

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА И ИННОВАЦИИ

Научный журнал

Выпуск №3 (31), 2020

Выходит 4 раза в год

ISSN2307-910X

Ставрополь – Пятигорск
2020

Учредитель	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»
Главный редактор	Шебзухова Т. А., доктор исторических наук, профессор
Редакционный совет журнала	Вартумян А. А., доктор политических наук, профессор, председатель; Першин И. М., доктор технических наук, профессор, заместитель председателя; Евдокимов И. А., доктор технических наук, профессор; Колесников А. А., доктор технических наук, профессор (ЮФУ, Таганрог); Медетов Н. А., доктор физико-математических наук, профессор (Костанайский государственный университет им. Байтурсынова, Костанай, Республика Казахстан); Уткин В. А., доктор медицинских наук, профессор (НИИ Курортологии, Пятигорск); Веселов Г. Е., доктор технических наук, профессор (ЮФУ, Таганрог); Григорьев В. В., доктор технических наук, профессор (САО УИТМО, Санкт-Петербург); Душин С. Е., доктор технических наук, профессор (СПб ГЭТУ, Санкт-Петербург); Малков А. В., доктор технических наук, профессор (ООО «Нарзангидроресурс», Кисловодск); Балера Ю. Ю., член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук (САО РАН, Верхний Архыз); Cynthia Pizarro, доктор антропологии, профессор, член национального совета по научным и техническим исследованиям Аргентины (Университет Буэнос-Айреса, Аргентина); Федорова М. М., доктор политических наук, профессор (Институт философии РАН, Москва); Коробкеев А. А., доктор медицинских наук, профессор (СГМУ, Ставрополь); Hannes Meissner, доктор наук, профессор (Университет прикладных исследований Вены, Австрия).
Редакционная коллегия	Шебзухова Т. А., доктор исторических наук, профессор, главный редактор; Вартумян А. А., доктор политических наук, профессор, зам. главного редактора по гуманитарному направлению; Першин И. М., доктор технических наук, профессор, зам. главного редактора по техническому направлению; Евдокимов И. А., доктор технических наук, профессор, зам. главного редактора по естественно-научному направлению; Богатырева Ю. И., доктор педагогических наук, доцент, профессор (Тульский государственный педагогический университета им. Л. Н. Толстого, Тула); Брацхин А. А., доктор технических наук, профессор; Галкина Е. В., доктор политических наук, профессор (СКФУ, Ставрополь); Данилова-Волковская Г. М., доктор технических наук, доцент; Емельянов С. А., доктор технических наук, профессор; Казуб В. Т., доктор технических наук, профессор; Карабущенко П. Л., доктор философских наук, профессор (АГУ, Астрахань); Корячкина С. Я., доктор технических наук, профессор (ОГТУ, Орел); Коновалов Д. А., доктор фармацевтических наук, профессор (ПМФИ, Пятигорск); Косов Г. В., доктор политических наук, профессор (ПГЛУ, Пятигорск); Лодыгин А. Д., доктор технических наук, доцент (СКФУ, Ставрополь); Cynthia Pizarro, доктор антропологии, профессор, член национального совета по научным и техническим исследованиям Аргентины (Университет Буэнос-Айреса, Аргентина); Маннино Саверио, профессор, Миланский университет (Италия, Милан); Садовый В. В., доктор технических наук, профессор (Ставропольский институт кооперации (филиал) Белгородского университета кооперации, экономики и права, Ставрополь); Теплый Д. Л., доктор биологических наук, профессор, академик РЕАН (АГУ, Астрахань); Усманов Р. Х., доктор политических наук, профессор (АГУ, Астрахань); Тарасов И. Н., доктор политических наук, профессор (КГУ, Калининград); Шабров О. Ф., доктор политических наук, профессор (РАСН, Москва); Храмцова Ф. И., доктор политических наук, профессор (филиал РГСУ, Минск); Oliver Hinkelbein, доктор наук, профессор (Университет Бремена, Германия); Khalid Khayati, доктор наук, профессор (Университет Линчопинг, Швеция); Чернобабов А. И., доктор физико-математических наук, профессор; Чернышев А. Б., доктор физико-математических наук, доцент; Ширинянц А. А., доктор политических наук, профессор, зав.каф. истории социально-политических учений (МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва).
Ответственный секретарь	Оробинская В. Н., кандидат технических наук
Свидетельство о регистрации СМИ	Научный журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-51370 от 10 октября 2012 г.
Подписной индекс	Объединенный каталог. ПРЕССА РОССИИ. Газеты и журналы: 94010 Журнал включен в новый перечень рецензируемых изданий (ВАК) (№1866); в БД «Российский индекс научного цитирования»
Адрес:	юридический: 355029, г. Ставрополь, пр. Кулакова, д. 2 фактический: 357500, г. Пятигорск, ул. 40 лет Октября, 56
Телефон:	(879-3) 33-34-21, 8-928-351-93-25
E-mail:	oponir@pfnscfu.ru
ISSN	2307-910X

Founder	Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "North Caucasus Federal University"
Chief Editor	Shebzukhova T. A. , Doctor of Historical Sciences, Professor
The editorial board of the journal	Vartumyan A. A. , Doctor of Political Sciences, Professor; Pershin I. M. , Doctor of Technical Sciences, Professor; Evdokimov I. A. , Doctor of Technical Sciences, Professor; Kolesnikov A. A. , Doctor of Technical Sciences, Professor (Taganrog, SFU); Medetov N. A. , Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor (Kostanay State University named after Baitursynov) Kostanay, Republic of Kazakhstan); Utkin V. A. , MD, Professor (Institute of Spa in Pyatigorsk); Veselov G. E. , Doctor of Technical Sciences, Professor (Taganrog, SFU); Grigoriev V. V. , Doctor of Technical Sciences, Professor (St. Petersburg, St. Petersburg National Research University Information Technologies, Mechanics and Optics); Dushyn S. E. , Doctor of Technical Sciences, Professor (St. Petersburg St. Petersburg State Electrotechnical University); Malkov A. V. , Doctor of Technical Sciences, Professor ("Narzangidroresurs" Ltd., Kislovodsk); Balega Yu. Yu. , Member-correspondent of RAS, Doctor of Physical and Mathematical Sciences (Upper Arkhyz, SAO RAS); Dr. Cynthia Pizarro , Anthropology Professor, Member of the National Council for Scientific and Technical Research of Argentina (University of Buenos Aires); Fedorova M. M. , Doctor of Political Sciences, Professor (Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences, Moscow); Korobkeev A. A. , MD, Professor (SSMU, Stavropol); Hannes Meissner , Doctor of Sciences, Professor (University of applied studies, Vienna, Austria).
The editorial team	Shebzukhova T. A. , Doctor of History, Professor, Chief Editor; Vartumyan A. A. , Doctor of Political Sciences, Professor, Deputy Chief Editor of the humanitarian direction; Pershin I. M. , Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Chief Editor of the technical direction; Evdokimov I. A. , Doctor of Technical Sciences, Professor; Bratsikhin A. A. , Doctor of Technical Sciences, Professor; Galkina E. V. , Doctor of Political Sciences, Professor (NCFU, Stavropol); Danilova-Volkovskaya G. M. , Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; Emelyanov S. A. , Doctor of Technical Sciences, Professor; Kazub V. T. , Doctor of Technical Sciences, Professor; Karabushchenko P. L. , Ph.D., Professor (ASU, Astrakhan); Koryachkina S. Ya. , Doctor of Technical Sciences, Professor (OGTU, Orel); Konovalov D. A. , Doctor of Pharmacy, Professor, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute (branch of the Volgograd State Medical University); Kosov G. V. , Doctor of Political Sciences, Professor (PSLU, Pyatigorsk); Dr. Cynthia Pizarro , Anthropology Professor, Member of the National Council for Scientific and Technical Research of Argentina (University of Buenos Aires); Sadovy V. V. , Doctor of Technical Sciences, Professor (Stavropol Cooperative Institute (branch) of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Stavropol); Tepliy D. L. , Doctor of Biological Sciences, Professor, academician of REAN (ASU, Astrakhan); Usmanov R. Kh. , Doctor of Political Sciences, Professor (ASU, Astrakhan); Tarasov I. N. , Doctor of Political Sciences, Professor (KSU, Kaliningrad); Shabrov O. F. , Doctor of Political Sciences, Professor (RASN, Moscow); Hramtsova F. I. , Doctor of Political Sciences, Professor (branch of Russian State Social University, Minsk); Oliver Hinkelbein , Doctor of Sciences, Professor (University of Bremen, Germany); Khalid Khayati , doctor of Sciences, Professor (University of Linköping, Sweden); Chernobabov A. I. , Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor; Chernyshev A. B. , Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor.
The executive secretary	Orobinskaya V. N. , Candidate of Technical Sciences.
Certificate media registration	PI № FS 77-51370 dated October 10 th 2012
The Index	United catalogue. THE RUSSIAN PRESS. Newspapers and magazines: 94010 The journal is included in the new list of peer-reviewed publications (VAK) (No. 1854); The journal is included in the database of the "Russian science citation index"
Address:	legal: 355029, Stavropol, Prospekt Kulakova, 2 actual: 357500, Pyatigorsk, St. 40 let Otyabrya, 56
Phone:	(879-3) 33-34-21, 8-928-351-93-25
E-mail:	oponir@pfncfu.ru
ISSN	2307-910X

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Информатика, вычислительная техника и управление

Д. В. Маршаков ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕЙРОСЕТЕВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ	9
В. М. Тиунов FOODTECH И ЦИФРОВИЗАЦИЯ СФЕРЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ В РОССИИ	17
Ю. А. Кораблев TAKAGI-SUGENO ОТКАЗОУСТОЙЧИВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ	22
С. Е. Абрамкин, С. Е. Душин, И. М. Першин, Д. Д. Сирота РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ НЕУСТАНОВИВШЕЙСЯ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА С УЧЕТОМ НЕОДНОРОДНОСТИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТА	30
С. В. Зайцев МЕТОДОЛОГИЯ АДАПТИВНОЙ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	37

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Н. Б. Гаврилова, Н. Л. Чернопольская, Е. М. Щетинина БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННОГО МЯГКОГО СЫРА НА ОСНОВЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА	44
Д. Р. Зяйнитдинов, А. В. Евтеев, А. В. Банникова ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ И ПРЕБИОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КСИЛОЛИГОСАХАРИДОВ И ПОЛИФЕНОЛОВ ИЗ ВТОРИЧНЫХ БИОПРОДУКТОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР	50
Н. В. Шелепина АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ФОРМИРУЮЩИХ КАЧЕСТВО ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ПРОИЗВОДИМЫХ В РФ	59
В. Д. Харитонов, П. В. Кузнецов, В. Т. Габриелова, Б. А. Даржания ВЛИЯНИЕ СТАДИЙНОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ НА СОСТОЯНИЕ ЖИРОВОЙ ФАЗЫ СУХИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ	71
М. В. Беляков, М. Г. Куликова, М. А. Новикова СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫПУЧИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	77
И. Ф. Горлов, В. В. Крючкова, М. И. Сложенкина, А. Р. Параскевов РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЫРНОГО ПРОДУКТА, ОБОГАЩЕННОГО ФИТОКОМПОНЕНТАМИ	84
А. Х.-Х. Нугманов, Н. В. Долганова, Н. В. Ярцева ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИОСКОПИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЫБНОГО ФАРШЕВОГО ПРОДУКТА И КОЛИЧЕСТВО ВЫМЕРЗШЕЙ В НЕМ ВЛАГИ ПРИ ЕГО ЗАМОРОЗКЕ	94

М. А. Капустин, А. С. Чубарова, И. А. Евдокимов, С. В. Лодыгина, А. Д. Лодыгин, В. Г. Цыганков, А. М. Бондарук, В. П. Курченко ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПЛЕКСОВ КУРКУМИНОИДОВ С ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ И ХАРАКТЕРИСТИКА ИХ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ	105
Н. М. Панова, О. В. Меркулова, А. Д. Лодыгин, А. Г. Храмцов ВЛИЯНИЕ БИФИДОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ МИКРОФЛОРЫ В ПОДСЫРНОЙ СЫВОРОТКЕ	115
А. Г. Гракова ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕМБРАННОГО БИОРЕАКТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	121
Е. А. Чеботарев, А. Д. Лодыгин ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ОСАДКОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ СЕПАРИРОВАНИИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И ЕЁ КОНЦЕНТРАТОВ	132
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ	
Н. Л. Подвойская СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛИТНОГО И ЭЛИТАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ Рецензия на монографию	138
М. А. Бояркина, И. А. Прокопенко АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ГАСТРОНОМИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В КРЫМУ	143
ПОЛИТИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Г. В. Косов, Р. Н. Шангараев ПЕРЕСЕЧЕНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИНТЕРЕСОВ РОССИИ И ТУРЦИИ НА ПОСТСОВЕТСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ	148
А. С. Константинова, М. М. Абазалиева ИНФОРМАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ КАК ГЛАВНЫЙ РЕСУРС И КОНСТРУКТ ПОЛИТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	156
А. А. Албогачиев, М. М. Хаматханова, Р. Б. Гандалоев СУЩНОСТЬ И СОВРЕМЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПОНЯТИЯ «ПОЛИТИЧЕСКОЕ ЕДИНСТВО»	160
М. М. Абазалиева, Е. А. Шабанова ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО И ПАРАДИГМА ИНФОРМАЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОЛИТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	166
Ю. И. Крючков ОСОБЕННОСТИ РОССИЙСКОГО-ПОЛЬСКОГО НЕФТЯНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА: ГЕОПОЛИТИЧЕСКИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ	171
А. К. Боташева, О. В. Ефимова, З. С. Тамбиева КОММУНИКАТИВНЫЙ АСПЕКТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ НЕПРАВИТЕЛЬСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РЕЛИГИОЗНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ КАК СУБЪЕКТОВ МИРОВОЙ ПОЛИТИКИ	179
ДИСКУССИОННЫЕ СТАТЬИ	
М. В. Каледина, А. Н. Федосова, Л. В. Волощенко, Н. П. Шевченко, И. А. Байдина СПИРУЛИНА КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНАЯ ДОБАВКА В ИННОВАЦИОННЫЕ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ С ПОЛЬЗОЙ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ	188

Е. В. Андреева, С. С. Евсеева, И. Ю. Алексанян

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАФИНАТА, КАК ОБЪЕКТА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ, ПОСЛЕ ЭКСТРАКЦИИ ИЗ ПЛОДООВОЩНОГО СЫРЬЯ КРАСЯЩИХ КОМПОНЕНТОВ	202
---	-----

Требования к оформлению рукописей	210
--	-----

CONTENTS

TECHNICAL SCIENCES

Information, computing and management

D.V. Marshakov

INTERPRETATION OF THE RESULTS OF THE NEURAL NETWORK CLASSIFICATION 9

V. M. Tiunov

FOODTECH AND THE DIGITALIZATION OF PUBLIC CATERING IN RUSSIA 17

Yu. A. Korablyov

TAKAGI-SUGENO FAULT TOLERANT CONTROL SYSTEM 22

S. E. Abramkin, S. E. Dushin, I. M. Pershin, D. D. Sirota

DEVELOPMENT OF A COMPUTER MODEL OF UNSTEADY GAS FILTRATION CONSIDERING
HETEROGENEITIES OF FILTRATION PROPERTIES 30

S. V. Zaytsev

METHODOLOGY OF ADAPTIVE ADJUSTMENT OF REGULATORS FOR DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS 37

TECHNOLOGY OF FOOD PRODUCTS

N. B. Gavrilova, N. L. Chernopolskaya, E. M. Shchetinina

BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF INNOVATIVE TECHNOLOGY OF ENRICHED SOFT CHEESE
BASED ON GOAT'S MILK 44

D. R. Zainutdinov, A. V. Evteev, A. V. Bannikova

STUDY OF ANTIOXIDANT AND PREBIOTIC PROPERTIES OF XYLOOLIGOSACCHARIDES AND POLYPHENOLS
FROM SECONDARY BIOPRODUCTS OF CEREALS 50

N. Vl. Shelepina

ANALYSIS OF FACTORS THAT SHAPE THE QUALITY OF FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS PRODUCED
IN THE RUSSIAN FEDERATION 59

V. D. Kharitonov, P. V. Kuznetsov, V. T. Gabrielova, B. A. Darzhaniya

INFLUENCE OF THE SPRAY DRYING PROCESS STAGES ON THE STATE OF THE FAT PHASE
OF DRY DAIRY PRODUCTS 71

M. V. Belyakov, M. G. Kulikova, M. A. Novikova

COMPARISON OF REFLECTIVE AND LUMINESCENT SPECTROSCOPY METHODS FOR CONTROLLING
THE DEGREE OF GRINDING OF BULK FOOD PRODUCTS 77

I. F. Gorlov, V. V. Kryuchkova, M. I. Slozhenkina, A. R. Paraskevov

TECHNOLOGY AND QUALITY ASSESSMENT OF CHEESE PRODUCT ENRICHED WITH PHYTOCOMPONENTS 84

A. H.-H. Nugmanov, N. V. Dolganova, N. V. Yartseva

DETERMINATION OF THE CRYOSCOPIC TEMPERATURE OF A FUNCTIONAL MINCED FISH PRODUCT
AND THE AMOUNT OF MOISTURE FROZEN IN IT WHEN IT IS FROZEN 94

M. A. Kapustin, A. S. Chubarova, I. A. Evdokimov, S. V. Lodigina,

A. D. Lodigin, V. G. Cigankov, A. M. Bondaruk, V. P. Kurchenko

PREPARATION OF NANOCOMPLEXES OF CURCUMINOIDS WITH CYCLODEXTRINS
AND CHARACTERISTICS OF ITS STRUCTURAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES 105

N. M. Panova, O. V. Merkulova, Al. D. Lodygin, An. G. Khramtsov THE EFFECT OF BIFIDOGENIC FACTORS ON THE PROCESS OF CULTIVATION OF PROBIOTIC MICROFLORA IN WHEY	115
A. G. Grakova OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE DECISIONS IN DESIGNING A MEMBRANE BIOREACTOR TO INCREASE THE EFFICIENCY OF TREATMENT WASTE WATER OF THE DAIRY INDUSTRY	121
E. A. Chebotarev, A. D. Lodygin RESEARCH OF PROPERTIES OF SEDIMENTS FORMED IN COURSE OF WHEY AND ITS CONCENTRATES SEPARATION	132
SHORT REPORTS	
N. L. Podvoiskaya THE DEVELOPMENT STRATEGY OF THE ELITE AND ELITIST EDUCATION Review of the monograph	138
M. A. Boyarkina, I. A. Prokopenko ANALYSIS OF THE MAIN DIRECTIONS OF GASTRONOMIC TOURISM IN THE CRIMEA	143
POLITICAL SCIENCES	
G. V. Kosov, R. N. Shangaraev THE INTERSECTION OF RUSSIA – TURKEY STRATEGIC INTERESTS IN POST-SOVIET SPACE	148
A. S. Konstantinova, M. M. Abasalieva INFORMATION COMPONENT AS THE MAIN RESOURCE AND CONSTRUCT OF POLITICAL MANAGEMENT ..	156
A. A. Albogachiev, M. M. Khamatkhanova, R. B. Gandaloev THE ESSENCE AND MODERN CONTENT OF THE CONCEPT OF «POLITICAL UNITY»	160
M. M. Abazalieva, E. A. Shabanova INFORMATION SOCIETY AND THE PARADIGM OF THE INFORMATION COMPONENT OF POLITICAL SECURITY	166
Yu. I. Kryuchkov FEATURES OF RUSSIAN-POLISH OIL COOPERATION: GEOPOLITICAL AND ECONOMIC ASPECTS	171
A. K. Botasheva, O. V. Yefimova, Z. S. Tambieva COMMUNICATIVE ASPECT OF THE ACTIVITIES OF INTERNATIONAL NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS OF RELIGIOUS ORIENTATION AS SUBJECTS OF WORLD POLITICS	179
DISCUSSION PAPERS	
M. V. Kaledina, A. N. Fedosova, L. V. Voloshenko, N. P. Shevchenko, I. A. Baydina SPIRULINA AS A PROMISING BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE FOR ADVANCED HEALTHY FOOD PRODUCTS	188
E. V. Andreeva, S. S. Evseeva, I. Yu. Aleksanyan DETERMINATION OF THERMAL AND STRUCTURAL-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF RAFFINATE AS AN OBJECT OF DEHYDRATION AFTER THE EXTRACTION OF COLORING COMPONENTS FROM FRUIT VEGETABLE RAW MATERIALS	202
Requirements for preparation of manuscripts	210

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ | TECHNICAL SCIENCE

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ
INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

Д. В. Маршаков [D. V. Marshakov]

УДК 004.032.26

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕЙРОСЕТЕВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

INTERPRETATION OF NEURAL NETWORK CLASSIFICATION RESULTS

Донской государственный технический университет
Don State Technical University

Аннотация. В работе предложен метод извлечения правил классификации из искусственной нейронной сети. Метод основан на модификации искусственного нейрона, структурировании информационных потоков, обрабатываемых в его информационном поле, и приведении сложных многомерных данных в более простую структуру меньшей размерности с последующим тривиальным преобразованием результатов в набор нечётких правил определенного типа. Полученные результаты экспериментального исследования, на примере решения известной задачи многопараметрической классификации, подтверждают адекватность предложенного метода, который может быть использован как в независимых нейросетевых системах распознавания образов, так и в системах поддержки принятия решений.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, интерпретация, извлечение правил, классификация.

Abstract. The paper proposes a method for extracting classification rules from an artificial neural network. The method is based on the modification of the artificial neuron, which consists in structuring data stream processed in its information field. In this case, complex multidimensional data is converted into a simpler structure of lower dimension with the possibility of subsequent trivial transformation of the results into a set of fuzzy rules of a certain type. The results of an experimental research of the proposed method are presented with the example of solving a well-known problem of multi-parameter classification. The results obtained confirm the adequacy of the proposed method, which can be used both in independent neural network pattern recognition systems and in decision support systems.

Key words: artificial neural network, interpretation, rule extraction, classification.

Introduction. Nowadays, the variety of input data and possible solutions becomes a problem when using traditional, pre-programmed systems. The growing volumes and variety of information data, cheaper and more powerful computational processing, and available storage for data have led to the actualization of the practical need for machine learning. Machine learning technology uses a wide range of algorithms to translate datasets into predictive models, ranging in complexity from linear and logistic regression to deep neural networks and ensembles. A special place in machine learning is occupied by artificial neural networks (ANNs), which simulate with the help of artificial neurons the work of the human brain that solves a specific problem, with the possibility of self-learning, taking into account previous experience. At the same time, due to the design and computational features of ANNs, it is most expedient to use them for specialized tasks of pattern recognition and classification. In the process of training the ANN, the generalized features of the input images are distributed in the interneural connections of the network with the development of an implicit algorithm for solving the problem, which provides high accuracy for a variety of classification problems with huge data sets. In this case, the neural network approach is identified with the "black box" method, which involves the creation of a simulation model, without explicitly formulating the rules for making neural network decisions. The process of obtaining the final result remains hidden and "opaque" for the user, due to the impossibility of substantiating the generated responses to the values of the input signals by the neural network. The problem of interpretability of the ANN output results remains relevant in many critical areas of decision making [1, 2].

With regard to ANN, two types of interpretability are possible: global and local [3]. With global interpretability, users can understand how the neural network model works as a whole, which is achieved by understanding the representations formed by the neurons in the intermediate layers, which to some extent explains the internal working mechanisms of machine learning models, ensuring their "transparency". Local interpretability examines each individual conclusion of the ANN, in order to identify its dependence on the contribution of each feature of the input data corresponding to this conclusion. It helps to uncover causal relationships between a specific input signal and the corresponding forecast of the neural network model. Together, these two approaches significantly increase the level of user confidence in the model and the final result. The solution to the problem of interpretability of ANN results can be carried out by extracting the rules laid down at the training stage, which implies the process of developing a syntax similar to natural language that describes the behavior of a neural network. In this case, rule extraction is usually based on selective training of ANN using classification methods to obtain classification rules [4]. Rule extraction algorithms are predominantly based on analyzing the ANN structure and / or training data content and thinning the network for each input in search of conditions that formalize the rules. Of the existing methods for extracting rules [4,5] (pedagogical, decomposition, eclectic), the article focuses on the decomposition method, which is based on the study of activation and weights of hidden layers of a neural network in order to extract the symbolic rules of the internal algorithm of the ANN. In the procedure for extracting an explicit algorithm for a neural network solution to a problem, contrasting (thinning) [6–8] ANN is widely used to a "logically transparent" level and its subsequent verbal description in the form of a symptom-syndrome structure and explicit formulas for the formation of the output values of neurons (syndromes) from the input values ANN (symptoms). However, this kind of ANN contrasting is valid only for particular problems and is difficult if used regardless of the problem being solved. In addition, simplification of the structure of a neural network leads to the loss of its structural redundancy, which can lead to a significant decrease in the degree of fault tolerance of the ANN in some cases of its hardware implementation. It is important to bring neural network algorithms to the form of production rules of the type IF-THEN [8–10], on the basis of which neuro-fuzzy models are built, as well as hybrid models using ANN and technologies of expert systems (neuro-expert systems). In the case of neuro-fuzzy models, the system becomes more "transparent" for the analysis of the structure of connections, but this also reduces the redundancy of the information field of the neural network system. For neuro-expert systems, activation of a neural network knowledge base is similar to extracting rules from the information field of a neural network, which, as a rule, requires high computational complexity [11]. In practice, there are cases [12] of using a neural network knowledge base without adapting it to the system of rules, when the output values of the neural network are considered as the initial premises for the inference mechanism and the finished rule base of the expert system. However, this requires additional mechanisms for assessing the output states of the ANN, their symbolic representation and interpretation.

