET" please visit the website.: <http://www.vestnik-vsuet.ru/vquit/about/editorialPolicies#custom-2>

The magazine «the Messenger ВГУИТ» leaves 4 times a year: № 1 – March; № 2 – June; № 3 – September; № 4 – December.

The article must be thoroughly checked and signed by all the authors. Name, middle name, last name, address, science degree, position, place of work, telephone number (office and home) E-mail, the person communicate to are pointed out on a separate sheet of paper.

Accompanying deeds should be applied on paper:

- The transmittal letter;
- An extract from the report of faculty meeting with paper recommendation for printing;
- The positive review of the leading scientist in the given area or a member of an editorial board of the series, authenticated by the signature and printing.

The question on paper publication, its deviation is solved by an editorial board of the log and the solution is definitive. In case of refund of paper for correction by representation date it is considered day of reception of the corrected text. Finishing term - no more than 1 month.

The materials mismatching given demands of registration, to the publication are not accepted. Manuscripts are not refunded to authors.

The pay for the publication of manuscripts is not raised from post-graduate students

VII. CONTACT INFORMATION

scientific and public journal "Proceedings of the VSUET"

If you have any questions, please contact the editorial office:

Anna A. Derkanosova - Ph.D., associate professor of department of Service and restaurant business, Head of the Centre for collective use "Control and management of energy efficient projects"

FSBEE HE "Voronezh state university of engineering technologies"

Tel.: 8 920 432 16 57

E-mail: vestnikvgta@mail.ru, aa-derk@yandex.ru

Address: 19, Revolution av., 11 Voronezh 394000 Russia

ORDER OF DESCRIPTION OF LINKS IN RUSSIAN

JOURNAL ARTICLE:

(number of authors from 1 to 4):

Buyanova I.V., Imangalieva Zh.K. A unit for fine grinding of cottage cheese // Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. № 3. P. 23–26.

(number of authors more than 4):

Semenov E.V., Babakin B.S., Voronin M.I., Belozarov A.G. et al. Mathematical modeling of the process of cooling a coolant with a system of frozen balls // Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. № 4. P. 74–79.

ARTICLE WITH DOI:

(number of authors from 1 to 4):

Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu. Patterns of Inhibition of *Salmonella* Culture // Bulletin of the Voronezh State University. 2018.V. 80. № 4. P. 209–212. doi: 10.20914 / 2310-1202-2018-4-209-212

(number of authors more than 4):

Sharova N.Yu., Printseva A.A., Manzhieva B.S., Vybornova T.V. et al. Hydrolytic enzymes in the processing of substandard starch-containing raw materials // Food Industry. 2019. № 4. P. 115–117. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10058

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS:

The content and technology of adult education: the problem of advanced education: collection of scientific papers / Institute for Adult Education Ros. Acad. education; under the editorship of A.E. Marona. M.: JOB, 2007.118 p.

MATERIALS OF CONFERENCES, FORUMS, MEETINGS, SEMINARS:

Tsvetkova I.I., Svodtseva I.A. An indicator approach to the assessment of personnel security in the system of economic security of an enterprise // Sustainable development of the socio-economic system of the Russian Federation: mat. XVII scientific and practical. conf., Gurzuf, Yalta, December 4, 2015. Simferopol: Arial, 2016. P. 110–112.

BOOK, MONOGRAPH:

(number of authors from 1 to 4):

Rumyantseva Z.P. Management of organizations. M.: Infra-M, 2015.432 p.

(number of authors more than 4):

Antipova L.V., Storulevtsev S.A., Uspenskaya M.E., Popova Y.A. et al. Integrated processing of rabbits: traditions and innovations: a monograph. Voronezh, 2017. 377 p.

DISSERTATION:

Ponomarenko Yu.A. Unconventional feeds and biologically active substances in the diets of broilers and laying hens: dis ... Dr. S.-kh. sciences. Sergiev Posad: VNITIP, 2017.443 p.

SUMMARY OF THE DISSERTATION

Ushakova A.S. Development of a comprehensive technology for processing dried fruit and berry raw materials: abstract of the diss....cand. tech. sciences. Kemerovo: Kemer. technol. Institute of Food Industry, 2017.22 p.