Formulation of the problem. The purpose of this work is to develop a method for extracting rules from the ANN at the stage of its functioning for interpreting the results of neural network classification for given input influences. The solution to this problem is to establish a cause-and-effect relationship between a specific set of input features of artificial neurons and the output solution formed by them based on the analysis of the internal algorithm of ANN functioning. The set of input features, which in some cases is multidimensional data, undergoes numerous changes in the process of neural network parallel processing, being distributed within the adaptive information field of the weighting coefficients of neurons. At the same time, in the author's opinion, the problem of interpretation may partly be associated with the lack of marking of information within interneuronal connections, which is possible by combining intermediate data into groups, that is, by their cluster analysis. Clustering of information implies that if there is one or more representatives within a group for which there is certain a priori information, it can be extended to all elements of this group. When recognizing patterns among a variety of homogeneous features, the imitation of such processes seems to be expedient by intelligent methods of processing subjective information using the characteristic features of recognized objects. One of the approaches to constructing an algorithm for solving such a problem, which is closest to the processes of modeling human reasoning [13], is the generalization of various kinds of information with the application of empirical experience to it, the allocation of a number of characteristic features of an object, on the basis of which the given object is assigned to one of the possible classes. With this approach, there is a differentiation of certain entities (concepts) and the establishment of certain relations between them, based, as a rule, on the similarities and differences of the observed situations. To implement this approach, it is proposed to combine self-organizing and multilayer ANNs with fuzzy modeling methods at the stage of interpreting intermediate and output results [14]. At the same time, cluster analysis provides the division of a set of signals within layers into similar groups (subsets) of individual parameters.

ANN, trained to work with these subsets, assigns a given set of input parameters to one of the output classes defined at the training stage. Fuzzy modeling allows representing the selected subsets in the form of fuzzy rules for formalizing the process of forming a solution and subsequent interpretation.

Modified model of an artificial neuron. To achieve the goal of this work, we propose a modification of the classical model of an artificial neuron by adding clustering elements to the interneuronal connections, previously trained to partition the input set of signals that display the selected features of the object into similar groups (subsets) of individual input parameters. Self-organizing networks (Kohonen layers) trained by the "winner takes all" algorithm can serve as clustering elements. The number of such networks in interneuronal connections corresponds to the number of input signals of an artificial neuron. The combined set of clustering elements is defined as a clustering layer. Consider a mathematical model of the proposed modification for a neuron, the input value of which is the input vector $X = [x_0, x_1, \dots, x_N]^T$, there $x_0 = 1$ defines a single displacement signal. The clustering layer in this case consists of N self-organizing networks performing the segmentation of the input data features. For each self-organizing network of a layer, a symbol is introduced: $\Omega = A, B, C \dots$ and etc. From the preliminary analysis of the training sample set, the number M of possible clusters for the data arriving at each of the ANN inputs is determined. The outputs of the corresponding self-organizing networks corresponding to the selected clusters are denoted $\sigma_k \in \Omega$, где $k = \overline{1, M}$ – cluster number for each i -th input, $i = \overline{1, N}$, а $M(i)$ – число кластеров, зависящее от номера входа, задаваемое на этапе формирования конфигурации слоя. Each k -th neuron in the active layer of the i -th self-organizing network has its own weight $w_{ik}^{(\Omega)}$, which is compared with the input value x_i by calculating the distance between them according to expression (1).

$$k = \arg \min_k \|x_i - w_{ik}^{(\Omega)}\|, \quad (1)$$

there $x_i \in X$ – is a component of input vector X ; k – the number of the winning neuron whose weight has the smallest distance to the value of the input signal; $w_{ik}^{(\Omega)}$ – is the weight coefficient of the self-organizing network connecting the i -th input to the k -th output. Euclidean distance can be used as a metric [15]:

$$d(x_i, w_{ik}^{(\Omega)}) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - w_{ik}^{(\Omega)})^2}.$$

For the input data features localized using the clustering layer, the corresponding weights of the artificial neuron are formed. The output signal of the neuron is the signal y , described by the following function:

$$y = f\left(\sum_{i=0}^N w_i[\sigma_k] \cdot x_i\right),$$

there $w_i[\sigma_k]$ – is a weight coefficients corresponding to the output of a σ - self-organizing network, $f(\cdot)$ – neuron activation function.

The neuron training procedure of the proposed modification consists in unsupervised learning of the clustering layer and supervised learning by the method of back propagation of the error directly to the neuron. Namely, initially the clustering layer is trained on the set of input data vectors – each self-organizing network connected to the corresponding input. The number of clusters for each input is determined empirically, based on the degeneration of additional clusters. As a result, the neurons of this layer are organized in such a way that the vectors of their weights best reflect the distribution of the training vector data. For the winner neuron of each network $\Omega = A, B, C \dots$ a set of weighting coefficients is formed, connecting its output with the input of the neuron adder. Then, based on the markup of the input data, the neuron itself is trained directly by the backpropagation method. In the case of combining neurons into layers of the perceptron type, their cascade connection is performed with the placement of clustering layers between them. For example, for a two-layer ANN of direct propagation constructed in this way, after training the first clustering layer, the first and second perceptron layers are trained on the basis of the data obtained. Based on the plurality of outputs from the first perspetron layer, the second clustering layer is trained. In the final stage, the second perceptron ANN layer is trained again based on the labeled output of the first layer. The procedure for extracting rules from the ANN consists in a layer-by-layer analysis of the processed input data with the registration of cluster numbers indi-

cating the properties of signals generated by neurons. The interpretation of their output results is achieved by reducing them to fuzzy rules of the form:

IF $(x_1 \text{ is } a_k)$ AND $(x_2 \text{ is } b_k)$ AND ... $(x_N \text{ is } \sigma_k)$, THEN $(y \text{ is } \beta_j)$

there x_i – is an input parameter characterizing the object of classification; σ_k – is a fuzzy parameter, to which the value of the input parameter belongs; y – the output value of the artificial neuron; β_j – description of the output class to which the set of given input parameters belongs, $j = \overline{1, S}$; S – the number of output classes.

Experimental evaluation. The practical applicability of the proposed method for extracting classification rules from ANN is considered on the example of the classical problem "Fisher's Irises", the purpose of which is to classify plant species according to measurement data. The dataset contains 150 specimens belonging to three different classes of irises (setosa, virginica, versicolor), 50 specimens from each class. For each specimen, there are four characteristics that determine the geometric features of the recognized objects: sepal length, sepal width, petal length, and petal width. The set of initial data was divided into two components – 80% were included in the training sample, 20% in the test. For the set of values of the input features in this example, the classical minimax normalization is used for the entire data sample. The object of the study is an artificial neuron, the structure of which is shown in Figure 1. The number of neuron inputs corresponds to the number of input features and is equal to 4. The sigmoidal activation function is used as the neuron activation function. Since the neuron has one output, then to determine each of the $S = 3$ classes, a certain level of the output signal is allocated for a separate iris variety in the interval $[0.1]$: $y > 0.65$ – the first variety (setosa), $0.35 < y < 0.65$ – second grade (virginica), $y < 0.35$ – third grade (versicolor).

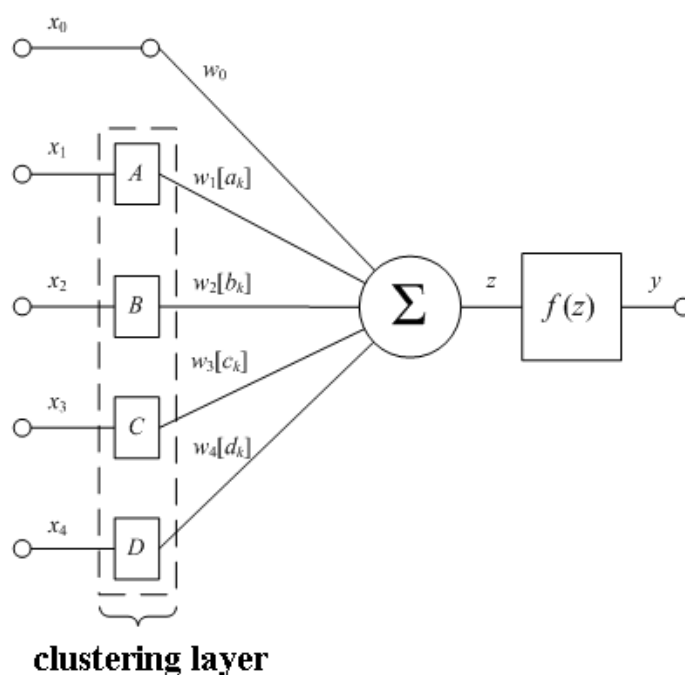


Fig. 1. Modified artificial neuron

In the clustering layer, for each of the neuron inputs, the classical Kohonen networks $A - D$ are used, trained according to the "winner takes all" algorithm. Based on the preliminary analysis of the initial data, Kohonen networks (A, B, C, D) in the clustering layer are trained to cluster the input sets of each input into 3 groups of features, which conditionally corresponds to the geometric sizes of sepals and petals: "large", "medium" and "small". The clustering results for each of the input features are shown in Figure 2.

The neuron is trained according to the above algorithm. One of the variants of the matrix of the weight coefficients of the modified neuron is shown in Table 1.

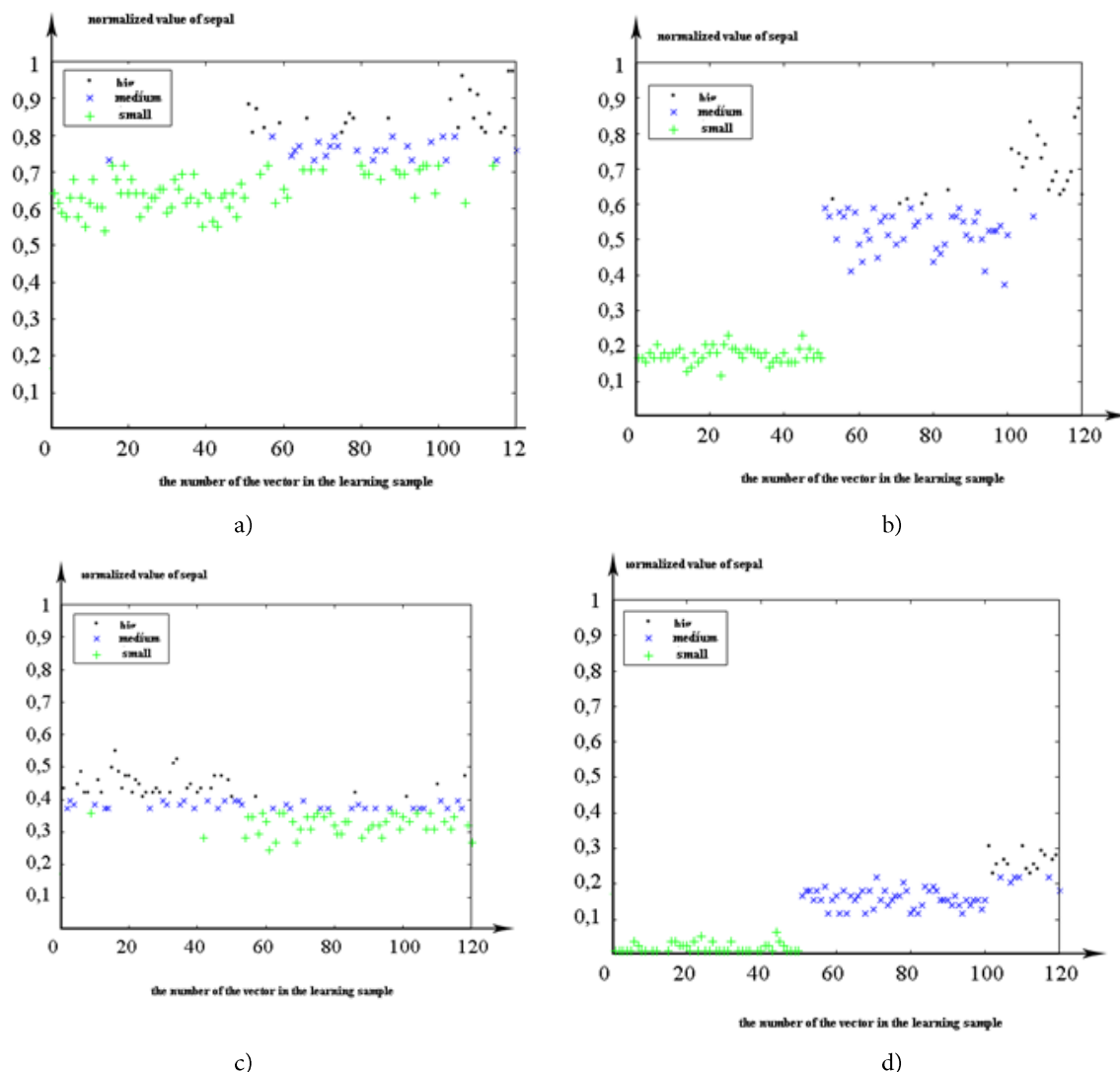


Fig. 2. Results of clustering the input parameter set:
 a) x_1 - sepal length; b) x_2 - sepal width; c) x_3 - the length of the petal; d) x_4 - the width of the petal

Table 1

Matrix of modified neuron weight coefficients – $w_i[\sigma_k]$

$i = 0$	$i = 1$			$i = 2$			$i = 3$			$i = 4$		
	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3	c_1	c_2	c_3	d_1	d_2	d_3
0,2273	0,6384	0,6286	0,5853	0,5029	0,5453	0,4756	-1,3999	-1,0017	1,6884	-2,1750	-2,1622	-0,7620

Let's consider the principle of extracting rules from ANN using the example of certain values of the vector input features from the test set: sepal length - 6.4 cm, sepal width - 2.8 cm, petal length - 5.6 cm, petal width - 2.2 cm, which correspond to the third variety of irises - versicolor. After normalization, the vector of input features takes the form: $X = \{0.8077, 0.3462, 0.7051, 0.2692\}$.

The first element of the input vector corresponds to the cluster $a_1 \in A$ ("large"), the second element - to the cluster $b_3 \in B$ («little»), the third element - to the cluster $c_1 \in C$ ("large"), the fourth element - to the cluster $d_1 \in D$ ("large").

The output of the first layer is the vector $Y = 0.3396$, which corresponds to the third class, i.e. versicolor variety. Based on the calculations performed from the neural network classification, its output results are interpreted by constructing a production rule, which formally takes the form

IF (x_1 is a_1) AND (x_2 is b_3) AND (x_3 is c_1) AND (x_4 is d_1), THEN (y is β_3),

which corresponds to the verbalization of the work algorithm according to the expression:

IF	sepal length <i>large</i>
AND	sepal width <i>small</i>
AND	the length of the petal is <i>large</i>
AND	the width of the petal is <i>large</i>
THEN	iris variety - <i>is the versicolor</i>

It should be noted that in the case of the synthesis of a multilayer configuration of a neural network using the proposed modification of artificial neurons, the rules for subsequent layers can take place various combinations of prerequisites, which is why, in the further construction of a chain of retrospective reasoning at the stage of interpreting the ANN output result, it can only be used taking into account the rules developed for the previous layers. To assess the adequacy of the proposed modification of the artificial neuron, a comparative analysis of the results of the operation of various variants of artificial neurons synthesized by the proposed algorithm and the classical sigmoidal neuron was carried out. At the same time, the classical sigmoidal neuron also had 4 inputs, the training method was applied to the back propagation of an error with a gradient descent algorithm with an impulse and adaptive feedback of the learning rate. The training sample also constituted 80% of the original data set, and the test sample - 20%. Figure 3 shows ROC curves for a combination of training and test data sets for the above example and for a classical sigmoidal neuron.

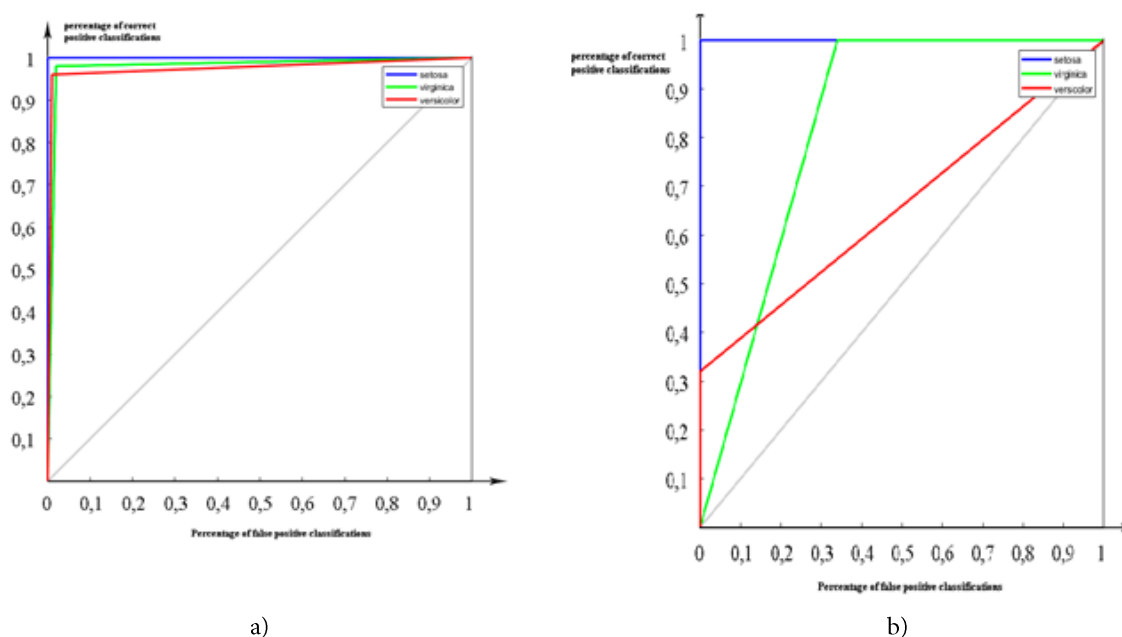


Fig. 3. ROC curves for a combination of training and test samples of an artificial neuron:
a) the proposed modification; b) classic

As can be seen from the above results, the proposed model of an artificial neuron does not create contradictions at the stage of functioning and assessing the quality of the classification carried out, and therefore it is adequate. In a number of cases, including for the example given in this work, it is noted that the proposed model shows more accurate classification results. This is due to the increase in the computational capabilities of the neuron, due to the use of additional weight coefficients in its composition, which are changed depending on the value of the input signal.

Conclusion. The proposed method for interpreting the functioning of the ANN makes it possible to structure the information flows processed within the information field of the ANN by transforming complex multidimensional data into a simpler structure of a lower dimension with the subsequent trivial transformation of the results of work into a set of fuzzy rules of a certain type.

The study was based on the well-known model of an artificial neuron. The proposed modification of its structure with the addition of a clustering layer performing preprocessing of input data does not lead to contradictory judgments at the stage of functioning and assessing the quality of the classification. At the same time, self-organizing Kohonen networks were used as a clustering tool in the work, which have some disadvantages, in particular, the lack of a previously known number of clusters, as well as possible losses during data compression. It should also be noted that it is necessary to arrange the cluster numbers in these networks.

Nevertheless, when synthesizing ANNs for critical decision-making areas that require interpretation of the output results, this approach can be applicable, which is confirmed by a number of field experiments, including the example of multi-parameter classification considered in the work.

For further research, it seems promising to build models for analyzing the generated rules, assessing their quality and the possibility of using them in the configurations of deep neural networks.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yan A. Neural Network Rule Extraction for Real Time Traffic Behavior Identification / A. Yan, Z. Chen, L. Wang, L. Peng, M.U. Hassan, C. Zhao // Proceedings of the International Conference on Security, Pattern Analysis, and Cybernetics (Jinan, China, 14–17 December 2018). – IEEE, 2018. – P. 146–151.
2. Elsarrar O. Analysis of Forest Fire Data Using Neural Network Rule Extraction with Human Understandable Rules / O. Elsarrar, M. Darrah, R. Devine // Proceedings of the 18th IEEE International Conference On Machine Learning And Applications (Boca Raton, FL, USA, 16–19 December 2019). – IEEE, 2019. – P. 1917–1923.
3. Du M. Techniques for interpretable machine learning / M. Du, N. Liu, X. Hu // Communications of the ACM. – 2020. – Vol. 63, No. 1. – P. 68–77.
4. Augasta M.G. Rule extraction from neural networks – A comparative Study / M.G. Augasta, T. Kathirvalavakumar // Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition, Informatics and Medical Engineering (Salem, Tamilnadu, India, 21–23 March 2012). – IEEE, 2012. P. 404–408.
5. Huynh T.Q. Guiding Hidden Layer Representations for Improved Rule Extraction From Neural Networks / T.Q. Huynh, J.A. Reggia // IEEE Transactions on Neural Networks. – 2011. – Vol. 22, No.2. – P. 264–275.
6. Kamruzzaman S.M. Rule extraction using artificial neural networks / S.M. Kamruzzaman, A.R. Hasan // Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technology in Management (Melaka, Malaysia, 23–25 May 2005). – Melaka, 2005. – P. 1–14.
7. Калистратов Т.А. Методы и средства автоматического контрастирования нейронной сети // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21, №2. – С. 668–670.
8. Гридин В.Н. Совместное использование нейросетевых технологий и деревьев решений для поиска логических закономерностей в данных / В.Н. Гридин, В.И. Солодовников // Информационные технологии и нанотехнологии: сб. тр. III Междунар. конф. и мол. шк. (Самара, 25–27 апреля 2017 г.). – Самара, 2017. – С. 1763–1769.
9. Chopade H.A. Hybrid Auto Text Summarization Using Deep Neural Network And Fuzzy Logic System / H.A. Chopade, M. Narvekar // Proceedings of the INTERNATIONAL CONFERENCE ON INVENTIVE COMPUTING AND INFORMATICS (COIMBATORE, INDIA, 23–24 November 2017). – IEEE, 2017. – P. 52–56.
10. Кориков А.М. Нейро-нечеткая классификация объектов и их состояний / А.М. Кориков, А.Т. Нгуен // Научный вестник НГТУ. – 2018. – Т. 72, №3. – С. 73–86.
11. Chorowski J. Extracting rules from neural networks as decision diagrams / J. Chorowski, J.M. Zurada // IEEE Transactions on Neural Networks. – Vol. 22, No.12. – 2011. – P. 2435–2446.
12. Частиков А.П. Гибридная нейро-экспертная система для идентификации значимых событий на графиках временных рядов / А.П. Частиков, П.М. Урвачев, К.Е. Тотухов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – №124. – С. 756–769.
13. Маршаков Д.В. О методе синтеза эмпирических моделей представления знаний // Системный анализ, управление и обработка информации: тр. 5-го Междунар. науч. сем. (Дивноморск, 2–6 октября 2014 г.). – Ростов н/Д, 2014. – С. 296–299.
14. Маршаков Д.В. Технология сортировки агрокультурной продукции на основе макропризнаков // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: сб. ст. 8-й Междунар. науч.-практ. конф. (Ростов-на-Дону, 3–6 марта 2015 г.). – Ростов н/Д, 2015. – С. 310–313.
15. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты. – Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2016. – 656 с.

REFERENCES

1. Yan A. Neural Network Rule Extraction for Real Time Traffic Behavior Identification / A. Yan, Z. Chen, L. Wang, L. Peng, M.U. Hassan, C. Zhao // Proceedings of the International Conference on Security, Pattern Analysis, and Cybernetics (Jinan, China, 14–17 December 2018). – IEEE, 2018. – P. 146–151.
2. Elsarrar O. Analysis of Forest Fire Data Using Neural Network Rule Extraction with Human Understandable Rules / O. Elsarrar, M. Darrah, R. Devine // Proceedings of the 18th IEEE International Conference On Machine Learning And Applications (Boca Raton, FL, USA, 16–19 December 2019). – IEEE, 2019. – P. 1917–1923.

3. Du M. Techniques for interpretable machine learning / M. Du, N. Liu, X. Hu // *Communications of the ACM*. – 2020. – Vol. 63, No. 1. – P. 68-77.
4. Augasta M.G. Rule extraction from neural networks – A comparative Study / M.G. Augasta, T. Kathirvalavakumar // *Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition, Informatics and Medical Engineering (Salem, Tamilnadu, India, 21–23 March 2012)*. – IEEE, 2012. – P. 404-408.
5. Huynh T.Q. Guiding Hidden Layer Representations for Improved Rule Extraction From Neural Networks / T.Q. Huynh, J.A. Reggia // *IEEE Transactions on Neural Networks*. – 2011. – Vol. 22, No.2. – P. 264-275.
6. Kamruzzaman S.M. Rule extraction using artificial neural networks / S.M. Kamruzzaman, A.R. Hasan // *Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technology in Management (Melaka, Malaysia, 23–25 May 2005)*. – Melaka, 2005. – P. 1-14.
7. Kalistratov T.A. Metody i sredstva avtomaticheskogo kontrastirovaniya nejronnoj seti // *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. – 2016. – T. 21, №2. – S. 668-670.
8. Gridin V.N. Sovmestnoe ispol'zovanie nejrosetevykh tekhnologij i derev'ev reshenij dlya poiska logicheskikh zakonornostej v dannyh / V.N. Gridin, V.I. Solodovnikov // *Informacionnye tekhnologii i nanotekhnologii: sb. tr. III Mezhdunar. konf. i mol. shk. (Samara, 25–27 aprelya 2017 g.)*. – Samara, 2017. – S. 1763-1769.
9. Chopade H.A. Hybrid Auto Text Summarization Using Deep Neural Network And Fuzzy Logic System / H.A. Chopade, M. Narvekar // *Proceedings of the INTERNATIONAL CONFERENCE ON INVENTIVE COMPUTING AND INFORMATICS (COIMBATORE, INDIA, 23–24 November 2017)*. – IEEE, 2017. – P. 52-56.
10. Korikov A.M. Nejro-nechetkaya klassifikaciya ob"ektov i ih sostoyanij / A.M. Korikov, A.T. Nguen // *Nauchnyj vestnik NGTU*. – 2018. – T. 72, №3. – S. 73–86.
11. Chorowski J. Extracting rules from neural networks as decision diagrams / J. Chorowski, J.M. Zurada // *IEEE Transactions on Neural Networks*. – Vol. 22, No.12. – 2011. – P. 2435-2446.
12. CHastikov A.P. Gibridnaya nejro-ekspertnaya sistema dlya identifikacii znachimykh sobytij na grafikah vremennykh ryadov/ A.P. CHastikov, P.M. Urvachev, K.E. Totuhov // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2016. – №124. – S. 756-769.
13. Marshakov D.V. O metode sinteza empiricheskikh modelej predstavleniya znaniy // *Sistemnyj analiz, upravlenie i obrabotka informacii: tr. 5-go Mezhdunar. nauch. sem. (Divnomorsk, 2–6 oktyabrya 2014 g.)*. – Rostov n/D, 2014. – S. 296–299.
14. Marshakov D.V. Tekhnologiya sortirovki agrokul'turnoj produkcii na osnove makropriznakov // *Sostoyanie i perspektivy razvitiya sel'skohozyajstvennogo mashinostroeniya: sb. st. 8-j Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Rostov-na-Donu, 3–6 marta 2015 g.)*. – Rostov n/D, 2015. – С. 310-313.
15. Kohonen T. Samoorganizuyushchiesya karty. – Moskva: Binom. Laboratoriya znaniy, 2016. – 656 s.

ОБ АВТОРЕ | ABOUT AUTHOR

Маршаков Даниил Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры, «Вычислительные системы и информационная безопасность»; Донской государственный технический университет, 344003, пл. Гагарина, 1, Ростов-на-Дону,
Телефон: 8-904-344-63-75, e-mail: daniil_marshakov@mail.ru
Marshakov Daniil Vitalievich, Candidate of Technical Sciences, Associated Professor;
Department of Computing Systems and Information Security; Don State Technical University.
1, Gagarin Sq., 344003 Rostov-on-Don, phone: 8-904-344-63-75, e-mail: aniil_marshakov@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 25.11.2019

После рецензирования: 23.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020

В. М. Тиунов [V. M. Tiunov]

УДК 641.05

**FOODTECH И ЦИФРОВИЗАЦИЯ СФЕРЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ
В РОССИИ****FOODTECH AND THE DIGITALIZATION OF PUBLIC CATERING IN RUSSIA**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный экономический университет» г. Екатеринбург, Россия,
e-mail: vladislav.tiunoff@yandex.ru | Ural State University of Economics ", Yekaterinburg, Russia

Аннотация. Появление, а также распространение коронавирусной инфекции (COVID-19) в мире и на территории Российской Федерации существенно оказало влияние на все сферы жизни человека. В связи с чем в 2020 году Всемирной Организацией Здравоохранения было принято решение объявить данное инфекционное заболевание пандемией. В связи с чем многие предприятия были вынуждены прекратить работу до стабилизации нормального эпидемиологического состояния. Значительное воздействие COVID-19 оказал на сферу общественного питания и ресторанного дела. Однако не смотря на негативное воздействие, коронавирусная инфекция колоссально ускорила формирование нового высокотехнологичного рынка FoodNet и подтолкнула многие компании к инвестициям в перспективные направления связанного с ним.

Определение термина FoodNet можно дать следующее, это новый высокотехнологичный рынок производства и потребления продуктов питания. По прогнозам ритейла, на 2035 г. мировой объем FoodNet может составить порядка 5,9 трлн долларов, при этом на долю российского рынка придется около 4-8 % от этой суммы.

Чем дольше длится пандемия COVID-19, тем быстрее происходит переход к рынку будущего и внедрению в него цифровизаций. С одной стороны, возникший из-за нее экономический кризис может убить многие стартапы, которые еще не способны самоокупиться. С другой - мировой карантин повышает спрос на сервисы доставки еды, предзаказа еды, доставки продуктов питания и пр. усиливает важность IT-решений в области мониторинга и управления как сельскохозяйственными предприятиями, так и приготовлением, и дистрибуцией продуктов питания в связи с чем развивается составная часть FoodNet, FoodTech направление.

FoodTech – это внедрение цифровых технологий в сферу общественного питания.

Современное состояние мира, а также тенденции, развитие IT-технологий ведут общественное питание к не обратимому росту в нем объема цифровизации. В связи с чем развитие FoodTech направления является актуальным и важным для отрасли общественного питания в России.

В данной статье рассмотрено современное состояние интеграции цифровых технологий FoodTech в сферу общественного питания в России, а также изучены его основные направления. Установлено, что в России FoodTech направление, прежде всего представлено сервисами доставки еды из ресторанов, кафе и тд. поскольку этот сегмент на данный момент является самым массовым и популярным во всем мире. Однако, несмотря на это также, активно развиваются другие направления FoodTech к примеру: система предзаказа еды (Take-Away) или доставка продуктов (Online Grocery), а также, различные аналитические платформы, предоставляющих широкий спектр данных поведенческой аналитики гостей, типа BigData.

В связи с коронавирусной инфекцией ситуация в сфере общественного питания и ресторанного бизнеса значительно изменилась. Происходит активная интеграция цифровых и IT- технологий в данную отрасль, в результате чего появляются новые технологические решения, возникают новые стартапы, которые в дальнейшем способны не только улучшить индустрию общественного питания и ресторанного дела в России, но и в будущем занять значительную долю мирового рынка.

Ключевые слова: FoodTech, цифровизация, общественное питание, BigData, ресторанное дело, доставка еды, FoodNet, HTI, COVID-19.

Abstract. The emergence and spread of coronavirus infection (COVID-19) in the world and on the territory of the Russian Federation has significantly affected all areas of human life. In this regard, in 2020, the world Health Organization decided to declare this infectious disease a pandemic. In this regard, many enterprises were forced to stop working until the normal epidemiological state was stabilized. COVID-19 had a significant impact on the sphere of public catering and restaurant business. However, despite the negative impact, the coronavirus infection has enormously accelerated the formation of a new high-tech FoodNet market and has pushed many companies to invest in promising areas related to it.

The definition of the term FoodNet can be given as follows: it is a new high-tech market for food production and consumption. According to retail forecasts, by 2035, the global volume of FoodNet may amount to about 5.9 trillion dollars, while the Russian market share will account for about 4-8 % of this amount.

The longer the COVID-19 pandemic lasts, the faster the transition to the market of the future and the introduction of digitalization into it. On the one hand, the resulting economic crisis can kill many startups that are not yet able to pay for themselves. On the other hand, global quarantine increases the demand for food delivery services, pre-order food, food delivery, etc. it increases the importance of IT solutions in the field of monitoring and management of agricultural enterprises, as well as the preparation and sale of food, and therefore develops a component of FoodNet, FoodTech direction.

FoodTech is the introduction of digital technologies in the field of public catering.

The current state of the world, as well as trends and development of IT technologies, lead public catering to an irreversible increase in the volume of digitalization in it. In this regard, the development of FoodTech direction is relevant and important for the development of public catering in Russia.

This article examines the current state of integration of FoodTech digital technologies in the sphere of public catering in Russia, as well as its main directions. It is established that in Russia, FoodTech is primarily represented by food delivery services from restaurants, cafes, etc. since this segment is currently the most popular and popular in the world. However, despite this, other areas of FoodTech are also actively developing, for example: a food pre-order system (Take-Away) or food delivery (Online Grocery), as well as various analytical platforms that provide a wide cross-section of guest behavioral Analytics data, such as BigData.

Due to the coronavirus infection, the situation in the catering and restaurant business has changed significantly. There is an active integration of digital and IT technologies in this industry, as a result of which new technological solutions are emerging, new startups are emerging, which in the future can not only improve the food and restaurant industry in Russia, but also in the future take a significant share of the world market.

Key words: FoodTech, digitalization, catering, Big Data, restaurant business, food delivery, FoodNet, COVID-19.

Introduction. The spread of the coronavirus infection (COVID-19) in the world has had a tremendous impact on all spheres of human life. In this connection, in 2020 WHO decided to declare this infectious disease a pandemic.

A pandemic is the spread of a severe epidemic over the territory of many countries, continents; a disease that has become widespread, affecting a significant portion of the population [7]. A preventive measure for the spread of COVID-19 is compliance with the regime of complete self-isolation, i.e. involves finding a home in which a person avoids contact with other people who do not live with him. As of 02.04.2020, the self-isolation regime was introduced in most of the regions of the Russian Federation [9].

COVID-19 has had a significant impact on businesses that provide social and cultural services to the population. They were forced to stop or suspend work until the normal epidemiological state in the country stabilized [2]. This served as a strong impetus for the development of IT technologies in the field of public catering. Since, taking into account the current situation in the world and on the territory of the Russian Federation, many people, on self-isolation preferring to stay at home in order to preserve their health, began to purchase groceries, ready-made food, goods, etc. through online services, etc.

The pandemic stimulates everything that minimizes human contact during production and consumption [11]. Lack of use of modern technologies, analytical systems, artificial intelligence, etc. entails the loss of a new consumer audience, profits and stagnation of the industry as such. Companies that have mastered new technologies will occupy significant shares of the world market in the future, which, depending on the segment, will reach from 5% to 15% [10].

FoodNet is a new high-tech market for the production and consumption of food products. It will be the main advanced and highly efficient segment, closely integrated with other hi-tech markets, and above all with the IT industry. FoodTech will become an integral part of FoodNet. The definition of FoodTech can be given as follows, it is the introduction of digital technologies in the field of public catering. In other words, FoodTech can be characterized as a symbiosis of two industries: digital and food industries. At the moment, the following main FoodTech directions can be distinguished (Fig. 1).

Results and discussion. The concept of FoodTech is constantly expanding to cover more and more areas. For Russia, FoodTech is, first of all, a food delivery service from restaurants, cafes, etc., since this segment is currently the most massive and popular all over the world. This is primarily due to the lack of time for cooking at home, lack of time at the workplace, etc.

Due to time constraints, people most often choose low-quality, but quickly prepared Fast-Food. In this connection, food addiction to Fast-Food arises as a result of which there is a deterioration in human health, the occurrence of

diseases associated with digestion, etc. This choice is primarily associated with the rapid growth of the segment of fast food restaurants in comparison with other areas of the FoodTech sphere ... In this regard, another developing FoodTech area in Russia, food pre-order (Take-Away) or food delivery (Online Grocery), can become an alternative to such food. Which will allow you to eat quality food without wasting time waiting for the client to prepare dishes in a restaurant, cafe, etc.

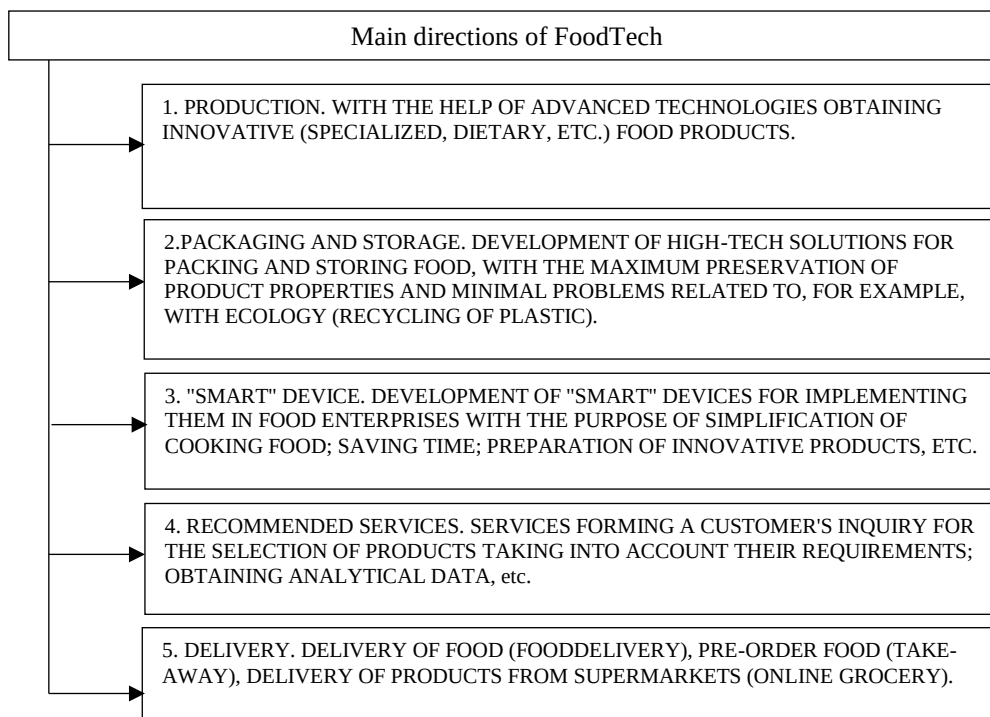


Fig. 1. Main foodtech directions

The sphere of pre-ordering ready-made meals and delivering groceries to your home is not so strongly developed in comparison with food delivery, which in turn prevents restaurants and cafes from receiving additional profit by reaching a new audience. However, in recent years, the situation has changed and services for the delivery of groceries from supermarkets or online grocery stores began to actively develop. For the period 2018-2019 the volume of this segment is estimated at \$ 400 million, but by 2021 analysts predict \$ 3.1 billion [5].

It should be noted that the integration of digital technologies into the public catering sector in Russia is not so developed as compared to foreign countries where the digitalization of the market has reached a high level, at the moment, according to TargetGlobal, the volume of the FoodTech market for 2018 in Russia is 0.5% (1 , 4 billion dollars) from the volume of the world market of FoodTech-services, in particular online food delivery (324 billion dollars) [5]. The share of online service penetration in the food segment in foreign countries and the Russian Federation is presented in (Fig. 2.)

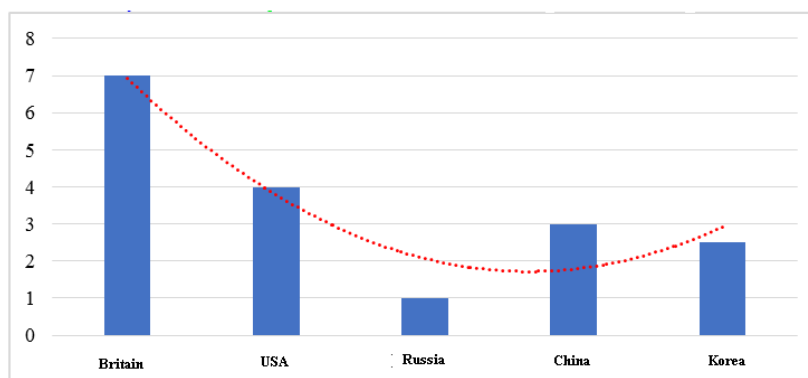


Fig. 2. The share of penetration of online services in the food segment in foreign countries and the Russian Federation, %

In Russia, the share of online services is just beginning to develop, it is about 1%. According to analytics, for the period 2016-2018 the restaurant business is showing strong growth. The sphere of e-commerce is also actively developing, according to retail forecasts, the growth by 2021 will reach 26%.

In this regard, effective analytical platforms that provide a wide slice of guest behavioral analytics data that allow improving the quality of interaction are beginning to be in great demand - BigData.

The BigData system is capable of obtaining advanced user analytics in any area, incl. in the field of public catering by collecting, storing and analyzing data to identify an algorithm for building effective models of the target audience's behavior, the behavior of competitors, etc.

Based on the data received from the BigData system, any catering company can significantly increase profits, change or improve the quality of the service / service provided, by building an effective marketing strategy. With the development of FoodTech, advanced analytics will be increasingly needed in the restaurant and food service industries.

Conclusions. Thus, the development of FoodTech directions is an important vector of development in the field of food and restaurant business. Especially for the category of cities of megalopolises, since in small cities there is no problem of long distances. The integration of digital technologies will allow customers to receive a variety of choices of fresh and well-prepared dishes or products, as well as the ability to order food from new food outlets at affordable prices, and from investors, funds and online players – restaurant chains, catering, etc. etc. improve the delivery industry, attract a new consumer audience, optimize the e-commerce industry by using platforms that provide an extensive database of analytics.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: приказ Минздрава России от 19 августа 2016 г. – № 614.
2. Давыденко Н. И. Анализ инновационного развития сферы питания / Н.И. Давыденко, Л. А. Маюрникова, С. В. Новоселов // Пищевая промышленность. – 2011. – № 5. – С. 16–18.
3. Тиунов В.М. Формирование качества мучных кулинарных изделий из муки, не содержащий глютен, и рациона на их основе: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.15 / Тиунов Владислав Михайлович. – Екатеринбург, 2019. – 154 с.
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gks.ru>
5. Деловой Петербург [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.dp.ru>
6. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р.
7. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.who.int/ru>
8. Газета «Ведомости» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru>
9. Издательский дом Коммерсантъ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru>
10. Национальная технологическая инициатива [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nti2035.ru>
11. НТИ новости [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ntinews.ru>

REFERENCES

1. Ob utverzhdenii Rekomendacij po racional'nym normam potrebleniya pishchevyh produktov, otvechayushchih sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya: prikaz Minzdrava Rossii ot 19 avgusta 2016 g. – № 614.
2. Davydenko N. I. Analiz innovacionnogo razvitiya sfery pitaniya / N.I. Davydenko, L. A. Mayurnikova, S. V. Novoselov // Pishhevaya promyshlennost'. – 2011. – № 5. – S. 16–18.
3. Tiunov V.M. Formirovanie kachestva muchnykh kulinarnykh izdelij iz muki, ne sodержashchij glyuten, i racional na ih osnove: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.15 / Tiunov Vladislav Mihajlovich. – Ekaterinburg, 2019. – 154 s.
4. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.gks.ru>
5. Delovoj Peterburg [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.dp.ru>
6. Strategiya povysheniya kachestva pishchevoj produkcii v Rossijskoj Federacii do 2030 goda, utverzhdannaya rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 29 iyunya 2016 g. № 1364-r.
7. Vsemirnaya organizaciya zdoravoohraneniya [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.who.int/ru>
8. Gazeta «Vedomosti» [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.vedomosti.ru>
9. Izdatel'skij dom Komersant [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.kommersant.ru>
10. Nacional'naya tekhnologicheskaya iniciativa [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://nti2035.ru>
11. NTI novosti [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://ntinews.ru>

ОБ АВТОРЕ | ABOUT AUTHOR

Тиунов Владислав Михайлович, кандидат технических наук, ассистент кафедры технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 марта, 62, +7(343)221-17-26, vladislav.tiunoff@yandex.ru

Tiunov Vladislav Mikhailovich, Candidate of Technical Sciences, Assistant of the Department of Nutrition Technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ural State Economic University", 8 March St., 62, 620144, Yekaterinburg, Russia, vladislav.tiunoff@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 25.11.2019

После рецензирования: 23.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020

УДК 62-5

Ю. А. Кораблев [Yu. A. Korablyov]

TAKAGI-SUGENO ОТКАЗОУСТОЙЧИВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

TAKAGI-SUGENO FAULT TOLERANT CONTROL SYSTEM

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: juri.korablev@gmail.com
Saint-Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov (Lenin), St. Petersburg,
Russia, e-mail: juri.korablev@gmail.com

Аннотация. Разработать новую активную стратегию отказоустойчивого управления для линейных систем управления и нечетких систем Такаги-Сугено.

Методика. Первоначально она разрабатывается в контексте линейных систем управления, а затем идея этого подхода распространяется на нечеткие системы Такаги-Сугено. Для идентификации неисправностей используется наблюдатель. В то же время отказоустойчивый регулятор является регулятором обратной связи по состоянию. Этот контроллер сконструирован таким образом, что он может гарантировать устойчивость системы по Ляпунову.

Результаты. Разработана интегрированная процедура проектирования отказоустойчивой системы для идентификации неисправности и алгоритмы отказоустойчивого управления. Алгоритмы протестированы на иллюстративных примерах.

Заключение. В статье была предложена новая активная стратегия FTC. Этот новый подход был разработан в контекст линейных систем а затем он был расширен для применения в нечетких системах Такаги-Сугено. Для реализации стратегии предложена интегрированная процедура проектирования, алгоритмы идентификации неисправностей и отказоустойчивого управления. Идентификация неисправностей основана на использовании наблюдателя. Регулятор реализован в виде регулятора обратной связи по состоянию. Этот регулятор сконструирован таким образом, чтобы обеспечить устойчивость по Ляпунову. Иллюстративные примеры как для линейных, так и для нелинейных систем по Такаги-Сугено показывают эффективность предложенного FTC подхода.

Ключевые слова: отказоустойчивое управление, оценка состояния, наблюдатели, диагностика неисправностей, сходимость.

Abstract. To develop a new active fault-tolerant control strategy for linear control systems and Takagi-Sugeno fuzzy systems.

Methods. It is initially developed in the context of linear control systems, and then the idea of this approach is extended to fuzzy Takagi-Sugeno systems. An observer is used to identify faults. At the same time, a fault-tolerant controller is a state feedback controller. This controller is designed in such a way that it can guarantee the stability of the system according to Lyapunov.

Results. An integrated fault-tolerant system design procedure for fault identification and fault-tolerant control algorithms have been developed. The algorithms are tested using illustrative examples.

Conclusions. The article proposed a new active FTC strategy. This new approach was developed in the context of linear systems and then extended to apply to fuzzy Takagi-Sugeno systems. To implement the strategy, an integrated design procedure, algorithms for fault identification and fault-tolerant management are proposed. Fault identification is based on the use of an observer. The controller is implemented as a state feedback controller. This regulator is designed to provide Lyapunov stability. Illustrative examples for both linear and nonlinear systems by Takagi-Sugeno show the effectiveness of the proposed FTC approach.

Key words: fault-tolerant control, state estimation, observers, fault diagnosis, convergence.

Introduction. This article proposes a new active failover management strategy. Initially, it is developed as a linear system, and then the idea of the approach is extended to Takagi-Sugeno fuzzy systems.

FTC strategy.

It is assumed that the system is described by equations in the state space

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{A}\mathbf{x}_k + \mathbf{B}\mathbf{u}_k, \quad (1)$$

$$\mathbf{y}_{k+1} = \mathbf{C}\mathbf{x}_{k+1}, \quad (2)$$

there $\mathbf{x}_k \in R^n$ - is variable states, $\mathbf{y}_k \in R^m$ - is an observed system output, $\mathbf{u}_k \in R^r$ - is a management. In this case, a system with faults can be described as follows:

$$\mathbf{x}_{f,k+1} = \mathbf{A}\mathbf{x}_{f,k} + \mathbf{B}\mathbf{u}_{f,k} + \mathbf{L}\mathbf{f}_k, \quad (3)$$

$$\mathbf{y}_{f,k+1} = \mathbf{C}\mathbf{x}_{f,k+1}, \quad (4)$$

there $\mathbf{x}_{f,k+1} \in R^n$ - is variable states, $\mathbf{y}_{f,k} \in R^m$ - is an observed system output, $\mathbf{u}_{f,k} \in R^r$ - is a management, $\mathbf{f}_k \in R^s$ - is a vector of the faults, $\mathbf{L}$ - the distribution matrix that is known. It is necessary to define such a system input $\mathbf{u}_{f,k}$ that:

- the control loop of system (3), (4) is stable,
- $\mathbf{x}_{f,k+1}$ converges asymptotically to $\mathbf{x}_{k+1}$ regardless of the presence of a fault $\mathbf{f}_k$.

Let's consider the solution to this difficult task. The main idea here is to use the following control strategy:

$$\mathbf{u}_{f,k} = -\mathbf{S}\hat{\mathbf{f}}_k + \mathbf{K}_1(\mathbf{x}_k - \mathbf{x}_{f,k}) + \mathbf{u}_k \quad (5)$$

there $\hat{\mathbf{f}}_k$ fault assessment. It should be noted that due to the separation principle, it is not assumed that $\mathbf{x}_{f,k}$ is available, i.e. you can use the estimate instead $\hat{\mathbf{x}}_{f,k}$.

In this case, the following problems are arise:

- Define $\hat{\mathbf{f}}_k$
- set $\mathbf{K}_1$ so that the control loop is stable.