REGULATORY DOCUMENTS:

description order:

Title of an official document: information related to the title (decree, resolution), Date of adoption of the document / Title of publication. The year of publishing. Number of pages.

example:

GOST 5900–2014. Confectionery. Determination of the mass fraction of moisture and solids. M.: Standartinform, 2015. 8 p.

PATENT:

description order:

Designation of the type of document, number, name of the country, index of international classification of inventions. Title of invention / name of inventor, applicant, patent holder; Name of applicant institution. Registration number of the application; Date of application; Date of publication, information about the published document.

example:

7 Pat. no. 2689672, RU, A23L 5/00. The method of complex processing of soybean seeds with the allocation of protein-containing fractions / Chetverikova I.V., Shevtsov A.A., Tkach V.V., Serdyukova N.A. no. 2018107149; Appl. 26.02.2018; Publ. 01.07.2019. Bull. Number 19.

ELECTRONIC RESOURCE:Lapidus L.V. Center of competence of digital economy. Association of citizens and organizations for the development of corporate education. URL: <http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki/>

ENGLISH LANGUAGE DESCRIPTION PROCEDURE:**JOURNAL ARTICLE:**

description order:

Surname I.O. author (transliteration). Translation of the title of the article into English. Translation of the source name into English. Year, volume, number, pages (from-to). An indication of the language of the article (in Russian) after the description of the article.

example:

(number of authors from 1 to 4):

Buyanova I.V., Imangalieva Zh.K. A unit for fine grinding of cottage cheese. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. no. 3. pp. 23–26. (in Russian).

(number of authors more than 4):

Semenov E.V., Babakin B.S., Voronin M.I., Belozerov A.G. et al. Mathematical modeling of the process of cooling a coolant with a system of frozen balls. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. no. 4. pp. 74–79. (in Russian).

ARTICLE WITH DOI:

(number of authors from 1 to 4):

Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu. Patterns of Inhibition of Salmonella Culture. Bulletin of the Voronezh State University. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 209–212. doi: 10.20914 / 2310-1202-2018-4-209-212 (in Russian).

(number of authors more than 4):

Sharova N.Yu., Printseva A.A., Manzhieva B.S., Vybornova T.V. et al. Hydrolytic enzymes in the processing of substandard starch-containing raw materials. Food Industry. 2019. no. 4. pp. 115–117. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10058 (in Russian).

ARTICLE FROM ELECTRONIC JOURNAL:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. Journal of Computer Mediated Communication. 1999. vol. 5. no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/>

ARTICLE FROM CONTINUING PUBLICATIONS (PROCEEDINGS):

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Experimental study of the strength of joints “steel-composite”. Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”. 2006. no. 593. pp. 125–130. (in Russian).

CONFERENCE MATERIALS:

Tsvetkova I.I., Svodtseva I.A. An indicator approach to the assessment of personnel security in the system of economic security of an enterprise. Sustainable development of the socio-economic system of the Russian Federation. Simferopol, Arial, 2016. pp. 110–112. (in Russian).

BOOK, MONOGRAPH:

(number of authors from 1 to 4):

Rumyantseva Z.P. Management of organizations: a monograph. Moscow, Infra-M, 2015. 432 p. (in Russian).

(number of authors more than 4):

Antipova L.V., Storublevtsev S.A., Uspenskaya M.E., Popova Ya.A. et al. Complex processing of rabbits: traditions and innovations: a monograph. Voronezh, 2017. 377 p. (in Russian).

DISSERTATION OR SUMMARY OF THE DISSERTATION:

Ushakova A.S. Development of a comprehensive technology for processing dried fruit and berry raw materials. Kemerovo, Kemer. Technol. Institute of Food Industry, 2017. 22 p. (in Russian).

GOST:

State Standard 5900–2014. Confectionery products. Determination of the mass fraction of moisture and dry matter. Moscow, Standartinform, 2015. 8 p. (in Russian).

PATENT:

Chetverikova I.V., Shevtsov A.A., Tkach V.V., Serdyukova N.A. The method of complex processing of soybean seeds with the allocation of protein-containing fractions. Patent RF, no. 2689672, 2019.

ELECTRONIC RESOURCE:

Lapidus L.V. Center of competence of digital economy. Association of citizens and organizations for the development of corporate education. Available at: <http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki/> (in Russian).