Fault identification. Suppose that the following condition is satisfied for the ranks of matrices:

$$\text{rank}(\mathbf{CL}) = \text{rank}(\mathbf{L}) = s. \quad (6)$$

This means that one can calculate

$$\mathbf{H} = (\mathbf{CL})^+ = [(\mathbf{CL})^T \mathbf{CL}]^{-1} (\mathbf{CL})^T.$$

Multiplying (4) by $\mathbf{H}$ and then substituting (3), one can show that

$$\mathbf{f}_k = \mathbf{H}(\mathbf{y}_{f,k+1} - \mathbf{CA}\mathbf{x}_{f,k} - \mathbf{CB}\mathbf{u}_{f,k}). \quad (7)$$

Thus, if instead of $\mathbf{x}_{f,k}$ we use $\hat{\mathbf{x}}_{f,k}$, then the fault estimate is given as follows:

$$\hat{\mathbf{f}}_k = \mathbf{H}(\mathbf{y}_{f,k+1} - \mathbf{CA}\hat{\mathbf{x}}_{f,k} - \mathbf{CB}\mathbf{u}_{f,k}), \quad (8)$$

and the associated error assessment error

$$\mathbf{f}_k - \hat{\mathbf{f}}_k = -\mathbf{HCA}(\mathbf{x}_{f,k} - \hat{\mathbf{x}}_{f,k}). \quad (9)$$

Unfortunately, the most important problem in the practical implementation of (8) is that it requires

$$\mathbf{y}_{f,k+1} \text{ and } \mathbf{u}_{f,k} \text{ for calculation of } \hat{\mathbf{f}}_k$$

and therefore it cannot be directly used to obtain (5). To solve this problem, it is assumed that there is such a diagonal matrix $\boldsymbol{\alpha}_k$

and, therefore, $\hat{\mathbf{f}}_k = \boldsymbol{\alpha}_k \hat{\mathbf{f}}_{k-1}$

the practical form of expression (5) is reduced to the following:

$$\mathbf{u}_{f,k} = -\mathbf{S}\boldsymbol{\alpha}_k \hat{\mathbf{f}}_{k-1} + \mathbf{K}_1(\mathbf{x}_k - \mathbf{x}_{f,k}) + \mathbf{u}_k \quad (10)$$

The problem of sustainability. Substituting (5) into (4), one can show that

$$\mathbf{x}_{f,k+1} = \mathbf{A}\mathbf{x}_{f,k} - \mathbf{BS}\hat{\mathbf{f}}_k + \mathbf{BK}_1\mathbf{e}_k + \mathbf{B}\mathbf{u}_k + \mathbf{L}\mathbf{f}_k, \quad (11)$$

there $\mathbf{e}_k = \mathbf{x}_k - \mathbf{x}_{f,k}$ means tracking error. Suppose $\mathbf{S}$ satisfies the following equality $\mathbf{BS} = \mathbf{L}$, for example $\mathbf{S} = \mathbf{I}$ for an actuator malfunction. Thus $\mathbf{BS} = \mathbf{L}$ and hence

$$\mathbf{x}_{f,k+1} = \mathbf{A}\mathbf{x}_{f,k} + \mathbf{L}(\mathbf{f}_k - \hat{\mathbf{f}}_k) + \mathbf{BK}_1\mathbf{e}_k + \mathbf{B}\mathbf{u}_k. \quad (12)$$

Finally, substituting (9) into (12) and then applying the result to

$$\mathbf{e}_{k+1} = \mathbf{x}_{k+1} - \mathbf{x}_{f,k+1}$$

We got

$$\mathbf{e}_{k+1} = (\mathbf{A} - \mathbf{BK}_1)\mathbf{e}_k + \mathbf{LHCA}\mathbf{e}_{f,k}. \quad (13)$$

where $\mathbf{e}_{f,k} = \mathbf{x}_{f,k} - \hat{\mathbf{x}}_{f,k}$ - is an error of state estimation.

Observer synthesis. As already mentioned, the fault estimate (8) is obtained based on the state estimate $\hat{x}_{f,k}$. This determines the need to design the observer. Therefore, substituting (7) into (3), one can show that

$$x_{f,k+1} = \bar{A}x_{f,k} + \bar{B}u_{f,k} + \bar{L}y_{f,k+1}, \quad (14)$$

where

$$\bar{A} = (I - LHC)A, \bar{B} = (I - LHC)B, \bar{L} = LH.$$

So the observer structure:

$$\begin{aligned} \hat{x}_{f,k+1} = & \bar{A}\hat{x}_{f,k} + \bar{B}u_{f,k} + \bar{L}y_{f,k+1} + \\ & + K_2(y_{f,k} - C\hat{x}_{f,k}). \end{aligned} \quad (15)$$

Finally, the state error can be written like this:

$$e_{f,k+1} = (\bar{A} - K_2C)e_{f,k}. \quad (16)$$

Integrated design procedure. There are two important assumptions to start with:

- pair (A, C) is detectable
- pair (A, B) is stabilizable, stable

Based on these assumptions, it is possible to design matrices K_1 and K_2 in such a way that the extended error

$$\bar{e}_k = \begin{bmatrix} e_k \\ e_{f,k} \end{bmatrix}, \quad (17)$$

defined as

$$\bar{e}_{k+1} = \begin{bmatrix} A - BK_1 & LHCA \\ 0 & \bar{A} - K_2C \end{bmatrix} \bar{e}_k = A_0 \bar{e}_k, \quad (18)$$

converges asymptotically to zero $\bar{e}_k$

Theorem 1. Extended error converges asymptotically to zero if matrices exist $W \succ 0$, L_1 and such as $P_2 \succ 0$, L_2

$$\begin{bmatrix} W & AW - BL_1 \\ WA^T - L_1^T B^T & W \end{bmatrix} \succ 0, \quad (19)$$

$$\begin{bmatrix} P_2 & P_2 \bar{A} - L_2 C \\ \bar{A}^T P_2 - C^T L_2^T & P_2 \end{bmatrix} \succ 0. \quad (20)$$

Evidence. This can be observed from the structure of A_0 in (18), that the eigenvalues of the matrix A_0 are the union of eigenvalues $A - BK_1$ and $\bar{A} - K_2C$.

This clearly indicates that the design of state feedback and observer can be done independently (separation principle). It is clear from Lyapunov's theorem that converges asymptotically to zero $\bar{e}_k$ if there exist matrices $P_1 \succ 0$ and $P_2 \succ 0$ such that the following inequalities hold:

$$(A - BK_1)^T P_1 (A - BK_1) - P_1 \prec 0, \quad (21)$$

$$(\bar{A} - K_2C)^T P_2 (\bar{A} - K_2C) - P_2 \prec 0. \quad (22)$$

Using Schur's complements, one can show that (21) - (22) are equivalent

$$\begin{bmatrix} P_1^{-1} & A - BK_1 \\ A^T - K_1^T B^T & P_1 \end{bmatrix} \succ 0, \quad (23)$$

$$\begin{bmatrix} P_2^{-1} & \bar{A} - K_2C \\ \bar{A}^T - C^T K_2^T & P_2 \end{bmatrix} \succ 0. \quad (24)$$

Substituting $W = P_1^{-1}$ and then multiplying (23) left and right by $\text{diag}(I, W)$ and (24) left and right by $\text{diag}(P_2, I)$ we can show that

$$\begin{bmatrix} W & AW - BK_1 W \\ WA^T - WK_1^T B^T & W \end{bmatrix} \succ 0, \quad (25)$$

$$\begin{bmatrix} P_2 & P_2 \bar{A} - P_2 K_2 C \\ \bar{A}^T P_2 - C^T K_2^T P_2 & P_2 \end{bmatrix} \succ 0. \quad (26)$$

Then, substituting $L_1 = K_1 W$ и $L_2 = P_2 K_2$ one can transform (25) and (26) into (19) - (20), which completes this proof. Finally, the design procedure is reduced to solving (19) and (20), and then determining $K_1 = L_1 W^{-1}$ и $K_2 = P_2^{-1} L_2$.

Illustrative example.

Consider equations (1) - (2) and (3) - (4) with matrices:

$$A = \begin{bmatrix} 0.2225 & 0.2093 & 0.1013 \\ 0.4659 & 0.4231 & 0.3361 \\ 0.2330 & 0.2626 & 0.4191 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0.0196 & 0.8318 \\ 0.6813 & 0.5028 \\ 0.3795 & 0.7095 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, L = -B$$

Enter

$$u_k = [0.3 \tanh(k/100), 0.1 + 0.2 \cos(\pi k/100)]^T, \quad (27)$$

for $k = 0 \dots 1000$. Fault scenarios are as follows

$$f_{k,1} = \begin{cases} 0, & k < 400 \\ 0.4, & k \geq 400 \end{cases}$$

$$f_{k,2} = \begin{cases} 0, & k < 200 \\ 0.5 + 0.3 \sin(\pi k/100), & k \geq 200 \end{cases}$$

Figures 1 - 3 show the results for the proposed strategy. In particular, the proposed design procedure was applied to obtain K_1 and K_2 , and then (10) (for $\alpha_k = I$) was applied as a management strategy. As a result, Fig. 5.41 clearly shows that faults can be assessed very accurately. Moreover, from Fig. 2 it can be noted that $u_{f,k}$ equal u_k before fault f_2 occurs. After this point in time, the control strategy $u_{f,k}$ was changed. As you can easily see, the control strategy was also changed when the f_1 fault occurred.

The final conclusion is that the mismatch

$$z_k = y_k - C \hat{x}_{f,k}$$

is very close to zero in the presence of faults (Fig. 3). This is due to the fact that the proposed control strategy, for which $x_{f,k}$ converges to x_k and, therefore, z_k converges to zero. On the other hand, the presence of faults can be easily determined from (8).

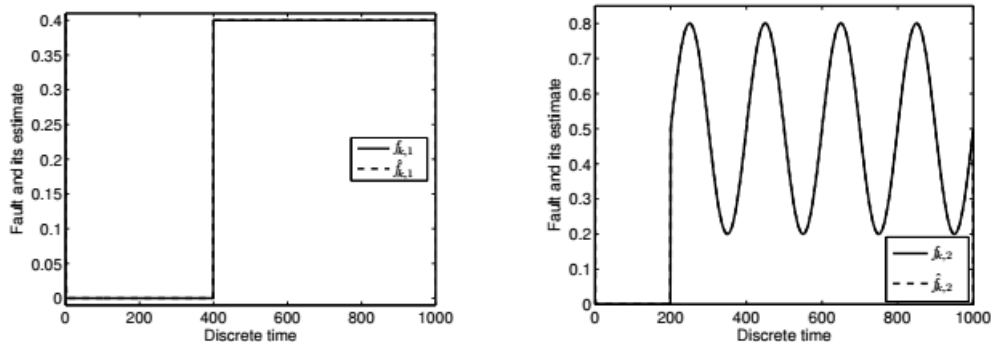


Fig. 1. Faults and their estimates

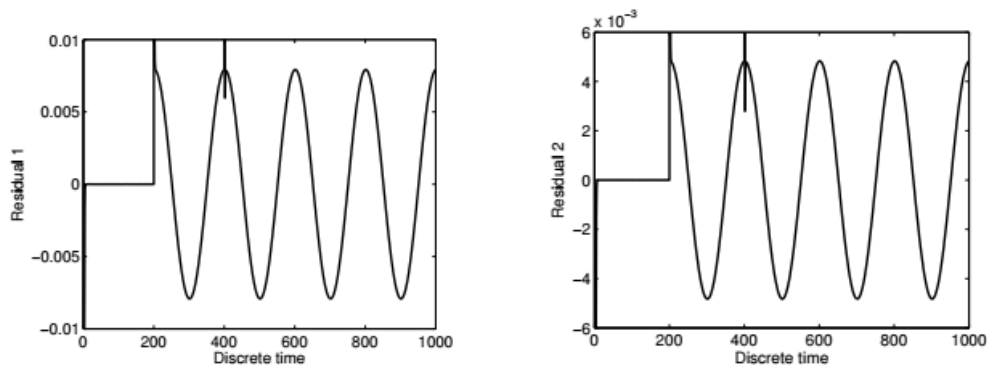


Fig. 2. Trajectories u_k and $u_{f,k}$

Fig. 3. Error signal

Extension to Takagi-Sugeno fuzzy systems. The main purpose of the following reasoning is to extend the described approach to Takagi-Sugeno fuzzy systems. The Takagi-Sugeno model is described by fuzzy rules like IF-THEN, which are local linear relationships with respect to the inputs-outputs of a non-linear system. The rule base of such a system is:

$$R^i : \text{IF } w_k^1 \text{ is } F_1^i \text{ and } \dots \text{ and } w_k^p \text{ is } F_p^i, \\ \text{THEN } \begin{cases} x_{k+1} = A_i x_k + B_i u_k \\ y_k = C_i x_k \end{cases}, \quad (28)$$

In which $i = 1, \dots, M, F_j^i (j = 1, \dots, p)$ – fuzzy sets, and $w_k = [w_k^1, w_k^2, \dots, w_k^p]$ – is a known vector of initial variables, which may partially depend on the states x_k .

Meaning a couple (w_k, u_k) and a fuzzy inference mechanism, the output of the normalized Takagi-Sugeno model can be written as follows

$$\begin{cases} x_{k+1} = \sum_{i=1}^M h_i(w_k) [A_i x_k + B_i u_k] \\ y_{k+1} = \sum_{i=1}^M h_i(w_{k+1}) C_i x_{k+1} \end{cases}, \quad (29)$$

there $h_i(w_k)$ – normalized rule triggered with a degree of fulfillment

$$h_i(w_k) = \frac{\tau_{j=1}^p \mu_{F_j^i}(w_k^j)}{\sum_{i=1}^M (\tau_{j=1}^p \mu_{F_j^i}(w_k^j))} \quad (30)$$

τ Means t-norm - $\mu_{F_j^i}(w_k^j)$

the degree of affiliation of the variable prerequisite w_k^j . Moreover, the degree of compliance with the rules satisfies the following restrictions:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^M h_i(w_k) = 1 \\ 0 \leq h_i(w_k) \leq 1, \quad \forall i = 1, \dots, M \end{cases}. \quad (31)$$

FTC strategy. So, the Takagi-Sugeno reference model used in this paper is defined as follows:

$$x_{k+1} = \sum_{i=1}^M h_i(w_k) [A_i x_k + B u_k], \quad (32)$$

$$y_{k+1} = \sum_{i=1}^M h_i(w_k) C x_{k+1}, \quad (33)$$

$$(34)$$

Or equal

$$x_{k+1} = \sum_{i=1}^M h_i(w_k) A_i x_k + B u_k, \quad (35)$$

$$y_{k+1} = C x_{k+1}. \quad (36)$$

Likewise, a possibly faulty Takagi-Sugeno system is described as follows:

$$x_{f,k+1} = \sum_{i=1}^M h_i(w_k) A_i x_{f,k} + B u_{f,k} + L f_k \quad (37)$$

$$y_{f,k+1} = C x_{f,k+1}. \quad (38)$$

Following the same line of reasoning as above, it can be shown that the fault estimate is given by the formula:

$$\hat{f}_k = H(y_{f,k+1} - C \sum_{i=1}^M h_i(w_k) A_i \hat{x}_{f,k} - C B u_{f,k}). \quad (39)$$

Similarly, the observer structure

$$\begin{aligned}\hat{x}_{f,k+1} = & \sum_{i=1}^M h_i(w_k) \bar{A}_i \hat{x}_{f,k} + \bar{B} u_{f,k} + \bar{L} y_{f,k+1} + \\ & + K_2(y_{f,k} - C \hat{x}_{f,k}),\end{aligned}\quad (40)$$

где $\bar{A}_i = (I - LHC)A_i$ и $\bar{B} = (I - LHC)B$.

Finally, the Takagi-Sugeno analogue of extended error (18) is

$$\begin{aligned}\bar{e}_{k+1} = & \sum_{i=1}^M h_i(w_k) \begin{bmatrix} A_i - BK_1 & LHC A_i \\ 0 & \bar{A}_i - K_2 C \end{bmatrix} \bar{e}_k = \\ = & \sum_{i=1}^M h_i(w_k) A_{0,i} \bar{e}_k = A_0(h(w_k)) \bar{e}_k,\end{aligned}\quad (41)$$

Where the matrix $A_0(h(w_k))$ belongs to the convex polyhedral set:

$$\begin{aligned}A_0 = & \left\{ A_0(h(w_k)) : A_0(h(w_k)) = \sum_{i=1}^M h_i(w_k) A_{0,i}, \right. \\ & \left. \sum_{i=1}^M h_i(w_k) = 1, 0 \leq h_i(w_k) \leq 1 \right\}\end{aligned}\quad (42)$$

Let us introduce the following definition.

Definition 1. The extended error described in (41) is robustly converging to zero in the uncertainty region (42) if all eigenvalues $A_0(h(w_k))$ have a value less than one of all values $h(w_k)$ such, that $A_0(h(w_k)) \in A_0$.

Theorem 2. The extended error described in (41) is robustly converging to zero in the uncertainty region (42) if there are matrices $P_{xi} \succ 0$, G_1 , L_1 and $P_{yi} \succ 0$, G_2 , L_2 are such, that

$$\begin{bmatrix} P_{x_i} & A_i G_1 - B L_1 \\ G_1^T A_i^T - L_1^T B^T & G_1 + G_1^T - P_{x_i} \end{bmatrix} \succ 0, \quad (43)$$

$$\begin{bmatrix} P_{y_i} & \bar{A}_i^T G_2^T - C^T L_2^T \\ G_2^T \bar{A}_i - L_2 C & G_2 + G_2^T - P_{y_i} \end{bmatrix} \succ 0, \quad (44)$$

For all $i = 1, \dots, M$.

Evidence. Using Theorem 1, proved earlier, and Theorems 1 and 2 from Oliveira [199] define and complete the proof of the theorem. Ultimately, the design procedure is reduced to solving (43) and (44) and determining $K_1 = L_1 G_1^{-1}$ и $K_2 = G_2^{-1} L_2$

Illustrative example. Let the Takagi-Sugeno fuzzy system without faults have the form:

$$R^1 : \text{IF } y_{k,1} \text{ is } F_1 \text{ THEN } x_{k+1} = A_2 x_k + B u_k$$

$$R^2 : \text{IF } y_{k,1} \text{ is } F_2 \text{ THEN } x_{k+1} = A_3 x_k + B u_k$$

$$R^3 : \text{IF } y_{k,1} \text{ is } F_3 \text{ THEN } x_{k+1} = A_1 x_k + B u_k$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0.2225 & 0.2093 & 0.1013 \\ 0.4659 & 0.4231 & 0.3361 \\ 0.2330 & 0.2626 & 0.4191 \end{bmatrix}, \quad (45)$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0.4751 & 0.2430 & 0.2282 \\ 0.1156 & 0.4456 & 0.0093 \\ 0.3034 & 0.3810 & 0.4107 \end{bmatrix}, \quad (46)$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} 0.2224 & 0.4609 & 0.2029 \\ 0.3077 & 0.3691 & 0.4677 \\ 0.3960 & 0.0881 & 0.4585 \end{bmatrix}, \quad (47)$$

where affiliation functions are shown in Fig. 4. The rest of the parameters, signals and fault scenarios are the same as in the previous illustrative example. Figures 5-10 show the results achieved for the proposed FTC strategy. In particular, the proposed design procedure was used to obtain K_1 and K_2 , and then (10) (with $\alpha_k = I$) was used as a management strategy. As a result, Figures 5.45 and 5.46 clearly show that faults can be detected with a high degree of accuracy. In the same way as before, in Figures 5.47, 5.48 you can see that $u_{f,k}$ is equal to u_k until the failure occurs with f_2 . After this moment, the control strategy of $u_{f,k}$ was changed. The management strategy was also changed after the emergence f_1 .

In conclusion it should be noted that the mismatch (Figures 9, 10) is very close to zero in the presence of faults. This is due to the fact that the proposed control strategy for which $x_{f,k}$ converges to x_k and thus z_k converges to zero. On the other hand, the presence of faults can be easily determined from (8).

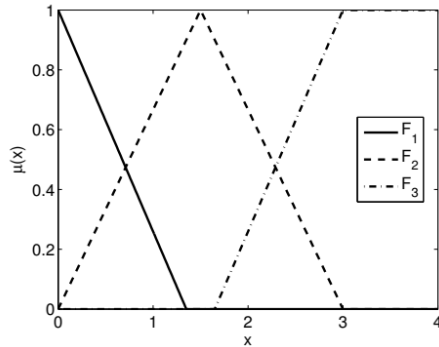
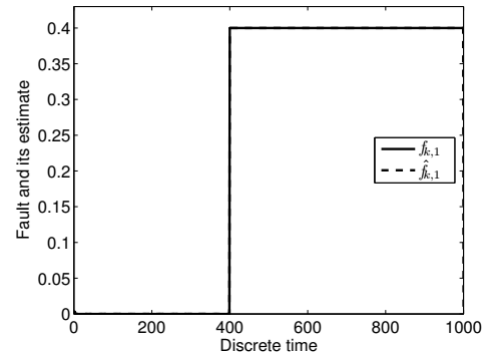
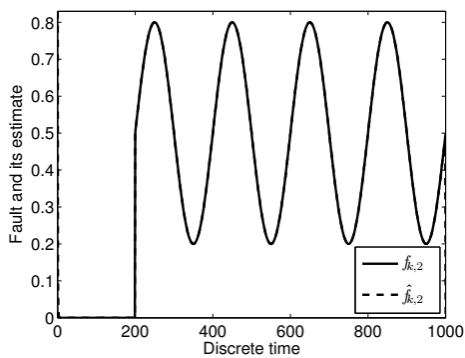
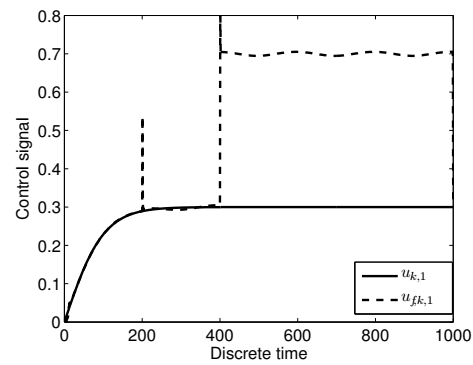
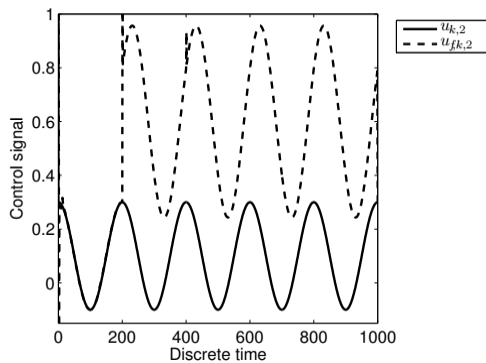
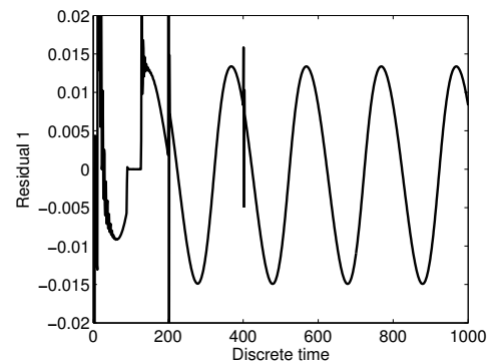
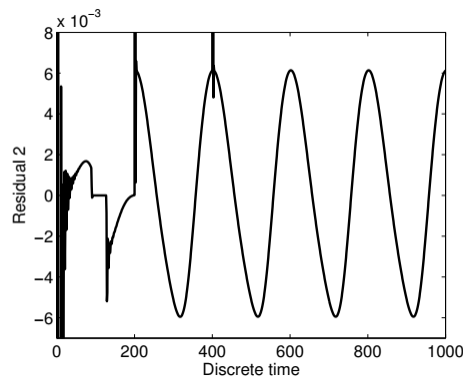


Fig. 4. Affiliation functions


 Fig. 5. Fault assessment $f_{k,1}$

 Fig. 6. Fault assessment $f_{k,2}$

 Fig. 7. Trajectories $u_{k,1}$ and $u_{f,k,1}$

 Fig. 8. Trajectories $u_{k,2}$ and $u_{f,k,2}$

 Fig. 9. Mismatch $z_{1,k}$

 Fig. 10. Mismatch $z_{2,k}$

Conclusion. The article proposed a new active strategy for the FTC. This new approach was developed in the context of linear systems and then it was extended to Takagi-Sugeno fuzzy systems. Illustrative examples for both linear and nonlinear Takagi-Sugeno systems show the effectiveness of the proposed FTC approach.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бланке М. Диагностика и отказоустойчивое управление. / М. Бланке, М. Киннерт, Дж. Лунце и М. Старосвецкий // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003. ISBN 3-540-01056-4.
2. Корбиц Ж. Диагностика неисправностей. модели, искусственный интеллект, приложения / Ж. Корбиц, Ю. Косельни, 3. Ковальчук, и В. Холева // Springer-Verlag, Berlin, 2004.
3. Оливейра М. С. Новое условие робастной устойчивости в дискретном времени / М. С. Оливейра, Ж. Бернуссу и Ж. С. Жеромель // System and Control Letters, 37(4):261-265, 1999.
4. Витчак М. Моделирование и оценка стратегий диагностики неисправностей нелинейных систем./ М. Витчак. – Springer-Verlag, Берлин, 2004.

REFERENCES

1. Blanke M. Diagnostika i otkazoustojchivoe upravlenie. / M. Blanke, M. Kinnert, Dzh. Lunce i M. Starosveckij // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003. ISBN 3-540-01056-4.
2. Korbic Zh. Diagnostika neispravnostej. modeli, iskusstvennyj intellekt, prilozheniya / Zh. Korbic, Yu. Kos'el'ni, Z. Koval'chuk, i V. Holeva // Springer-Verlag, Berlin, 2004.
3. Olivejra M. S. Novoe uslovie robastnoj ustojchivosti v diskretnom vremeni / M. S. Olivejra, Zh. Bernussu i Zh. S. Zheromel' // System and Control Letters, 37(4):261-265, 1999.

ОБ АВТОРЕ | ABOUT AUTHOR

Кораблев Юрий Анатольевич, доцент кафедры автоматики и процессов управления Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета СПбГЭТУ «ЛЭТИ» имени В.И.Ульянова (Ленина) (197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5; +7 921 394 08 22, info@etu.ru); e-mail: juri.korablev@gmail.com

Korablev Yuri Anatolievich, Associate Professor of the Department of Automation and Control Processes of the St. Petersburg State Electrotechnical University St. Petersburg ETU "LETI" named after V. I. Ulyanov (Lenin) (197376, Russia, Saint Petersburg, Prof. Popov str., 5; +7 921 394 08 22, info@etu.ru); e-mail: juri.korablev@gmail.com

Дата поступления в редакцию: 25.11.2019

После рецензирования: 23.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020

УДК 681.51.011

С. Е. Абрамкин [S. E. Abramkin]¹
С. Е. Душин [S. E. Dushin]¹
И. М. Першин [I. M. Pershin]²
Д. Д. Сирота [D. D. Sirota]¹

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ НЕУСТАНОВИВШЕЙСЯ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА С УЧЕТОМ НЕОДНОРОДНОСТИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТА

DEVELOPMENT OF A COMPUTER MODEL OF UNSTEADY GAS FILTRATION CONSIDERING HETEROGENEITIES OF FILTRATION PROPERTIES

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия
Saint-Petersburg State Electrotechnical University
“LETI” named after V.I. Ulyanov (Lenin), St. Petersburg, Russia,
²Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорск, Россия
North Caucasus Federal University, Pyatigorsk, Russia

Аннотация. В настоящей работе представлены учитывающие пространственную неоднородность фильтрационных свойств модели процессов фильтрации газа в виде дифференциальных уравнений в частных производных, численная модель, использующая неявную конечно-разностную схему, и применен метод конечных объемов. С использованием полученных моделей было разработано программное обеспечение, позволяющее производить моделирование для двумерного случая нестационарной фильтрации газа, учитывающее влияние скважин и неоднородность пласта.

Ключевые слова: компьютерное моделирование; газовые скважины; интерференция скважин; метод конечных объемов; моделирование пластов; неоднородность фильтрационных свойств.

Abstract. This paper presents models of gas filtration processes in the form of partial differential equations taking into account the spatial heterogeneity of the filtration properties of the gas, a numerical model using an implicit finite-difference scheme, and the finite volume method is used. Using the obtained models, computer simulator was developed that allows modeling for the two-dimensional case of unsteady gas filtration, taking into account the influence of wells and reservoir heterogeneity.

Key words: computer modeling; gas well; interference of wells; finite volume method; reservoir modeling; heterogeneity of filtration properties.

Introduction. The current development is being carried out with the aim of obtaining a computer model of unsteady gas filtration in the reservoir, as part of the creation of a mathematical model (MM) of a unified controlled gas production complex.

The use of MM, based on the fundamental laws of conservation of mass, momentum, energy, allows you to manage the development of fields, selecting such operating modes that reduce the risks of occurrence and development of complications, as well as increase the recovery rates of hydrocarbons. When creating dynamic models, it is possible to study the reservoir in more detail by dividing it into blocks and applying filtration equations to each of them, which allows modeling non-stationary processes in the reservoir. The software packages available for this purpose (Eclipse, Tempest, etc. [1, 2]) are expensive, require an annual license renewal, and, most importantly, are designed as a “black box”. As a result, there is no possibility to adjust the software in order to create models of controlled (and even uncontrolled) processes and develop systems based, among other things, on modern methods and technologies of control.

Thus, it becomes necessary to develop mathematical and computer models of filtration processes in the reservoir, as well as software for numerical modeling.

Materials and methods, results and discussions. Modern control theory offers many highly efficient methods, not limited to the simplest controllers. Therefore, an important characteristic of software is its ability to operate in real time.

The main tasks of this work:

• development of a numerical model of unsteady gas filtration, taking into account the heterogeneity of the reservoir filtration properties;

• implementation of a computer model (simulator), taking into account an improved numerical model.

Filtration equation. The main form of reservoir energy, which provides gas inflow to wells, is the energy of elastic deformation of gas and the solid skeleton of the reservoir [3]. The MM of unsteady gas filtration in a deformable porous medium, under the assumptions that the permeability and viscosity are constant, is formed by substituting the law of conservation of momentum (in the form of Darcy's filtration law) into the flow continuity equation [3]. Then the flow continuity equation and Darcy's law, respectively:

$$-\left(\frac{\partial \rho \phi}{\partial t}\right) = \frac{\partial(\rho w_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho w_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w_z)}{\partial z},$$

$$w = -\frac{k}{\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial p}{\partial z} \right),$$

where p – is a pressure, t – is a time, ϕ – is porosity, and k – is a permeability, μ is viscosity, ρ is gas density, and w – is a filtration rate.

As a result, the mathematical model of unsteady gas filtration has the form [4]:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \kappa \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} \right), \quad \kappa = \frac{k}{\mu(\beta_n + \phi\beta_r)},$$

$$\beta_n = -\frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial p} = \frac{\partial \phi}{\partial p}, \quad \beta_r = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial p},$$
(1)

where κ – is a coefficient of piezoconductivity, β_n , β_r – are coefficients of compressibility of rock and gas, respectively.

If at the initial moment the reservoir is not disturbed, then the initial condition at $t = 0$ has the form $p = p_0 = \text{const}$. The following boundary conditions of the outer boundary of the reservoir are possible - constant pressure $p_B = \text{const}$, constant overflow across the boundary when Darcy's law is fulfilled: $p_B = \text{const}$.

Equation (1) is the basic equation of the theory of elastic filtration regime. Coefficient κ characterizes the rate of reservoir pressure redistribution during unsteady filtration of an elastic fluid in an elastic porous medium.

Development of a numerical model of transient filtration for the one-dimensional case. We transform the filtration equation by finite differences using an implicit scheme, since implicit schemes have increased stability properties compared to explicit ones, although they are inferior to them in performance. Consider a one-dimensional reservoir of length L , divided into N spatial blocks - finite volumes, using a block-centered scheme (grid nodes are located at the centers of the blocks). Let us introduce the time step Δt and the number of time layers T . The solution is sought only on discrete time layers $n\Delta t$. As a result of the approximation of partial derivatives by the corresponding finite differences, the following system of linear algebraic equations is obtained [5]:

$$\frac{p_i^{n+1} - p_i^n}{\Delta t} = \kappa \frac{p_{i-1}^{n+1} - 2p_i^{n+1} + p_{i+1}^{n+1}}{(\Delta x)^2},$$

$$i = [1, 2, \dots, N], \quad n = [1, 2, \dots, T],$$

where i – is the number of the grid node, n – is the number of the time layer. Let's take out the temporal and spatial components as a separate factor:

$$\eta = \frac{\kappa \Delta t}{(\Delta x)^2}$$

Then the equation of one-dimensional filtration will take a more convenient form for calculations:

$$-\eta p_{i-1}^{n+1} + (1 + 2\eta) p_i^{n+1} - \eta p_{i+1}^{n+1} = p_i^n,$$

$$i = [1, 2, \dots, N], \quad n = [1, 2, \dots, T].$$

System of equations for blocks in matrix form:

$$(I + \eta A) \mathbf{p}^{n+1} = \mathbf{p}^n, \quad (2)$$

where I – is the unit matrix, A – is the matrix of coefficients of the system of equations.

The finite difference ratios of the partial derivatives of the components of the filtration law presented above are compiled with respect to pressure. However, in cases of reservoir modeling taking into account wells, it is more preferable to record in relation to the flow rate. To transform the filtration equation to the required form, we multiply both sides of the system of equations (2) by the following ratio:

$$\frac{S\Delta x\phi c_t}{B_w\Delta t} = \frac{V\phi c_t}{B_w\Delta t},$$

where S , V – are the area and volume of the block, respectively, B_w – is the volumetric coefficient of the fluid, c_t – is the compressibility.

For convenience, let's introduce the corresponding variables for the blocks:

$$B_i = \frac{V\phi c_t}{B_w}, T_i = \frac{kS}{\mu B_w \Delta x}.$$

In these expressions, T and B have physical meaning. Coefficient B reflects the capacitive properties of the block, and T (conductivity) – filtration. For the system of one-dimensional filtration equations, the conductivity matrix is tridiagonal. The system of equations (2) reduced to units of flow, taking into account the boundary conditions [6]:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{1}{\Delta t} \begin{pmatrix} B_1 & & & \\ & B_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & B_N \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T(1+2\omega_1) & -T & 0 & 0 \\ -T & 2T & -T & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & \ddots \\ 0 & 0 & -T & T(1+2\omega_2) \end{pmatrix} \right] \\ & \underbrace{\begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_N \end{pmatrix}}_{\mathbf{p}^{n+1}} = \frac{1}{\Delta t} \underbrace{\begin{pmatrix} B_1 & & & \\ & B_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & B_N \end{pmatrix}}_{\mathbf{B}} \underbrace{\begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_N \end{pmatrix}}_{\mathbf{p}^n} + \underbrace{\begin{pmatrix} 2\omega_1 T p_{B1} \\ 0 \\ \vdots \\ 2\omega_2 T p_{B2} \end{pmatrix}}_{\mathbf{Q}}, \\ & \omega = \begin{cases} 0, & \text{if the Neumann boundary conditions (of the second kind)} \\ 1, & \text{if the Dirichlet boundary conditions (of the first kind)} \end{cases} \end{aligned}$$

where p_{B1} , p_{B2} – pressure for the corresponding boundary conditions. As a result, the vector-matrix representation of the finite-difference filtration equation will be written as

$$\left(\mathbf{T} + \frac{\mathbf{B}}{\Delta t} \right) \mathbf{p}^{n+1} = \frac{\mathbf{B}}{\Delta t} \mathbf{p}^n + \mathbf{Q}, \quad (3)$$

where $\mathbf{Q}$ – is the flow rate of fluid in the block as a result of the action of sources / sinks (wells).

Development of a numerical model of transient filtration for a two-dimensional case. Consider a two-dimensional formation with length L and width W (Fig. 1). Spatial discretization is performed by dividing the modeled area into NX and NY nodes. The total number of blocks is $N = NX \times NY$. Each final volume is designated by indices i and j . At the same time, it is possible to number blocks with one integer index, which is convenient when developing algorithms for a computer model. In this work, the numbering of spatial blocks is adopted, in accordance with the ratio:

$$L = (j-1)NX + i \quad (4)$$

Y=3	9	10	11	12
Y=2	5	6	7	8
Y=1	1	2	3	4
	i=1	i=2	i=3	i=NX=4

Fig. 1. Reservoir, discretized in space using L - numbering

In the case of two-dimensional filtering, each block interacts with two, three or four adjacent blocks, which determines the form of the conductance matrix.

As an example, consider the form of the matrix T for the system from Fig. 1, with impermeable reservoir boundaries (boundary conditions of the 2nd kind) and the absence of wells:

$$T = \begin{pmatrix} 2T & -T & & & & & & & & \\ -T & 3T & -T & & & & & & & \\ & -T & 3T & -T & & & & & & \\ & & -T & 2T & & & & & & \\ -T & & & & 3T & -T & & & & -T \\ & -T & & & -T & 4T & -T & & & -T \\ & & -T & & & -T & 4T & -T & & -T \\ & & & -T & & & -T & 3T & & -T \\ & & & & -T & & & 2T & -T & \\ & & & & & -T & & -T & 3T & -T \\ & & & & & & -T & & -T & 3T & -T \\ & & & & & & & -T & & -T & 2T \end{pmatrix}.$$

Thus, when using L-numbering, the admittance matrix is five-diagonal. Otherwise, the system of equations for the two-dimensional case is similar to system (3).

Development of a computer model. Well Interpretation. Within the framework of this work, the case of single-phase gas filtration is considered, under the assumptions that the productive formation is penetrated by perfect wells with vertical ends, which are interpreted as the internal boundaries of the formation. The simulated wells are located in the center of the block. In reservoir simulators, two types of boundary conditions are most common (not counting mixed ones): in the form of a given pressure at the bottomhole (boundary conditions of the 1st kind) or in the form of a given flow rate of the well (boundary conditions of the 2nd kind). With this setting, it is possible to calculate the bottomhole pressure, at a given flow rate and vice versa - calculate the flow rate, at a given bottomhole pressure, depending on time. There are several connecting relations for calculating unknowns: Van Polen's model, Pisman's model and Abu-Kassem's and Aziz's model [3]. Currently, the Van Polen model is almost not used [6], and the Abu-Kassem and Aziz model is convenient for calculations when the wells are not located in the center of blocks. Therefore, to account for wells in this work, the Pisman model is used, which is well suited for calculations in block-centered grids. According to this model, the radius at which the pressure in the block with the well corresponds to the weighted average pressure in the reservoir (equivalent radius) for the case of a square grid is given by the following relation: $r_{eq} = 0,2\Delta x$.

To proceed to the calculation of the bottomhole pressure of a production well operating in a constant flow rate, the following relationship is used [6]:

$$P_{зб} = P_L - \frac{q_{CKB} \mu B}{2\pi k h} \ln \left(\frac{0,2\Delta x}{r_{CKB}} \right) = P_L - \frac{q_{CKB}}{J_L^{CKB}}$$

where J – is the well productivity index, r_{CKB} – is the well radius, P_L – is the weighted average pressure in the block.

Advanced computer model. Earlier in [7] a numerical model was developed and a computer model was implemented in the Python programming language. The calculations for this model were performed under the assumption that the filtration properties are the same over the entire area of the simulated reservoir. In this paper, a model is presented that takes into account the spatial variability of the permeability of the simulated reservoir, which allows more accurate reflection of the course of physical processes, although it somewhat complicates the model itself. When removing the assumptions about the spatial homogeneity of the permeability, technical difficulties arise due to the fact that the values of the conductivities T are determined at the boundaries of the grid cells (blocks), and the values of the permeability k are referred only to the centers of the cells of the computational grid. There are methods for averaging the indicators of a particular property between neighboring blocks. Due to the fact that the permeability k can vary significantly (for example, in the presence of impermeable inclusions), harmonic mean is most suitable for calculating the average values between adjacent blocks. Then the calculation of permeability at the border of the cells will look like:

$$k_{L+1/2} = 2 \left(\frac{1}{k_{L+1}} + \frac{1}{k_L} \right),$$

where $k_{L+1/2}$ - permeability at the boundary of blocks with indices L and $L + 1$. Thus, the problem solved by the simulator is reduced to the approximation of differential equations of two-dimensional unsteady filtration (the three-dimensionality of real fields is taken into account by introducing the reservoir thickness). Well coordinates and flow rates, initial and boundary conditions, reservoir properties and fluid parameters are set in the initial data. The solution is found using the conjugate gradient method, since this method has shown the highest efficiency in comparison with the direct method (LU-decomposition) and other iterative methods [7]. The output data are computed values of pressure in blocks with the first order of accuracy in time and the second order of accuracy in the spatial coordinate. The model takes into account the spatial heterogeneity of the filtration properties, the mutual influence of wells and calculates the pressure at the bottom of the wells depending on time. As the initial data on some of the parameters of the fluid and reservoir rock for the computational experiment, we used the production data of one of the development objects of the existing gas field. Permeability is specified as an array of random numbers ranging from 29 to 129 mD.

Table

Results of calculating the pressure distribution

Parameter	Value
Seam length (m)	3000
Seam width (m)	3000
Seam height (m)	20
Porosity (units)	0,2
Reservoir permeability (m2)	29 – 129110-15
Initial pressure (Pa)	71106
Gas viscosity (Pa · s)	2110-5
Coordinates (x; y) of production well No. 1 (m)	(1200; 1500)
Coordinates (x; y) of production well No. 2 (m)	(1800; 1500)
Gas consumption in production well No. 1 (m3 / day)	4801103
Gas consumption in production well No. 2 (m3 / day)	4801103

Wells penetrate the reservoir completely and are put into operation simultaneously. The reservoir is discretized in spatial coordinate by 40401 blocks (201 x 201 nodes). The final simulation time is 360 days with a step of 1 day. The obtained results of modeling processes are shown in Fig. 2-3.

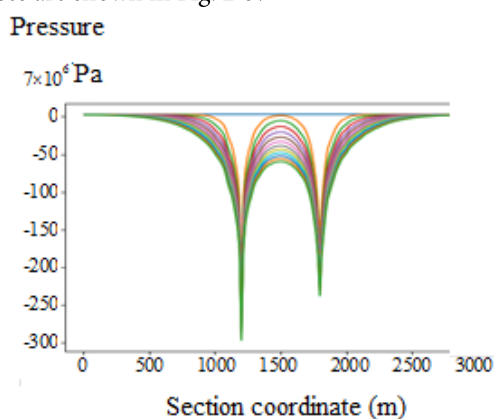


Fig. 2. Distribution of pressure in the reservoir at the end of the simulation

In fig. 2 shows the distribution of pressure in the reservoir in the section along the wells location line. Each line corresponds to a time interval of 30 days. As can be seen, the heterogeneity of the filtration properties has a significant effect on the pressure change in the simulated reservoir.

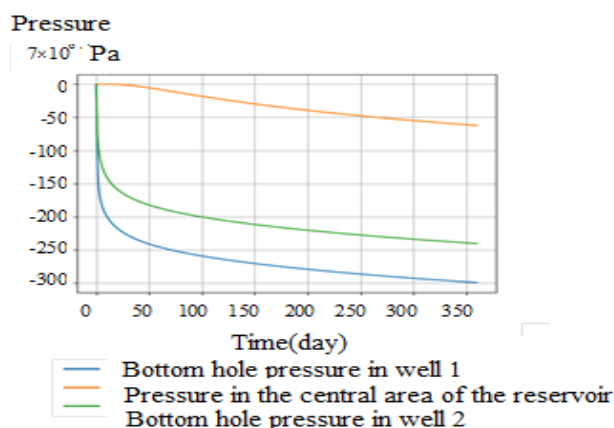


Fig. 3. Pressure at the bottom of the wells and the central point of the reservoir, depending on time

The simulation results showed that in a given reservoir, despite the same flow rates for the two producing wells, the bottomhole pressure decrease near well No. 1 was more intensive, due to different filtration properties in each separate block.

Conclusion. When managing the development of gas fields, the costs of production wells can be considered as control actions. The resulting computer simulator program, for the given values of the reservoir parameters, fluid and gas flow rate at the exit from the wells, calculates the distribution of the pressure field in the two-dimensional reservoir depending on time, taking into account changes in the bottomhole pressure of the wells and the spatial heterogeneity of the filtration properties. The calculation algorithms implemented in the simulator have shown the high efficiency of the conjugate gradient method, which makes it possible to use this model for the purpose of synthesizing a gas production complex control system.

ЛИТЕРАТУРА

1. ECLIPSE Industry-Reference Reservoir Simulator. URL: <https://www.software.slb.com/products/eclipse>
2. Roxar Tempest. URL: <http://roxar.ru/software/tempest>
3. Азиз Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. – 416 с.
4. Куштанова, Г.Г. Подземная гидромеханика. Казань: Изд-во Казан. (Приволж.) федер. ун-та, 2010. – 67 с.
5. Алишаев М.Г. Моделирование и расчёт в прикладной механике и добыче нефти. Махачкала: Изд-во АЛЕФ, 2015. – 288 с.
6. Эртекин Т., Абу-Кассем Дж., Кинг Г. Основы прикладного моделирования пластов. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2012. – 1060 с.
7. Абрамкин С.Е., Душин С.Е., Сирота Д.Д. Моделирование интерференции газовых скважин с применением метода конечных объёмов // III Международная научная конференция по проблемам управления в технических системах (ПУТС-2019).

REFERENCES

1. ECLIPSE Industry-Reference Reservoir Simulator URL: <https://www.software.slb.com/products/eclipse>
2. Roxar Tempest. URL: <http://roxar.ru/software/tempest>
3. Aziz K., Settari A. Matematicheskoe modelirovanie plastovykh sistem [Mathematical modeling of reservoir systems]. – Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy Publ., 2004. 416 p.
4. Kushtanova G.G., Podzemnaya gidromekhanika [Underground hydromechanics]. Kazan: Privolzhskij federal'nyj universitet Publ., 2010. 67 p.
5. Alishaev M.G. Modelirovanie i raschyot v prikladnoj mekhanike i dobyche nefi [Modeling and calculation in applied mechanics and oil production]. Mahachkala: Alef Publ. 2015. 288 p.
6. T Ertekin; J H Abou-Kassem; G R King. Basic applied reservoir simulation. Richardson, Tex. : Society of Petroleum Engineers, 2001.
7. Abramkin S.E., Dushin S.E., Sirota D.D. Simulation of interference of gas wells using the finite volume method // The III International Conference on Control in Technical Systems CTS'2019. Saint Petersburg, 2019. (In Russian).

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Абрамкин Сергей Евгеньевич, доцент, к.т.н.; кафедра Автоматики и процессов управления Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ»; abrsergey@yandex.ru; ул. Проф. Попова, д.5, Санкт-Петербург, 197376; +79217767124.

Abramkin Sergey Evgen'evitch, Saint-Petersburg State Electrotechnical University «LETI», department of Automation and Control Processes; abrsergey@yandex.ru; Professor Popov str. 5, St.Petersburg, 197376, RUSSIA; Candidate of Science (PhD) in Technology; Docent

Душин Сергей Евгеньевич, профессор, доктор технических наук, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина); кафедра автоматики и процессов управления, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, 5, e-mail: dushins@yandex.ru; тел.: +79219704631.

Dushin Sergei Evgen'evich, St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI"; e-mail: dushins@yandex.ru; 197022, st. Professor Popov 5, Saint-Petersburg, Russian Federation; tel.: +79219704631; Department of Automation and Control Processes; Dr. Techn. Sci., Professor

Першин Иван Митрофанович, зав. кафедрой, профессор, д.т.н.; Северо-Кавказский федеральный университет (филиал, г.Пятигорск); кафедра Систем управления и информационных технологий, 357500 г. Пятигорск, пр. 40 лет Октября, 56, тел. 33-77-69, e-mail: ivmp@yandex.ru; тел.: +79187903619

Pershin Ivan Mitrofanovich, Head of the Department, Professor, Dr. Techn. Sci; North Caucasus Federal University (branch, Pyatigorsk); Department of Control Systems and Information Technologies, 357500 Pyatigorsk, 56, 40 years of October ave., tel. 33-77-69, e- mail: ivmp@yandex.ru; tel .: +79187903619

Сирота Даниил Дмитриевич, аспирант, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина); кафедра автоматики и процессов управления, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5, e-mail:sdd.spb@outlook.com, тел. +79111204074.

Sirota Daniil Dmitrievich, St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI"; e-mail: sdd.spb@outlook.com; 197022, st. Professor Popov 5, Saint-Petersburg, Russian Federation; tel.: +79111204074; Department of Automation and Control Processes; postgraduate student.

Дата поступления в редакцию: 25.11.2019

После рецензирования: 23.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020

УДК 28;62-52

С. В. Зайцев [S. V. Zaytsev]

**МЕТОДОЛОГИЯ АДАПТИВНОЙ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ
ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ****METHODOLOGY OF ADAPTIVE ADJUSTMENT OF REGULATORS
FOR DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS**

Северо-Кавказский Федеральный Университет (филиал в г. Пятигорске). e-mail: zaytsev.kmv@gmail.com
 North Caucasus Federal University, Pyatigorsk, Russia. e-mail: zaytsev.kmv@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены методы идентификации распределённых объектов, синтез системы управления основанный на частотных свойствах объекта управления и адаптивной настройки регуляторов для распределённых систем управления, пространственных объектов управления. Основной проблемой разработки таких систем является методы синтеза регуляторов, учитывающих модальную (распределённую) составляющую объекта, что однозначно усложняет синтез систем, но делает такую более точной. В статье приводится вариант реализации системы управления с помощью ПЛК.

Ключевые слова: идентификация распределённого объекта, адаптивный распределённый регулятор.

Abstract. This article takes examine method's identification the distributed object control system, synthesis system on base frequency property object control, and adaptive adjuster regulator for the distributed object control system, distributed object control. Base problem creation this system that use method's synthesis control system. This method's use distributed structure and made system more formed no more high-quality. This article takes see method realization the distributed proportional-differential regulator use PLC.

Key words: regulators; identification the distributed object, the distributed proportional-differential regulator.

Introduction. The main regulators used by modern industry are regulators that implement the proportional-integral-derivative control law (PID). These regulators are used for various technological processes to control object parameters such as temperature, pressure, etc., but these processes are considered from a mathematical point of view as objects with lumped parameters. But many objects in the industry have distributed control systems for the regulating action (thermal power to control the thermal field, extraction rate to control the level of the hydraulic funnel in the hydrolithosphere). The lumped system regulates the power in all zones at the same time and cannot create a thermal field with a certain unevenness or a uniform thermal field due to the uneven loading of the furnace. Many furnaces supply heat power by zones, and at the same time the technological process requires regulation of the heat power supply by zones. However, the load on the furnaces can be uneven, which creates uneven heat fields. As you can see, standard regulators do not solve these technological problems. These problems can be solved by regulators with a distributed control system, which can provide both the uniformity of the technological parameter of the control system and the required unevenness of this parameter. Regulators with a distributed control system have not been widely used due to the complexity of synthesis methods and insufficient training of personnel for servicing and adjusting regulators in production. The complexity of the synthesis of spatially distributed control systems is associated with the determination of the spatial invariance of the object, the boundary conditions of the object, and with the problems of object identification in the field of spatial modes. Space controllers are well synthesized, which belong to the class of spatially invariant, and the matrix of transfer functions in the region of spatial modes is diagonally dominant according to the literature [1,2,3,4]. However, many objects do not belong to objects of this type, which complicates the synthesis of a distributed controller of both multidimensional and distributed systems [1, 2, 3, 4].

Formulation of the problem. A possible solution to these problems is the development of methods for adaptive tuning of the distributed controller. Studies of adaptation methods and verification of the results of synthesis methods [3,4] were carried out on a laboratory bench [7].

The first method for determining the parameters of the object and adaptive tuning of the distributed controller consists in the implementation of the following stages:

- 1) Identification of an object in the time domain;

2) Transformation of the object's temporary transfer matrix into a modal spatial domain;
 3) Synthesis of the regulator according to the obtained matrix;
 4) Launching the synthesized controller for operation in a closed control system and determining the quality indicators of the transient process, if the indicators of the transient process do not correspond to the specified indicators, then according to certain algorithms, the coefficients of the distributed controller are changed to achieve the specified quality indicators.

This method was proposed in my dissertation work, in the literature [4] a more analytical method of adaptive regulation is proposed, which is as follows.

The second method for determining the parameters of the object and adaptive tuning of the distributed controller consists in the implementation of the following stages:

- 1) Determination of belonging of a distributed object to the class of spatially invariant;
- 2) Determination of the eigenvector functions of the object operator;
- 3) Determination of the spatial modes of the input action (the analytical part of the controller synthesis ends here);
- 4) Determination of static and dynamic characteristics for the selected spatial modes;
- 5) Calculation of the parameters of the approximation model;
- 6) Synthesis of the controller, start-up and analysis of the closed-loop system, obtaining quality indicators of the transient process and, if necessary, adaptive adjustment of the controller parameters.

The first stage of both methods is the same and consists in determining the matrix of complex transfer functions of the control object (in this case, we consider the object to be multidimensional and lumped), while the size of the matrix depends on the number of input influences and the number of sensors that measure the distribution of the parameter. Determination of the parameters of the object is carried out by methods according to the literature [1,2] or using the vector - function and expansion in the Fourier series in spatial modes [3]. Determination of controller parameters is based on frequency methods of synthesis of a distributed controller. The second stage consists in determining the eigenvectors of the object operator's functions, which depend on the structure of the object and obtaining a matrix of modal influences. The matrix of modal actions is obtained by multiplying the matrix of complex transfer functions by the matrix of input modal actions on the control object in the form:

$$\left. \begin{aligned} C_i(x) &= \cos(\Psi_i \cdot x) \\ \text{or} \\ C_i(x) &= \sin(\Psi_i \cdot x) \end{aligned} \right\}, \quad \Psi_i = \frac{\pi \cdot i}{Lx}, \quad i = \overline{1,3}, \quad 0 < x < Lx, \quad (4.2)$$

where Lx - a size of object;

i - is an input mode number;

Ψ_i - is an angle dependent on input mode and coordinates

The choice of the function depends on the boundary conditions of the object, for example, if the boundaries of the object are not thermally insulated, it is better to take the sine function, and if they are insulated, then the cosine function. From the matrix obtained by this method, we obtain the transmission coefficients for the selected spatial modes (K_i , where K_i – are transmission coefficients for the selected spatial modes). Further, the techniques diverge somewhat, the first method consists in determining the extended amplitude-frequency and phase-frequency characteristics (LFC and LPF), and determining the transmission modules by the corresponding spatial modes at the corresponding cutoff frequencies by the corresponding spatial modes ($M_i, \omega_{кр}$)

The second method proposed in the literature [4, 8] is to determine the parameters of the approximating link for objects with distributed parameters. The approximating link that describes the dynamic characteristics of the considered distributed objects has the following form:

$$W_{a,i}(s) = \frac{K}{\beta_i} \cdot \exp(-\beta_i \cdot \Delta z), \quad \beta_i = \left(\frac{s}{a} + \psi_i^2 \right)^{1/2}, \quad (i = \overline{1, \infty}) \quad (2)$$

where

i is the number of the spatial mode; s is the Laplace operator

Materials and methods, results and discussions. Determination of parameters for the distributed controller. The method for determining the parameters of the approximating link $(K, \Delta z, a)$ consists of the following stages: 1) The corresponding transmission coefficients for the selected spatial modes K_i , and the phase shift for the first spatial mode are calculated. 2) Next, we determine the values of K_i , and Δz for the considered approximating link. In static mode i.e. ($s = 0$), based on the system of equations given below.

$$\begin{cases} K_1 = \frac{K}{\beta_{1,1}} \cdot \exp(-\beta_1 \cdot \Delta z) \\ K_3 = \frac{K}{\beta_{3,2}} \cdot \exp(-\beta_3 \cdot \Delta z) \end{cases}, \quad \beta_1 = (\psi_1^2)^{1/2}, \beta_3 = (\psi_3^2)^{1/2}.$$

After transformation we get

$$\begin{cases} K_1 \cdot \beta_1 = K \cdot \exp(-\beta_1 \cdot \Delta z) \\ K_3 \cdot \beta_3 = K \cdot \exp(-\beta_3 \cdot \Delta z) \end{cases}$$

Find Δz from the following equation ...

$$\Delta z = \frac{\ln(K_3 \cdot \beta_3 / (K_1 \cdot \beta_1))}{-\beta_3 + \beta_1}.$$

Substituting the calculated value of Δz into the first equation of the system and transforming, we obtain

$$K = K_1 \cdot \beta_1 / \exp(-\beta_1 \cdot \Delta z).$$

Next, we determine the value of the parameter a , according to the formula

$$W_{a,1}(s) = \frac{K}{\beta_1} \cdot \exp(-\beta_1 \cdot \Delta z) \quad \beta_1 = \left(\frac{s}{a} + \psi_1^2 \right)^{1/2}.$$

Taking $s = j\omega$ ($\omega = \omega_1$), we write down the relation for determining the phase of the approximating function

$$\Delta\phi = -\Delta z \cdot \text{Im}(\beta_1) - \arctan(\omega / (a \cdot (\psi_1^2))).$$

The transfer function of the distributed controller is:

$$W(G, s) = E_1 \left(\frac{n_1 - 1}{n_1} + \frac{G}{n_1} \right) + E_2 \left(\frac{n_2 - 1}{n_2} + \frac{G}{n_2} \right) s + E_4 \left(\frac{n_4 - 1}{n_4} + \frac{G}{n_4} \right) \frac{1}{s}$$

Where G - is the generalized coordinate; S - Laplace operator, n_1, n_2, n_4 - weight coefficients, respectively, of the amplifying differentiating and integral distributed links; E_1, E_2, E_4 - coefficients of proportionality, respectively, of the amplifying differentiating and integral distributed links.

For the synthesis of the DHPC (distributed high-precision controller), it is necessary to determine the values of the parameters $E_1, E_2, E_4, n_1, n_2, n_4$.

According to the first method, the synthesis is carried out according to the following algorithm To determine E_1 and n_1 for the first two input actions, it is necessary to solve the following system of equations:

$$\begin{cases} K_{y1} = E_1 \left(\frac{n_1 - 1}{n_1} + \frac{G_1}{n_1} \right), \text{ где } G_1 = \left(\frac{\pi}{L_x} \right)^2 \text{ и } G_2 = \left(\frac{2\pi}{L_x} \right)^2. \\ K_{y2} = E_1 \left(\frac{n_1 - 1}{n_1} + \frac{G_2}{n_1} \right), \end{cases}$$

Then we determine the corresponding integration time constants by the formula

$$T_{интi} = \frac{1}{K_{yi} \cdot \omega_{cpi}},$$

Determine the time constants of differentiation by the formula

$$T_{дифi} = \frac{K_{yi}}{\omega_{cpi}}$$

Similarly, to determine E_2 and n_2 through the differentiation time constants, we obtain the system of equations (4.8):

$$\begin{cases} T_{\partial u \phi 1} = E_2 \left(\frac{n_2 - 1}{n_2} + \frac{G_1}{n_2} \right), \\ T_{\partial u \phi 2} = E_2 \left(\frac{n_2 - 1}{n_2} + \frac{G_2}{n_2} \right). \end{cases}$$

To determine E_4 and n_4 through the integration constants, we obtain the system of equations (4.9):

$$\begin{cases} \frac{1}{T_{um1}} = E_4 \left(\frac{n_4 - 1}{n_4} + \frac{G_1}{n_4} \right) \\ \frac{1}{T_{um2}} = E_4 \left(\frac{n_4 - 1}{n_4} + \frac{G_2}{n_4} \right) \end{cases}$$

Solving this system of equations, we obtain, E_4 , n_4 .

Thus, the values of the parameters E_1 , E_2 , E_4 , n_1 , n_2 , n_4 to implement a spatial regulator.

According to the second method, the synthesis is carried out according to the following algorithm: We determine the parameters E_1 , and n_1 according to the literature [1] through the system of equations

$$\begin{aligned} \overline{M}_1 &= E_1 \cdot \left[\frac{n_1 - 1}{n_1} + \frac{G_1}{n_1} \right], \\ \overline{M}_3 &= E_1 \cdot \left[\frac{n_1 - 1}{n_1} + \frac{G_3}{n_1} \right]. \end{aligned}$$

From these two equations the formula is obtained:

$$n_1 = \frac{-1 + \Delta M - \Delta M \cdot G_1 + G_3}{\Delta M - 1}, \text{ где } \Delta M = \frac{\overline{M}_3}{\overline{M}_1}.$$

In this case, the values n_1 are subject to the limitation $n_1 \geq 1$ (see []).

By definition n_1 we determine E_1 by the formula

$$E_1 = \overline{M}_1 / \left[\frac{n_1 - 1}{n_1} + \frac{G_1}{n_1} \right].$$

To determine the parameters of the DHPC, we find the inflection points between the cutoff frequencies at different spatial modes ω_1 ω_n .

Substituting $\omega = \omega_1$, $\omega = \omega_n$ into the equation of the inflection lines, we obtain the following system of equations:

$$\begin{aligned} \lg \omega_1 &= 0,5 \cdot \lg \left(E_4 \left[\frac{n_4 - 1}{n_4} + \frac{G_1}{n_4} \right] \right) - 0,5 \cdot \lg \left(E_2 \left[\frac{n_2 - 1}{n_2} + \frac{G_1}{n_2} \right] \right), \\ \lg \omega_n &= 0,5 \cdot \lg \left(E_4 \left[\frac{n_4 - 1}{n_4} + \frac{G_3}{n_4} \right] \right) - 0,5 \cdot \lg \left(E_2 \left[\frac{n_2 - 1}{n_2} + \frac{G_3}{n_2} \right] \right). \end{aligned}$$

Adding to the resulting system of equations the ratios describing the relationship of the controller parameters with Δ , which is determined by the formula below

$$\Delta(G_1) = \lg \omega_1 - \lg \omega_i, \lg \omega_1 = \lg \left(\frac{1}{K_2(G_1)} \right), \lg \omega_2 = \lg(K_4(G_1)),$$

where ω_i - is the cutoff frequency of the selected mode;

ω_1 - is the cutoff frequency of the first mode.

This parameter is an important parameter for both methods of DHPC adaptation.

Implementation and adaptation of the regulator. Expansion of the zone ΔG reduces the amplitude of oscillations in the steady state and slightly increases the static error, but practically does not affect overshoot, at high levels of initial misalignment or at system startup.

The synthesis of the control system is now complete. We turn to the adaptation of the control system if the quality characteristics of the control system obtained during operation do not correspond to the required quality characteristics of the technological process control.

We offer the following adaptation algorithm:

- if the oscillation of the system is your given, then the proportionality coefficient of the distributed proportional link E_1 , must be reduced, and the proportionality factor of the distributed differential E_2 it is necessary to increase and slightly reduce the proportionality coefficient of the distributed integral link of the link E_4 ;
- if the oscillation of the system is not your specified, and the static control error is greater than the specified, then the proportionality coefficient of the distributed proportional element E_1 , it is necessary to increase, and the proportionality factor of the distributed integral element E_4 it is necessary to increase
- after two cycles of changing the parameters of the DHPC, it is possible to calculate the expected required value of the parameters to achieve the required characteristics of the control quality The algorithm for such work is shown in Figure 1 below and is implemented in the ST language in the CoDeSys software package, which is used by OWEN on its programmable controllers.

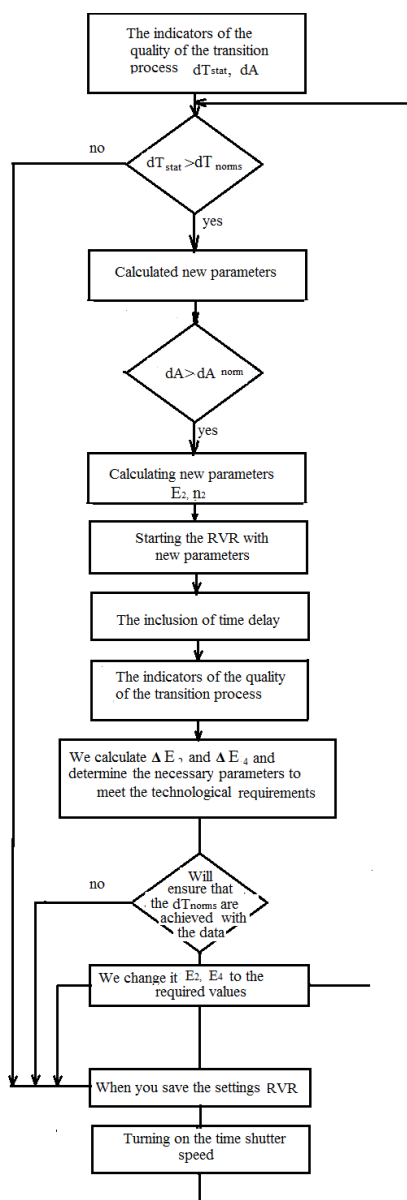


Fig. 1. Algorithm for adaptation of DHPC

The controller is implemented in the FBD language in the CoDeSys software package. Figure 2. shows the algorithm for the operation of the proportional component of the regulator for one of the zones of a 3-zone furnace with tubular electric heaters, the thermal power of which is regulated using a thyristor triac control unit (BUST). Figure 3 shows the algorithm of the regulator's differentiating component for one of the zones of a 3-zone furnace. Figure 4 shows the algorithm of the integrating component of the regulator for one of the zones of a 3-zone furnace.

The controller is implemented in the FBD language in the CoDeSys software package. Figure 2. shows the algorithm of the proportional component of the regulator for one of the zones of a 3-zone furnace with tubular electric heaters, the thermal power of which is regulated using a thyristor triac control unit (BUST). Figure 3 shows the algorithm of the regulator's differentiating component for one of the zones of a 3-zone furnace. Figure 4 shows the algorithm of the integrating component of the regulator for one of the zones of a 3-zone furnace.

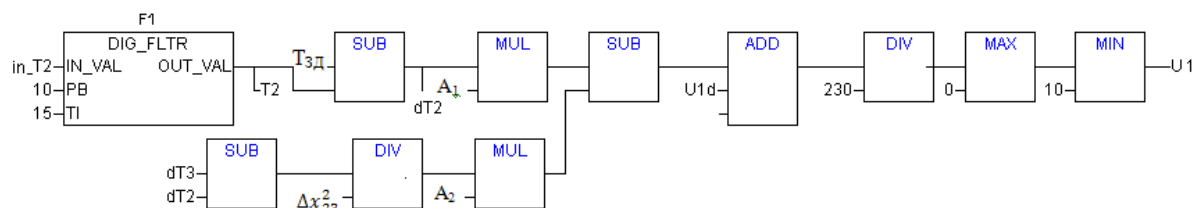


Fig. 2. The proportional component of the DHPC regulator

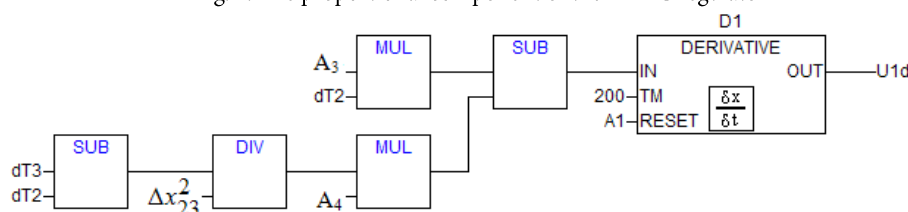


Fig. 3. The differentiating component of the DHPC regulator

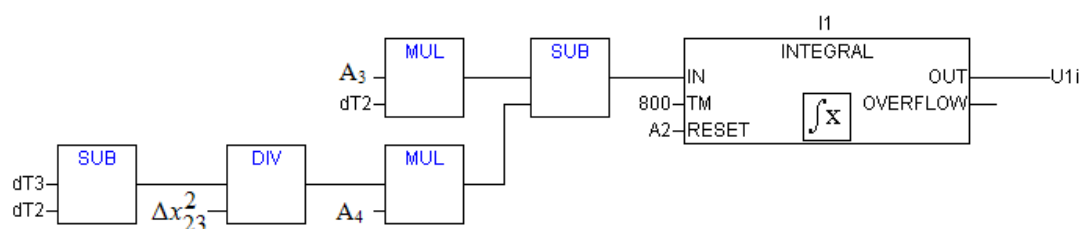


Fig. 4. The integrating component of the DHPC regulator

Blocks used in the implementation algorithm:

- SUB subtraction block,
- MUL - multiplication block,
- ADD - addition block,
- DIV division block,
- DERIVATIVE - derivation block,
- INTEGRAL - integration block,
- DIG_FLTR - digital filtering block of the input signal.

Signals used in the implementation algorithm:

- in_T2, in_T3, in_T4 - respectively, signals from temperature sensors 1 - 3 channels;
- U1, U2, U3 control signals to the power amplifier (BUST);
- U1d, U2d, U3d - differential component signals via the corresponding control channels;
- T3d - signal for setting the object temperature;
- Δx_{23}^2 - the square of the distance between the heating zones;
- A1, A2 - constant coefficients of the spatial controller, calculated during the synthesis of the controller.

Conclusion. This adaptation method, regardless of the synthesis methodology, makes it possible to compensate for the difficulty of obtaining the parameters of the PBP controller, which were obtained during the synthesis of the con-

troller due to its non-invariance or the absence of the diagonal dominance of the modal transfer matrix. The adaptation program can be implemented using the "ST" language, and the controller itself can be implemented in the "FBD" language.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А.Г. Состояние и перспективы развития адаптивных ПИД регуляторов в технических системах / А.Г. Александров, М.В. Паленов // Труды участников конференции УКИ'12 / Научное издание. Электрон. текстовые дан. – М: ИПУ РАН, 2012. – 36-48 с.
2. Александров А.Г. Паленов М.В. Состояние и перспективы развития адаптивных ПИД регуляторов в технических системах / А.Г. Александров, М.В. Паленов // Автоматика и телемеханика. – № 2. – 2014. – 16-30 с.
3. Першин И.М. Анализ и синтез систем с распределенными параметрами / И.М. Першин. – Пятигорск: РИА на КМВ, 2007. – 244с.
4. Першин И.М. Синтез систем с распределенными параметрами / И.М. Першин // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2005. – № 6. – С. 2.
5. Воронин А.Ю. Синтез пространственного регулятора тепловой камеры пищевого производства / А.Ю. Воронин, С.В. Зайцев // Системный анализ и прикладная синергетика: тезисы доклада на 4 международной конференции. – Пятигорск, 2011. 194-199 с.
6. Зайцев С.В. Методика адаптивной настройки РВР / С.В. Зайцев // Материалы Всероссийской научной конференции «Вузовская наука Северо-Кавказскому федеральному округу». Т 3 (часть 1). – Пятигорск: ФГАОУ ВПО СКФУ филиал в г. Пятигорске, 2013. – 215 с.
7. Зайцев С.В. Повышение эффективности образования за счет использования моделирующих лабораторных комплексов с удаленным доступом / С.В. Зайцев // Машиностроение и инженерное образование. – 2012. – № 1. – 325 с.
8. Быстров С.В. Адаптивная настройка распределенных регуляторов / С.В. Быстров, В.В. Григорьев, И.М. Першин, О.К. Мансурова // Известия высших учебных заведений. Серия «Приборостроение». – М.: Издательство ЛИТМО, 2019. – № 9. Т. 62.

REFERENCES

1. Aleksandrov A.G. Sostoyanie i perspektivy razvitiya adaptivnyh PID regulyatorov v tekhnicheskikh sistemah / A.G. Aleksandrov, M.V. Palenov // Trudy uchastnikov konferencii UKI'12 / Nauchnoe izdanie. Elektron. tekstovye dan. – M: IPU RAN, 2012. – 36-48 s.
2. Aleksandrov A.G. Palenov M.V. Sostoyanie i perspektivy razvitiya adaptivnyh PID regulyatorov v tekhnicheskikh sistemah / A.G. Aleksandrov, M.V. Palenov // Avtomatika i telemekhanika. – № 2. – 2014. – 16-30 s.
3. Pershin I.M. Analiz i sintez sistem s raspredelennymi parametrami / I.M. Pershin. – Pyatigorsk: RIA na KMV, 2007. – 244s.
4. Pershin I.M. Sintez sistem s raspredelennymi parametrami / I.M. Pershin // Mekhatronika, avtomatizaciya, upravlenie. – 2005. – № 6. – S. 2.
5. Voronin A.YU. Sintez prostranstvennogo regulyatora teplovoj kamery pishchevogo proizvodstva / A.YU. Voronin, S.V. Zajcev // Sistemnyj analiz i prikladnaya sinergetika: tezisy doklada na 4 mezhdunarodnoj konferencii. – Pyatigorsk, 2011. – 194-199 s.
6. Zajcev S.V. Metodika adaptivnoj nastrojki RVR / S.V. Zajcev // Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii «Vuzovskaya nauka Severo-Kavkazskomu federal'nomu okrugu». T 3 (chast' 1). – Pyatigorsk: FGAOU VPO SKFU filial v g. Pyatigorske, 2013. – 215 s.
7. Zajcev S.V. Povyshenie effektivnosti obrazovaniya za schet ispol'zovaniya modeliruyushchih laboratornyh kompleksov s udalennym dostupom / S.V. Zajcev // Mashinostroyeniye i inzhenernoye obrazovaniye. – 2012. – № 1. – 325 s.
8. Bystrov S.V. Adaptivnaya nastrojka raspredelennykh regulyatorov / S.V. Bystrov, V.V. Grigor'ev, I.M. Pershin, O.K. Mansurova // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Seriya «Priborostroyeniye». – M.: Izdatel'stvo LITMO, 2019. – № 9. T. 62.

ОБ АВТОРЕ | ABOUT AUTHOR

Zaytsev Sergey Vladilenovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Control Systems and Information Technology, North-Caucasus Federal University (Branch in Pyatigorsk), 40 let Oktyabrya str., 56, 357500, Pyatigorsk, Russian Federation, e-mail: zaytsev.kmv@gmail.com
Зайцев Сергей Владиленович, кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий; Северо-Кавказский Федеральный Университет (филиал в г. Пятигорске) ул. 40 лет Октября, 56, 357500 г. Пятигорск, Ставропольский кр., РФ, e-mail: zaytsev.kmv@gmail.com

Дата поступления в редакцию: 25.01.2020

После рецензирования: 23.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ TECHNOLOGY OF FOOD PRODUCTS

Н. Б. Гаврилова [N. B. Gavrilova]¹

Н. Л. Чернопольская [N. L. Chernopolskaya]¹

Е. М. Щетинина [E. M. Shchetinina]²

УДК 637.352: 636.39

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННОГО МЯГКОГО СЫРА НА ОСНОВЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА

BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF INNOVATIVE TECHNOLOGY OF ENRICHED SOFT CHEESE BASED ON GOAT'S MILK

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина»;
Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»;
Altai State Technical University named after I. I. Polzunova

Аннотация. В статье представлено научное обоснование актуальности проведения исследования по использованию козьего молока в технологии обогащенных мягких сыров для специализированного питания.

Материалы и методы, результаты и обсуждение. Основным объектом экспериментальных исследований является молоко коз зааненской породы фермерских хозяйств Алтайского края. Исследование физико-химических показателей козьего молока позволяет считать его биологически полноценным молочным сырьем, соответствующим требованиям ГОСТа 32940-2014 и ТР ТС 033-2013.

Аналитически обоснована и экспериментально подтверждена эффективность использования в качестве функциональных компонентов пищевых волокон «Цитри-Фай»; закваски ВУ700, состоящая из чистых культур *L. bulgaricum*, *Str. thermophilus* и бифидобактерий ВВ-12; амарантового масла, содержащего до 10 % сквалена, витамин Е, кальций, фосфолипиды, комплекс полиненасыщенных жирных кислот.

Заключение. Определены биотехнологические аспекты инновационной технологии обогащенного мягкого козьего сыра. Изучены его органолептические, химические, микробиологические показатели. Результаты определения жирных кислот в новом продукте подтверждают его биологическую и пищевую ценность. Новизна технического решения биотехнологии обогащенного мягкого козьего сыра отражена в заявке на получение патента РФ. Новая технология прошла промышленную апробацию на молочных предприятиях Алтайского края.

Ключевые слова: козье молоко, козий сыр, жирные кислоты, пробиотические свойства, пищевая, биологическая ценность.

Abstract. The article presents a scientific justification for the relevance of research on the use of goat's milk in the technology of enriched soft cheeses for specialized nutrition.

Materials and methods, results and discussion. The main object of experimental research is the milk of Zaanen goats from farms in the Altai territory. The study of physical and chemical properties of goat's milk allows us to consider it a biologically complete milk raw material that meets the requirements of GOST 32940-2014 and TR CU 033-2013.

Analytically justified and experimentally confirmed the effectiveness of use as functional components of dietary fiber "Citri-FAI"; kvass BY700, consisting of pure cultures of *L. bulgaricum*, *Str. thermophilus* and *Bifidobacterium* BB-12; amaranth oil containing up to 10% squalene, vitamin E, calcium, phospholipids, a complex of polyunsaturated fatty acids.

Conclusion. Biotechnological aspects of innovative technology of enriched soft goat cheese are defined. Its organoleptic, chemical, and microbiological parameters were studied. The results of the determination of fatty acids in the new product confirm its biological and nutritional value. The novelty of the technical solution for the biotechnology of enriched soft goat cheese is reflected in the application for a patent of the Russian Federation. The new technology has passed industrial testing at dairy enterprises in the Altai territory.

Key words: goat's milk, goat's cheese, fatty acids, probiotic properties, nutritional, biological value.

Introduction. It is important to emphasize that in modern conditions, the use of the achievements of science and technology, biotechnology, innovative directions have made it possible to create a new generation of both traditional and functional (fortified) and specialized food products. The implementation of modern technological solutions in their development is impossible without the use of food additives, flavorings, technological aids, physiologically functional ingredients [1].

A promising area is to expand the production of functional and specialized milk-based products enriched with probiotic microorganisms in accordance with GOST 32923-2014 "Fermented milk products enriched with probiotic microorganisms. Technical conditions" [2] as part of the implementation of recommendations on rational consumption of products that meet modern requirements for healthy nutrition (Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 614 dated August 19, 2016) in accordance with the action plan to promote import substitution in agriculture (cl. 16 of the "road map" of the Order of the Government of the Russian Federation No. 1948-r dated 02.10.2014) [3]. The limiting factor of this process is the insufficient amount of raw cow milk (GOST 31449-2013) produced in Russia.

Cheese making is one of the segments of the dairy market that continues to grow steadily. In 2018, the Altai Territory was the leader in production, this is facilitated by the import substitution policy. According to the speech of the Minister of Agriculture of the Republic of Bashkortostan, the republic has developed a program for the development of the dairy industry until 2020 and in the period until 2030 with the intention of becoming the cheese capital of Russia. Currently, the largest cheese-making enterprise in Bashkiria is the Belebey Dairy Plant, which produces a wide range of high quality gourmet cheeses [4, 5, 6].

This became possible due to the following factors:

- equipping the enterprise with the most modern equipment at the expense of investments of companies that own a controlling stake;
- our own farms, which produce raw milk;
- waste-free production with the processing of cheese, curd whey and buttermilk formed in the process of dairy production at the enterprise.

At present, all age groups of the population in Russia, including the new generation, strive for a "healthy life-style" and care more about their nutrition, the demand for healthy food is growing.

In 2019, Rospotrebnadzor, within the framework of the national project "Demography", begins activities related to the transition to a healthy diet. The RF Government has prepared a draft law on the "ideology of healthy eating". It will legislatively establish the concepts of healthy eating and the requirements for it. For this, the Federal Law on the Quality and Safety of Food Products will be conceptually revised.

In the minds of both foreign and Russian consumers, high-protein dairy products such as cheese are strongly associated with health benefits. It should be noted that goat breeding is becoming more and more popular in Russia every year. Large industrial and pedigree farms have appeared, medium and small peasant (farm) farms are actively developing, the breed diversity of goats is growing [7]. A new Russian trend is the passion for goat milk and its processed products [8].

Considering the above, it should be noted that the Government of the Russian Federation has recently developed a number of documents and projects designed to improve the quality of life of the population, including by correcting nutrition and organizing the production of healthy, functional and specialized products:

- the doctrine of food security of the Russian Federation was approved on January 30, 2010 by Presidential Decree No. 120;
- the fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition of the population for the period until 2020, approved by the Order of the Government of the Russian Federation of October 25, 2010 No. 1873-r;
- the strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030, approved by the order of the Government of the Russian Federation of June 29, 2016 No. 1364-r [9].

The effective implementation of these program documents, as well as the state program of the Russian Federation "Scientific and technological development of the Russian Federation" [10] makes it relevant to conduct research on the creation of technologies of fortified soft cheeses based on goat milk for specialized nutrition.

The purpose of the research is the development of innovative biotechnology of fortified soft cheese based on goat milk for specialized nutrition.

Materials and methods. The main object of the research is the milk of goats of the Saanen breed, produced on the farms of the Altai Territory. Technically necessary and functional ingredients in accordance with GOST 32940-2014:

- BY700 starter culture, consisting of pure cultures of *Lactobacillus bulgaricum*, *Streptococcus thermophilus* and BB-12 bifidobacteria;
- enzyme preparation "Kalase 150";
- dietary fiber "Citri-Fay";
- amaranth oil according to the current regulatory documentation.

Experimental production of soft cheese based on goat milk was carried out in 3-fold replication in the pilot production workshop of the International College of Cheese Making (Barnaul). The studies used standard methods. Physicochemical and biochemical parameters of goat milk of soft cheeses, produced on its basis, were determined in the laboratory of technochemical control of the FGANU VNIMI (Moscow). Experimental data processing was carried out using standard software packages "Math CAD - 14 Professional".

Results and discussion. Goat milk is biologically complete milk raw material. Physicochemical parameters of goat milk used to make soft cheese are shown in Table 1.

Table 1

Basic physical and chemical indicators of goat milk

Indicator name	Actual values	SD for methods of analysis
Mass fraction of fat, %	4,30	GOST 5867-90
Moisture content, %	87,74	GOST P 54688-2011
Mass fraction of dry substances, %	12,26	GOST 3626-73
Mass fraction of total protein, %	2,94	GOST 23327-98
including Whey protein content, %	0,77	GOST P 54756-2011
Casein protein content, %	1,86	ISO/SD 17997-1 / IDF 29-1
Total nitrogen content, %	0,461	GOST 23327-98
Non-protein nitrogen content, %	0,0490	GOST P 55246-2012
Mass fraction of true protein, %	2,63	Calculation method
Urea content, mg %	57,90	GOST P 55282-2012
Mass fraction of lactose, %	4,35	GOST P54667-2011
Acidity, ° T	19,30	GOST 3624-92
Density, kg / m	1027,00	GOST 3625-84

Analysis of the indicators of goat milk, presented in table 1, allows us to consider them to be in accordance with the standard of GOST 32940-2014 and the requirements of TR CU 033/2013.

Based on analytical studies, functional components have been identified to increase the nutritional and biological value of a new product, as well as to form its probiotic properties.

The introduction of dietary fibers "Citri-Fay" into goat milk promotes the preservation of goat milk proteins during pasteurization, which are hypoallergenic and easily absorbed by the human body of any age from a child to an elderly person. Dietary fiber also serves as a prebiotic for a starter culture consisting of pure cultures of *S. thermophilus* and *L. bulgaricum*, bifidobacteria BB-12, and increases the probiotic properties of the product.

The use of amaranth oil, which contains up to 10% squalene of the total mass, vitamin E, calcium, phospholipids, a complex of polyunsaturated fatty acids (linoleic, palmitic, stearic, oleic, linoleic) has a positive effect on the nutritional and biological value of soft cheese based on goat milk.

The acid-rennet method of coagulation with the use of the enzyme preparation "Kalase 150" contributes to a more complete release of proteins, including whey proteins containing essential amino acids, increases the biological value of the resulting soft cheese, and increases its yield.

The biotechnological aspects of the innovative technology of fortified soft cheese based on goat milk are as follows.

The goat milk is heated to a temperature of $(45 \pm 5) ^\circ \text{C}$, mixed with food fibers "Citri-Fay" of medium grinding in the amount of 0.1%, amaranth oil in the amount of 2.5% of the goat milk weight, mix thoroughly. Pasteurization is carried out at a temperature of $72-74 ^\circ \text{C}$ for 5-10 minutes, homogenization, cooled to a temperature of $(35 \pm 1) ^\circ \text{C}$. The resulting mixture is supplemented with BY700 starter culture on pure cultures of *S. thermophilus* and *L. bulgaricum*, as well as BB-12 bifidobacteria, calcium chloride at the rate of 200 g per 100 l of goat milk in the form of a 40% solution,

enzyme preparation "Kalase 150" in an amount (20 ± 5) ml per 100 l of goat milk. The clotting time of the normalized mixture is (32 ± 2) min. Whey is removed up to 60%, salted with table salt in an amount of 2.0% of the weight of the cheese grain, it is distributed in a group form for molding and self-pressing for 2.5-3.0 hours. Then the soft cheese is dried at a temperature of (15 ± 2) ° C and packed in (190 ± 2) g in individual plastic forms and sent to the storage chamber at a temperature of (10 ± 2) ° C and air humidity 80-82%.

Table 2 shows the organoleptic characteristics of soft cheese.

Table 2

Organoleptic characteristics of soft goat cheese

Indicator	Characteristic
Taste and smell	Sour milk, with a slight aftertaste of goat milk
Consistency	Moderately plastic homogeneous
Color	Light cream

Analysis of the data given in Table 2 shows that soft cheese made on the basis of goat's milk is distinguished by high organoleptic characteristics.

Table 3 shows the chemical and microbiological characteristics of soft goat cheese.

Table 3

Chemical and microbiological indicators of soft goat cheese

Indicator name	Value
Moisture content, %	$60,0 \pm 0,5$
Mass fraction of fat, calculated on dry matter, %	$45,0 \pm 1,0$
The amount of probiotic microflora, not less, CFU / g	10^8 10^7

Analysis of the data in Table 3 shows that in terms of the amount of probiotic microflora, soft goat cheese meets the requirements of GOST R 52349-2005 (Amendments 1 and 2), i.e. is a product with high levels of probiotic microflora.

The use of amaranth oil made it possible to increase the amount of polyunsaturated fatty acids - oleic and linoleic acids in soft cheese, which increases its biological and nutritional value.

The fatty acid content of soft goat cheese with amaranth oil is shown in Table 4.

Table 4

Fatty acid content in fortified soft goat cheese

Fatty acid composition		
FAME Ratio		Fortified Soft Goat Cheese
1	2	3
LCD name	LCD Index	g/100 g LCD
oil	4:0	2,43
valerian	5:0	0,03
nylon	6:0	2,51
enante	7:0	0,04
caprylic	8:0	2,92
pelargon	9:0	0,09
capric	10:0	9,72
decene	10:1	0,35
undecane	11:0	0,14
lauric	12:0	4,93
tridecane	13:0	0,12
myristic	14:0	2,14
myristoleic	14:1	0,52
iso-pentadecanoic	15:0i	0,20
antheiso-pentadecane	15:0ai	0,33
pentadecane	15:0	0,91
pentadecene	15:1	0,23

palmitic	16:0	1,23
hexadecene	16:1	0,39
palmitoleic	16:1 9- cis	1,33
margarine	17:0	0,61
heptadecene	17:1	0,30
stearic	18:0	6,46
elaidinic	18:1 9- trans	1,97
oleic	18:1 9- cis	25,32
vaccene	18:1 11- trans	0,32
octadecene	18:1 11- cis	0,47
iso-octadecene	18:1i	0,35
cis, trans linoleic	18:2 9- cis, 12- trans	0,79
linoleic	18:2	31,61
α -linolenic	18:3	0,78
parinar	18:4	0,77
arachidic	20:0	0,21
gondoinic	20:1	0,25
behenic	22:0	0,10
lignoceric	24:0	0,04

Conclusions. On the basis of analytical and experimental research results, a scientific justification was given for the use of such functional ingredients as BY700 sourdough culture for the enrichment of soft cheese based on goat milk, on pure cultures of *L. bulgaricum*, *Str. thermophilus* and bifidobacteria BB-12, Citri-Fai dietary fiber, amaranth oil - a source of polyunsaturated fatty acids and squalene.

Biotechnological parameters of production of a new type of fortified soft goat cheese have been experimentally determined.

The novelty of the technical solution for the biotechnology of the new product is reflected in the application for a patent of the Russian Federation "Method for the production of soft cheese" No. 026653 (a positive decision was received).

The technology of soft goat cheese has passed industrial testing at dairy enterprises in the Altai Territory, which makes it possible to recommend it for both mass and specialized nutrition.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нечаев А.П. Развитие производства и рынка пищевых ингредиентов в России / А. П. Нечаев, С.В. Краус // Продовольственная независимость России: В 2 т. Т. 2 / Под ред. А.В. Гордеева. – ООО «Технология ЦД». – М., 2016. – С. 398-416.
2. Ганина В.И. К вопросу о функциональных продуктах питания / В.И. Ганина, И.И. Ионова // Молочная промышленность. – 2018. – № 3. – С. 44-46.
3. Тихомирова Н.А. Формирование ассортимента и планирование объемов производства отечественной молочной продукции / Н.А. Тихомирова // Молочная промышленность. – 2017. – № 5. – С. 24-25.
4. Рыбалова Т.И. Сыроделие и маслоделие: итоги 2018 г. / Т.И. Рыбалова // Сыроделие и маслоделие. – 2019. – № 1. – С. 4-8.
5. Линкевич Е.Т. Изучение технологических аспектов производства копченых полутвердых сыров / Е.Т. Линкевич, И.Р. Зарипов // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 1. – С. 12-15.
6. Гаврилова Н.Б. Технология полутвердого сыра «Премиум» / Н.Б. Гаврилова, В.А. Логинов, Е.Т. Линкевич // Сыроделие и маслоделие. – 2013. – № 1. – С. 14-15.
7. Темербаева М.В. Использование молока различных сельскохозяйственных животных для производства ферментированных продуктов / М.В. Темербаева, Н.Б. Гаврилова, Е.А. Молибога // Молочная промышленность. – 2018. – № 10. – С. 46-48.
8. Рыбалова Т.И. Тренды и особенности потребительского поведения на молочном рынке / Т.И. Рыбалова // Сыроделие и маслоделие. – 2019. № 5. – С. 25-28.
9. Раева Н.Р. Качество и безопасность пищевой продукции изменения в санитарном законодательстве / Н.Р. Раева // Молочная промышленность. – 2019. – № 9. – С. 10-12.
10. Постановление Правительства РФ от 29 марта 2019 г. № 377 – Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации».

REFERENCES

1. Nechaev A.P. Razvitie proizvodstva i rynka pishchevyykh ingredientov v Rossii / A. P. Nechaev, S.V. Kraus // *Prodovol'stvennaya nezavisimost' Rossii: V 2 t. T. 2 / Pod red. A.V. Gordeeva.* – ООО «Tekhnologiya CD». – M., 2016. – S. 398-416.
2. Ganina V.I. K voprosu o funktsional'nykh produktakh pitaniya / V.I. Ganina, I.I. Ionova // *Molochnaya promyshlennost'.* – 2018. – № 3. – S. 44-46.
3. Tihomirova N.A. Formirovaniye assortimenta i planirovaniye ob'yomov proizvodstva otechestvennoy molochnoy produktsii / N.A. Tihomirova // *Molochnaya promyshlennost'.* – 2017. – № 5. – S. 24-25.
4. Rybalova T.I. Syrodeliye i maslodeliye: itogi 2018 g. / T.I. Rybalova // *Syrodeliye i maslodeliye.* – 2019. – № 1. – S. 4-8.
5. Linkevich E.T. Izucheniye tekhnologicheskikh aspektov proizvodstva kopchyonykh polutvyordykh syrov / E.T. Linkevich, I.R. Zaripov // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyykh proizvodstv.* – 2013. – № 1. – S. 12-15.
6. Gavrilova N.B. Tekhnologiya polutvyordogo syra «Premium» / N.B. Gavrilova, V.A. Loginov, E.T. Linkevich // *Syrodeliye i maslodeliye.* – 2013. – № 1. – S. 14-15.
7. Temerbaeva M.V. Ispol'zovaniye moloka razlichnykh sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh dlya proizvodstva fermentirovannykh produktov / M.V. Temerbaeva, N.B. Gavrilova, E.A. Moliboga // *Molochnaya promyshlennost'.* – 2018. – № 10. – S. 46-48.
8. Rybalova T.I. Trendy i osobennosti potrebitel'skogo povedeniya na molochnom rynke / T.I. Rybalova // *Syrodeliye i maslodeliye.* – 2019. № 5. – S. 25-28.
9. Raeva N.R. Kachestvo i bezopasnost' pishchevoy produktsii izmeneniya v sanitarnom zakonodatel'stve / N.R. Raeva // *Molochnaya promyshlennost'.* – 2019. – № 9. – S. 10-12.
10. Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 29 marta 2019 g. № 377 – Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Nauchno-tekhnologicheskoye razvitiye Rossiyskoy Federatsii».

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Гаврилова Наталья Борисовна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры продуктов питания и пищевой биотехнологии; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный аграрный университет», тел. 8-905-943-56-67, e-mail: nl.chernopolskaya@omgau.org

Gavrilova Natalia Borisovna, doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Food and Food Biotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin", phone: 8-905-943-56-67, e-mail: nl.chernopolskaya@omgau.org

Чернопольская Наталья Леонидовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры продуктов питания и пищевой биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный аграрный университет», тел. 8-908-316-50-89

Chernopolskaya Natalia Leonidovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Food and Food Biotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin", phone: 8-908-316-50-89

Щегинина Елена Михайловна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технология продуктов питания», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова», 8-923-645-21-49

Shchetinina Elena Michailovna, PhD in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Altai State Technical University named after I. I. Polzunov", 8-923-645-21-49

Дата поступления в редакцию: 25.07.2020

После рецензирования: 23.08.2020

Дата принятия к публикации: 03.09.2020

Д. Р. Зяйнитдинов [D. R. Zainutdinov]
 А. В. Евтеев [A. V. Evteev]
 А. В. Банникова [A. V. Bannikova]

УДК 664.2:636

ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ И ПРЕБИОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КСИЛОЛИГОСАХАРИДОВ И ПОЛИФЕНОЛОВ ИЗ ВТОРИЧНЫХ БИОПРОДУКТОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

STUDY OF ANTIOXIDANT AND PREBIOTIC PROPERTIES OF XYLOOLIGOSACCHARIDES AND POLYPHENOLS FROM SECONDARY BIOPRODUCTS OF CEREALS

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», г. Саратов, Россия,
 e-mail: annbannikova@gmail.com | Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia,
 e-mail: annbannikova@gmail.com/

Аннотация: предложены новые биотехнологические подходы к переработке зерновых субпродуктов в функциональные пищевые концентраты: пищевые волокна, полифенолы и ксилолигосахариды (КСОС). В работе показана комплексная биотехнология биотрансформации овсяных, пшеничных и ржаных отрубей в функциональные ингредиенты, обладающие антиоксидантными и пребиотическими свойствами.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. Количество белка определяли по методу Кьельдаля, углеводов и золы – по стандартным методикам, ХОС-с помощью тонкослойной хроматографии. Экстракты были исследованы на предмет их продувочного действия на свободнорадикальную активность дифенил-2-пикрилгидразила (ДППГ). Изучение пребиотической активности проводили путем культивирования *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium bifidum* на стандартных питательных средах с добавлением обезжиренного молока, КСО и смеси биологически активных веществ (КСО и полифенолов).

Полученные концентраты биологически активных веществ (БАВ), помимо полифенолов, содержание которых достигало 67% от общего количества в овсяных отрубях, также включают: белки до 6,9%, углеводы до 80,7%, в том числе КСО - от 35,3% до 71,5% и золу 11,3%. Полученные данные свидетельствуют о высокой антиоксидантной активности экстрактов полифенолов. Различия в антиоксидантной активности между различными способами экстракции связаны прежде всего с полнотой экстракции и стабильностью экстрагируемых фенольных соединений.

Результаты исследования по изменению антиоксидантной активности полифенольного концентрата при хранении не выявили изменений в течение 8 месяцев. Изучение динамики роста *L. acidophilus* и *B. bifidum* на средах с ХОС подтверждает наличие пребиотических свойств и их селективность. Отмечено, что накопление биомассы пребиотических культур происходит быстрее на КСОС и лактулозе, по сравнению с молоком.

Выводы. Таким образом, подтверждена целесообразность биотехнологии превращения зерновых отрубей в функциональные ингредиенты, что в дальнейшем позволит использовать их в новых технологических решениях с бифидогенными свойствами.

Ключевые слова: полифенолы, пребиотики, Ксилолигосахариды, вторичные продукты переработки зерна.

Abstract: Novel biotechnological approaches are suggested for the processing of cereal by-products into functional food concentrates: dietary fiber, polyphenols and xylooligosaccharides (XOS). The study shows a complex biotechnology of oat, wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients with antioxidant and prebiotic properties.

The amount of protein was determined using the Kjeldahl method, carbohydrates and ash were determined according to the standard methods, XOS – using the thin layer chromatography. Extracts were examined for their scavenging effect on the diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free-radical activity. The study of prebiotic activity was performed by cultivating of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* on standard nutrient media with the addition of skim milk, XOS and mixture of biologically active substances (XOS and polyphenols).

The resulting biologically active substances concentrates (BAS), in addition to polyphenols, whose content reached 67% of the total amount in oat bran, also include: protein up to 6.9%, carbohydrates up to 80.7% including XOS - from 35.3% to 71.5% and ash 11.3%. Obtained data indicating a high antioxidant activity of extracts of polyphenols. Differences in antioxidant activity between different methods of extraction are associated primarily with the completeness of extraction and the stability of the extracted phenolic compounds.

The results of the study on the change in the antioxidant activity of polyphenol concentrate during storage did not reveal changes within 8 months. The study of the growth dynamics of *L. acidophilus* and *B. bifidum* on a media with XOS confirm the presence of prebiotic properties and their selectivity. It is noted that the accumulation of biomass of prebiotic cultures occurs faster on XOS and lactulose, as compared to milk.

Thus, the feasibility of biotechnology for transforming cereal bran into functional ingredients has been confirmed, which will further allow them to be used in new technological solutions with bifidogenic properties.

Key words: Polyphenols, Prebiotics, Xylooligosaccharides, Secondary products of grain processing.

1. Introduction. The modern concept of a healthy diet assumes increasing of the food products biological value by introducing natural functional ingredients. Balanced functional food products included in the diet not only provide human body with plastic material and energy, but also control specific physiological functions and contribute to the maintaining of health by reducing the risk of diseases [1, 3, 10]. Secondary products of grain processing are rich sources of functional ingredients, biotransformation of which made it possible to obtain a number of biologically active substances of different chemical nature with a wide range of physiological effects [19-20]. The antioxidant components in grains are mainly phenolic compounds including ferulic, protocatechuic, sinapinic, vanillic, p-hydroxybenzoic, and p-coumaric acids distributed in the bran fractions. The most of phenolics in bran are insoluble and are bound by ester and ether linkages with polysaccharides, such as arabinoxylan and lignin in the cell wall [11-13].

Polyphenols binds free iron thus dramatically reducing the amount of iron involved in oxidative reactions and affecting the rate of carcinogenesis [1-2]. The antioxidant effects of polyphenols have been recognized in various experimental models of heart attack, pneumonia and ulcers the stomach. The protective role of phenolic compounds against peroxidation colon lipids associated with high levels of active iron has been proven through experimental studies in rats, mice and pigs [11].

Besides polyphenols, cereals bran contains xylan polysaccharides that can be converted into the xylooligosaccharides (XOS). XOS selectively stimulate the growth of probiotic microorganisms. Numerous studies of XOS have shown the diversity of their biological properties, such as prebiotic, mitogenic, antioxidant, antiinflammatory, and anti-hyperlipidemic activities [17-18].

The present study refers to the development of the complex technology of secondary raw materials processing by biotransformation of oat bran polymeric complex using ultrasound and enzymes resulting in production of functional ingredients. The issue of prebiotics and antioxidants production using effective techniques is of concern. It will then evaluate their chemical composition, antioxidant and prebiotic activities in comparison with the XOS from wheat and rye.

Materials and methods. Materials. To obtain oat bran the "Tyumen golozerniy" variety of oat was selected. The oat bran used in the experiment was evaluated according to the regulatory and technical documents for their quality.

Enzyme preparations were supplied by Sigma Aldrich: α -amylase from *Bacillus subtilis* (2000 U/g), glucoamylase from *Aspergillus awamori* (6000 U/g), protease from *Bacillus subtilis* (70 U/g), Viscozyme L cell wall degrading enzyme complex from *Aspergillus sp.*, lysing Enzyme from *Aspergillus sp.* with a number of activities (β -glucanase – 100 U/g, xylanase – 50 U/g, cellulase – 70 U/g, pectinesterase – 40 U/g, and feruloesterase).

Pure cultures of *Bifidobacterium bifidum* and *Lactobacillus acidophilus* were obtained from the museum of Department of Microbiology and Biotechnology of Saratov State Agrarian University.

Analytical reagents were obtained from BDH Chemicals (Poole, England). All reagents were used without further purification.

Experimental analysis. Phenolic determination. Total phenolic content (TPC) was estimated with the Folin-Ciocalteu method with some modifications [3, 4]. Briefly, 0.2 mL of each sample was added to 0.8 mL of a freshly prepared Folin-Ciocalteu reagent (diluted to 1:10 v/v with milliQ water) for oxidation. After incubation for 10 min, 2 mL sodium carbonate (7.5 g/100 mL) was added to neutralize the solution. Next, 7 mL milliQ water was added, vortex mixed, and allowed to stand for 2 hr at ambient temperature in the absence of light. A UV-vis spectrophotometer (Lambda 35, Perkin Elmer, Singapore) was used to record the sample absorption at 720 nm. The content of polyphenol compounds in the extracts was calculated from a calibration curve which was constructed with series of water concentrations of a tannin standard obtained from Sigma Aldrich (CAS 1401-55-4). Prior to analysis, the calibration curve was constructed using quercetin.

Xylooligosaccharides (XOS) and polyphenols preparation. For physical extraction, the crushed cereals were dissolved in distilled water at a ratio of 1 to 10 and homogenised for minutes using an ULAB US-4102 homogenizer at 6000 rpm. Then, the suspension was subjected to ultrasonic treatment (35 kHz, 30 min, temperature 50 °C) (Chen, Zhao, & Yu, 2015). The sample was kept at 55 °C for 3.5 h resulting in increasing of solubility and, if possible, depolymerisation of a portion of the arabinoxylans contained in bran, and heated at 50 - 70 °C which leads to its gelatinization, destruction of the native structure and swelling of starch grains. The hydrolyzate was centrifuged (4000 rpm for 20 minutes), and the supernatant was separated. The precipitate was washed with distilled water and centrifuged under the same conditions for three times. Then, the precipitate was rehydrolyzed, homogenized and subjected to ultrasound treatment (35 kHz, 60 minutes, temperature 60 °C). The resulting suspension was kept at 55 °C for 3.5 hours. Next, the hydrolysate was centrifuged (4000 rpm for 20 minutes), and the supernatant was separated. The precipitate was washed with distilled water three times and centrifuged under the same conditions. Next, carry out the extraction of residual amounts the alcohol was (the ratio of precipitate to alcohol as 1: 1). This was homogenized, subjected to ultrasound (35 kHz, 30 min, 30 °C) and centrifuged. The supernatant was concentrated at a final humidity of $30 \pm 2\%$ (w/w) thus obtaining a concentrate of biologically active substances (BAS).

To perform chemical extraction, the pre-crushed bran was subjected to hydration in a 0.2 M aqueous solution of hydrochloric acid in a ratio of 1:10 and subsequent homogenization for 30 minutes. The resulting suspension was kept for 60 min at 55 °C. Then the supernatant was separated by centrifugation (4000 rpm for 20 minutes), and precipitate was washed with distilled water and centrifuged under the same conditions. The supernatants were combined and dried to obtain the carbohydrate - protein concentrate, the residue of the acid was neutralized with sodium carbonate. Distilled water was added to the insoluble precipitate and adjusted to pH 4.0 with acetic acid. Then, sodium chloride was added, and the resulting suspension was kept for 8 hours at 55 °C. Upon completion of this process, the hydrolyzate was centrifuged, and the supernatant is separated. The precipitate was washed three times with distilled water, and the supernatant layer was separated by centrifugation, concentrated to a final moisture content of $30 \pm 2\%$ (w/w).

In the enzymatic extraction method, the crushed bran was treated with α -amylase (0.01% by weight of bran) and glucoamylase (0.006% by weight of bran) in acetate buffer solution (pH 5) and homogenized. The resulting suspension was kept at 55 °C for 3.0 hours. In 2.5 hours the protease (0.005% by weight of bran) was introduced into a sample. At the end of the hydrolysis process, the resulting suspension was heated to 100 ± 2 °C for 10 minutes to inactivate the enzymes. The liquid phase was separated by centrifugation, and the precipitate was washed three times with distilled water and centrifuged again. Solid precipitate was subjected to enzymatic hydrolysis in acetate buffer (pH = 4) which contain hemicellulase, xylase and cellulose activities enzymes with amylolytic activity of 4000 units/g (0.002% to bran mass) for 4.5 hours at 55 °C. At the end of the extraction, the enzymes were inactivated by boiling them for 10 min followed by centrifugation. As before, the supernatant was obtained and concentrated to a final humidity of $30 \pm 2\%$ (w/w).

For separating polyphenols and XOS, the BAS concentrate was treated with ethanol (98%) in a ratio of concentrate/ethanol being 1:3. Centrifugation at 5000 rpm for 25 minutes allows to fully separate the fractions in two independent media. The supernatant that consists phenolic compounds was concentrated to a final moisture content of 30% (w/w) and then dried to a final humidity of $8 \pm 1\%$ (w/w). The polyphenol concentrate was a crystalline powder of light - yellow or light - brown color with vanilla-grain odour. The XOS precipitated with ethanol are likewise subjected to drying to a final moisture content of $8 \pm 1\%$ (w/w). This was a finely dispersed powder of light brown colour with a slight grainy odour.

Antioxidant activity determination. Extracts were examined for their scavenging effect on the diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free-radical activity. In doing so, ethanol solution of DPPH (0.05 mM) (300 mL) was added to 40 mL of extract at different concentrations (0.02 - 2 mg/mL). Ethanol 96% (2.7 mL) was added and the mixture was shaken vigorously. It was left to stand for 5 min and absorbance was measured spectrophotometrically at 517 nm. Ethanol was used to set the absorbance to zero. A blank sample containing the same amount of ethanol and DPPH was also prepared. All determinations were performed in triplicate. The radical scavenging activity of the tested samples, expressed as percentage of inhibition, was calculated according to the following equation [2, 3]:

$$\text{Percent (\%) inhibition of DPPH activity} = [(AB - AA) / AB] \times 100 \quad (1)$$

where, AA and AB are the absorbance values of the test and of the blank sample, respectively. A percent inhibition *versus* concentration curve was plotted and the concentration of each test solution required for 50% inhibition was determined and represented as the IC50 value.

Prebiotic activity determination was carried out using *Lactobacillus acidophilus* (*L. acidophilus*) and *Bifidobacterium bifidum* (*B. bifidum*). The preparation of the inoculum of the microorganism *L. acidophilus* was carried out by introducing dry biomass into sterile skimmed milk and cultured for 48 hours at a temperature of $37 \pm 1^\circ \text{C}$ for biomass accumulation. To obtain the inoculum of *B. bifidum* culture was placed on MRS which contains 10 g of peptone, 20 g of yeast extract, 20.0 g glucose, 1.0 g twin 80, 2.0 g of potassium phosphate dibasic, 5.0 g sodium acetate, 2.0 g of triammonium citrate, 0.2 g of magnesium sulfate, 0.05 g of manganese sulfate ($\text{MnSO}_4 \times 4\text{H}_2\text{O}$) and topped with meat water in a volumetric flask with a capacity of 1000 cm^3 . The components were dissolved by heating in a water bath and the pH was adjusted to 6.2 ± 0.1 at 25°C . Then the medium was sterilized at a temperature of $121 \pm 1^\circ \text{C}$ for 15 minutes. The tubes with the nutrient medium were stored at a temperature of $4 \pm 1^\circ \text{C}$ for no more than 30 days. Next, the strains of microorganisms were sown on the medium and left for 48 hours at a temperature of $37 \pm 1^\circ \text{C}$ for biomass accumulation. Cultivation of prebiotic cultures was carried out on standard media with the addition of the studied prebiotics (XOS and a mixture of biologically active substances consisting of XOS and polyphenols) at the rate of 2% mass fraction in the culture fluid for 72 hours. Standard nutrient medium with the addition of lactulose and skim milk was used as a control. The mass fraction of starter culture was 2%. Cultivation was carried out at a temperature of $37 \pm 1^\circ \text{C}$.

To determine the number of microbial cells the dilutions of *L. acidophilus* were prepared up to 10^{15} . From each of the last three dilutions, 1 cm^3 was added to two parallel tubes with sterile skim milk and cultured at $37 \pm 1^\circ \text{C}$ for 72 hours. At the expiration of time in the test tubes, the formation of a clot was observed which indicates that the maximum accumulation of biomass was attained, and the colonies were counted. The number of microbial cells of *B. bifidum* was determined by sowing 1 cm^3 of ten-fold dilutions from 10^8 to 10^{13} of product in test tubes with semi-liquid thioglycolic medium of the following composition (g/l): casein peptone - 15.0; yeast extract - 5.0; glucose - 5.5; L-cystine 0.5; sodium chloride - 2.5; sodium thioglycolate - 0.5; resazurin sodium - 0.001; agar-agar - 0.75. After incubating the cultures at a temperature of $37 \pm 1^\circ \text{C}$ for 72 hours the colonies were counted as "cloves" in test tubes (Bannikova *et. al.*, 2019; Hsu *et. al.*, 2004).

The moisture content was determined using a moisture analyser Evlas 2M (Sigagropribor, Krasnoobsk, Russia), Loss-On-Drying Methods. Three grams of sample was loaded on an aluminium plate and heated to 103°C for 40 min. The averages of three values of moisture content were reported. Protein content was determined using a Kjeldahl method, fat – a Soxhlet extraction method. determination of soluble and insoluble dietary fiber using the enzymatic method (Bannikova *et. al.*, 2019; Sporning *et. al.*, 2005).

Qualitative and quantitative composition of XOS was determined using a thin layer chromatography on plates SORBFIL, size $10 \times 15 \text{ cm}$ with silica gel CTX - 1A. The mobile phase, n - propanol:ethyl acetate:distilled water as 6:1:3. The plates after elution were treated with a developer, a 50% aqueous solution of sulfuric acid and dried at a temperature of $120 \pm 1^\circ \text{C}$ for 5 min. Quantitative determination of XOS was performed using spectrophotometric method. For this, the areas of the sorbent corresponding to the zones of the carbohydrates under study were transferred to test tubes, 0.5 cm of aniline phthalate reagent was added and heated ($105\text{--}110^\circ \text{C}$, 1 hour). The reagent was prepared: 1.66 g of o-phthalic acid and 0.91 cm of aniline were dissolved in a mixture of 48 cm n-butanol, 48 cm of ether and 4 cm of water. The colored solution was cooled in a test tube and solid particles were dissolved, 4 cm of a mixture of concentrated hydrochloric acid and acetone (1:25) were added, kept for 1 h, centrifuged (8000 rpm, 15 min) and photometricized at a wavelength of 520 nm. The carbohydrate content in the sample was determined by the calibration curve constructed previously (Hsu *et. al.*, 2004; Ninfali, & Bacchiocca, 2003).

Separation and quantitative determination of extract were followed using HPLC apparatus "Stayer" (Akvilon, Russia) system column Phenomenex Luna 5u C18(2) ($250 \times 4.6 \text{ mm}$) (Fратиання *et. al.*, 2014).

All experiments were performed in triplicate with data statistical testing by ANOVA (one way, $p > 0.05$).

Results and discussion. Cereals extracts obtained using a combined biotransformation. Using the combined experimental techniques the chemical composition of BAS concentrate was investigated and presented in Table 1. It is observed that the BAS concentrate is rich in soluble fiber, other carbohydrates, and minerals. It contains protein - from 4.4% to 6.7%, carbohydrates - from 80.7% to 82.6% including XOS up to 71.5% and ash up to 10.9% depending on the extraction method. It was shown that extraction method does not reveal a sufficient influence on the physicochemical properties of BAS concentrates. At the same time, the concentrate is characterized as a good source of bioactives (XOS and polyphenols), especially from oat bran.

Table 1

The chemical composition of BAS concentrates from cereals, % in a dry matter

Method of extraction	Moisture	Protein	Ash	Carbohydrates		Polyphenols
				XOS	Residue carbohydrates	
Oat bran						
Physical extraction	31.2	6.7	10.9	35.3	45.3	1.0
Chemical extraction	30.6	6.3	10.5	60.4	22.2	0.7
Enzymatic hydrolysis	29.4	5.9	10.3	71.5	11.0	0.8
Wheat bran (Enzymatic hydrolysis)	30.0	4.4	7.3	49.4	8.4	0.5
Rye bran (Enzymatic hydrolysis)	30.0	4.6	7.5	51.4	5.9	0.6

The polyphenol concentrate contained up to 91% of polyphenols, 8% of carbohydrates, 2% of protein. The main component of polyphenols preparation was the ferulic acid (9,2 mg/ml for ultrasound, 8,6 mg/ml for the chemical extraction and 9,0 mg/ml for the enzymatic hydrolysis), which is in agreement to the previously reported findings from the literature [23]. During enzymatic processing under the action of enzymes with xylanase, cellulase and pectinesterase activity the processes of hydrolytic cleavage of XOS, arabinoxyloligosaccharides and partially cellulose with the release of bound polyphenols takes place [9].

Results indicate the predominance of xylooligosaccharides and xylooligosaccharides in XOS preparations from oat bran in a total amount of up to 42.4%. It is known that xylan carbohydrate oligomers exhibit a significant prebiotic effect among other xylooligosaccharides, which makes them an object of interest in terms of its application as an independent component for food products. The amount of extracted xylobiose is in accordance with the results obtained by Kiran and co-workers, who produced XOS from a mixture of cotton stalk, rice hull, wheat straw, corncob, and sunflower stalks [15].

Followed the production of polyphenols and XOS concentrates, the residue was separated. This was a non-fermentable bran cell matrix (dietary fibre concentrate) and can be used as an independent functional product or ingredient. The dietary fibre concentrate was a brown powder without taste and odour. The quantity of the main component reached up to 82.6% (Table 2) preferably in oat bran extracts.

Table 2

The chemical composition of dietary fiber concentrates from cereals, % in a dry matter

Method of extraction	Moisture	Protein	Ash	Starch	Dietary fiber
Oat bran					
Physical extraction	9.8	4.3	4.2	4.2	82.4
Chemical extraction	10.1	4.0	3.2	3.1	82.3
Enzymatic hydrolysis	9.7	5.0	3.0	2.4	82.6
Wheat bran (Enzymatic hydrolysis)	10.0	3.6	3.2	4.1	79.1
Rye bran (Enzymatic hydrolysis)	10.0	3.9	3.5	2.7	79.9

Application of the stepwise treatments allowed to fully separate all the resulting products, thus greatly facilitating the advanced processing. Upon consumption, there is an interest on prebiotic and antioxidant activities of the concentrates, and this will be examined in the next session for the XOS and polyphenols obtained with different methods of extraction.

Functional properties of XOS and polyphenols from cereals.

XOS is the hydrolysis product of xylan and substrate for colonic commensal bacterial population, acting as potential prebiotic. Its fermentation produces short chain fatty acids, improves gut epithelial health and regulates metabolic process. These oligosaccharides possess bound phenolics including ferulic acid, coumaric acid, thus imparting additional antioxidant effect and immunomodulatory activity [5, 7]. In this study prebiotic properties were established using the *L. acidophilus* and *B. bifidum*.

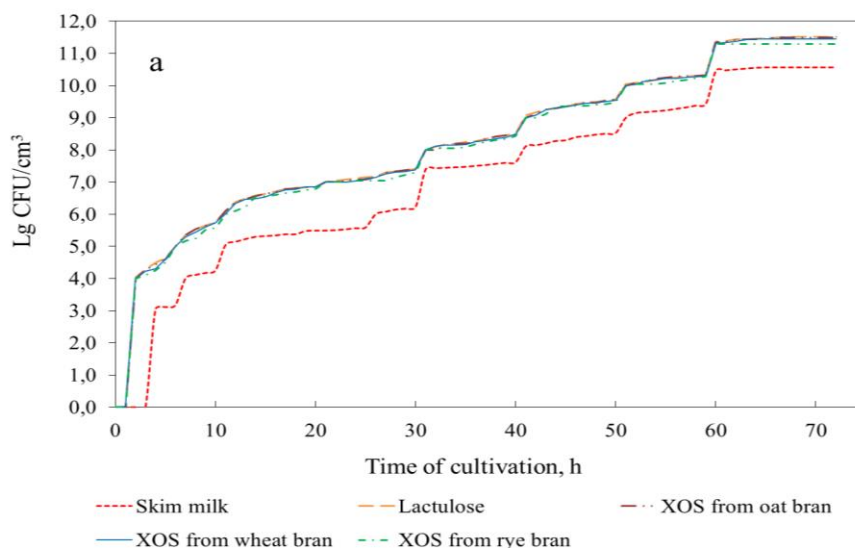
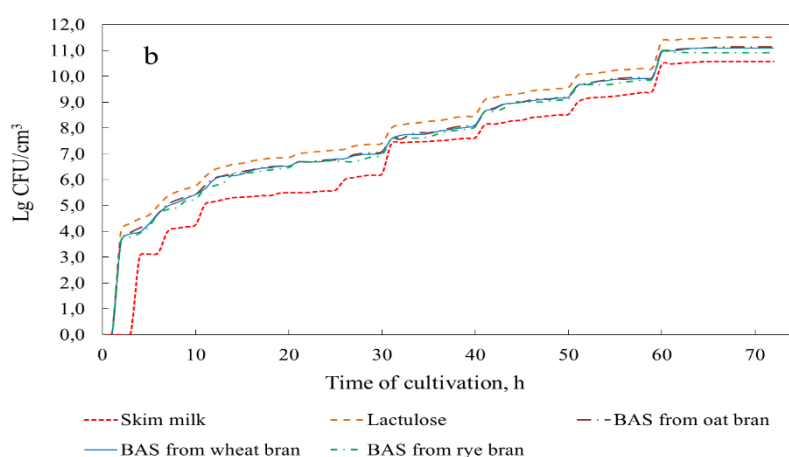


Fig. 1. The growth dynamics of *L. acidophilus* when cultivated on skim milk, lactulose, (a) XOS and (b) BAS mixture obtained with enzymatic hydrolysis

As can be seen in Figures 1 and 2, the active growth of *L. acidophilus* and *B. bifidum* was observed in the first 48 hours of cultivation. In the next 24 hours, there was a slight accumulation of microbial biomass, which reflects to the onset of stationary phase of growth of lactic acid microorganisms. According to the data in Figure 1, the number of *L. acidophilus* cells on the medium with the addition of the XOS preparation obtained by the chemical extraction method was 2.8×10^{11} CFU/cm³ on the third day of cultivation. This was on 2.4×10^{11} CFU/cm³ more than the number of colonies grown on skim milk. With further cultivation, the number of *L. acidophilus* cells did not increase. The number of colonies of *B. bifidum* on the third day of cultivation on the medium with the addition of XOS obtained by chemical extraction method was 1.9×10^{11} CFU/cm³ and BAS - 1.0×10^{11} CFU/cm³, which exceeds on 1.7×10^{11} and 8.5×10^{10} CFU / cm³, respectively, the number of colonies grown on skim milk (Figure 2). Further cultivation did not lead to an increase in the biomass of *B. bifidum*.

According to the Figure 1, the number of *L. acidophilus* cells on the medium with the addition of the XOS preparation obtained by ultrasound was 2.0×10^{11} CFU/cm³ on the third day of cultivation. This indicator was on 1.6×10^{11} CFU/cm³ more than the number of colonies grown on skim milk. Based on the experimental data (Figure 2), the number of *B. bifidum* colonies on the third day of cultivation on the medium with the addition of XOS was 1.7×10^{11} CFU/cm³, BAS - 9.3×10^{10} CFU/cm³, which on $1.5 \cdot 10^{10}$ and $7.8 \cdot 10^{10}$ CFU / cm³, respectively, exceeds the number of colonies grown on skim milk.



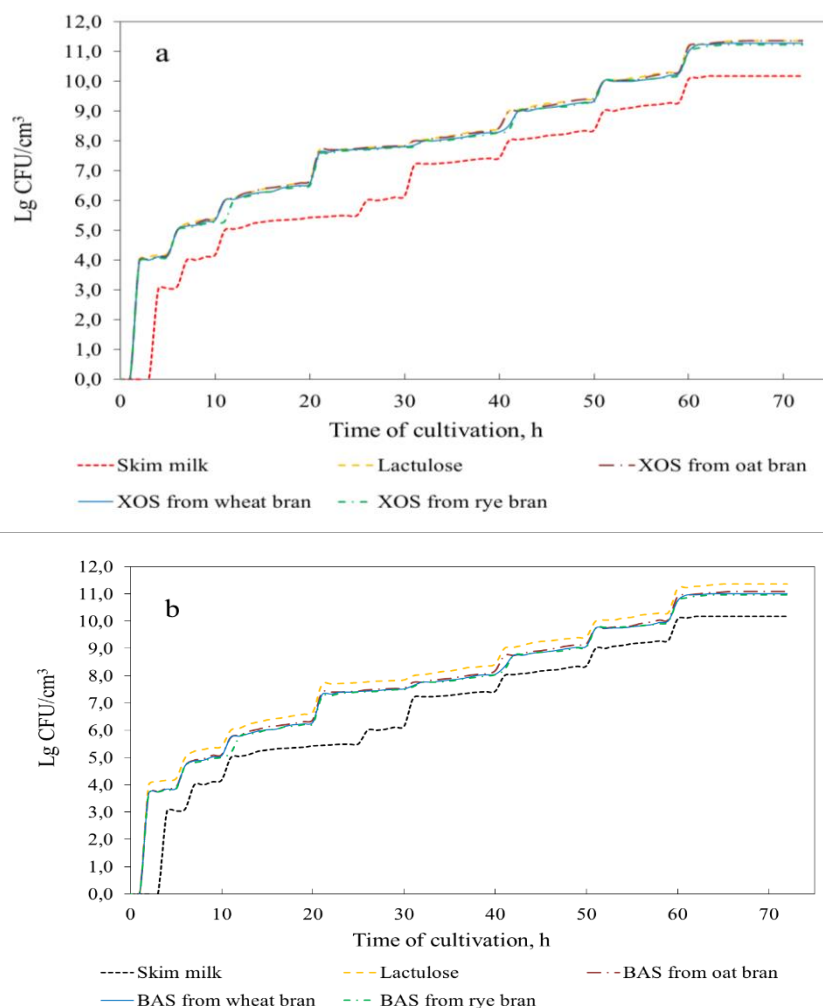


Fig. 2. The growth dynamics of *B. bifidum* when cultivated on skim milk, lactulose, (a) XOS and (b) BAS mixture obtained with enzymatic hydrolysis

It is noted that the accumulation of biomass of prebiotic cultures occurs faster when using nutrient media with the XOS and lactulose as compared to milk. A lower activity of cultures when using a BAS is associated with a lower concentration of XOS in it. Thus, XOS have a significant stimulating effect on the growth of prebiotic cultures of *L. acidophilus* and *B. bifidum*. At the same time, the number of cells grown on the medium with the addition of XOS was similar lactulose, a well-known prebiotic.

Recently, there were few reports on the antioxidant activity of oligosaccharides such as soya-oligosaccharides, XOS, etc, which could effectively be used to ameliorate stress [2, 6, 10]. Rats with streptozotocin induced diabetes, exhibited increased plasma concentration of antioxidant enzymes such as catalase and glutathione reductase while receiving XOS at 10% dietary concentration. The antioxidant activities of XOS are accompanied by reduced plasma glucose, cholesterol and creatinine levels in experimentally induced diabetes in rats. Consumption of high fat diet results in hyperlipidemia coupled with increased oxidative stress. Diet that contain 5% XOS is recorded to alleviate the symptoms of oxidative stress resulted from high fat diets. The supplementation of XOS in rats maintained on high fat diet reduced oxidized glutathione activity and increased the contents of reduced glutathione, superoxide dismutase, catalase, glutathioneperoxidase in serum, liver and heart [8]. The precise mechanism of action of XOS in reduction of adverse affects of oxidative stress is yet to be substantiated through scientific findings. The source of XOS also influences the antioxidant potentiality of the particular biomolecule. Antioxidant assay techniques (DPPH and FRAP assay) have shown that XOS from ragi bran at 10 μg exhibited antioxidant activity of 12% and reached up to 70% at 60 μg concentration indicating a higher antioxidant potential of XOS generated from rice, maize or wheat [16].

The antiradical activity of oat bran polyphenols of this study was determined by the DPPH method which is based on the reaction of a stable free radical of 2,2'-diphenylpicrylhydrazine with a mobile hydrogen atom or electron in

an alcohol solution of the test substance. This is further corroborated in Table 3 that summarizes the antioxidant activity of polyphenols following application of our experimental protocol.

Table 3

Antioxidant activity of polyphenols depending on their concentration

Concentration of polyphenols, mg/ml	Antioxidant activity, CU/ml		
	Oat bran	Wheat bran	Rye bran
30	1130	1270,0	1116,3
20	921	851,2	750,7
10	493	415,0	369,1
5	270	213,8	186,6

All the polyphenol preparations have a high antioxidant activity which can be compared with the data from literature [4, 14]. However, the polyphenols from wheat bran reveal higher antioxidant activity (1270.0 u.e.a./cm³) as compared to others preparations. The results of the study did not reveal changes in the anti-radical activity within 8 months at a temperature of 20±1 °C, humidity of 70±5%.

Conclusions. This study has taken advantage of the potential application of secondary grain raw materials as a source of bioactive compounds, such as polyphenols and XOS. The number of biologically valuable substances from oat bran were obtained, namely concentrates of BAS, XOS and polyphenols. The resulting concentrates, in addition to polyphenols, whose content reached 67% of the total amount in oat bran, also include: protein up to 6.9%, carbohydrates up to 80.7% including XOS - from 35.3% to 71.5% and ash 11.3%. Results indicate a high antioxidant activity of polyphenols extracts which does not change during the storage within 8 months. The study of the growth dynamics of *L. acidophilus* and *B. bifidum* on a media with XOS confirm the prebiotic properties and their selectivity. Thus, the feasibility of biotechnology for transforming of cereals into functional ingredients has been confirmed, which will further allow them to be used in novel formulation strategies with bifidogenic properties.

Acknowledgments

Authors acknowledge the support of the Russian President Grant for young scientists MD-1551.2020.11.

REFERENCES

1. Akpinar, O., Erdogan, K., & Bostanci, S. (2009). Production of xylooligosaccharides by controlled acid hydrolysis of lignocellulosic materials. *Carbohydrate Research*, 344, 660–666.
2. Arabshahi-D, S., Vishalakshi Devi, D., & Urooj, A. (2007). Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their heat, pH and storage stability. *Food Chemistry*, 100, 1100–1105.
3. Bannikova, A., Bituykova, A., Amelkina, A., Evteev, A., Vorobieva, D., Evdokimov, I. (2019). Advanced technology of oat bran biotransformation into functional ingredients. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 28, 51–60.
4. Barchan, A., Bakkali, M., Arakrak, A., Pagán, R., Laglaoui, A. (2014). The effects of solvents polarity on the phenolic contents and antioxidant activity of three *Mentha* species extracts. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3, 399–412.
5. Brienzo, M., Carvalho, W., & Milagres, A.M.F. (2010). Xylooligosaccharides production from alkali pretreated sugarcane bagasse using xylanase from *Thermoascus aurantiacus*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 162, 1195–1205.
6. Cao, L., Liu, X., Qian, T., Sun, G., Guo, Y., Chang, F., et al. (2011). Antitumour and immunomodulatory activity of arabinoxylans: a major constituent of wheat bran. *International Journal of Biological Macromolecules*, 48, 160–164.
7. Carvalho, A.F.A., Neto, P.O., Silva, D.F., & Pastore, G.M. (2013). Xylooligosaccharides from lignocellulosic materials: Chemical structure, health benefits and production by chemical and enzymatic hydrolysis. *Food Research International*, 51, 75–85.
8. Damianaki, A., E. Bakogeorgou, M. Kampa, G. Notas and A. Hatzoglou et al. (2000). Potent inhibitory action of red wine polyphenols on human breast cancer cells. *Journal of Cell Biochemistry*, 78, 429–441.
9. Fardet A. (2010). New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: What is beyond fibre? *Nutrition Research Reviews*, 23, 65–134.
10. Filipčev, B., Lević, L., Bodroža-Solarov, M., Mišljenović, N., & Koprivica, G. (2010). Quality characteristics and antioxidant properties of breads supplemented with sugar beet molasses-based ingredients. *International Journal of Food Properties*, 13, 1035–1053.
11. Granese, T., Cardinale, F., Cozzolino, A., Pepe, S., Ombra, M. N., Nazzaro, F., Coppola, R., & Fratianni, F. (2014). Variation of polyphenols, anthocyanins and antioxidant power in the strawberry grape (*Vitis labrusca*) after simulated gastro-intestinal transit and evaluation of in vitro antimicrobial activity. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 60–65.
12. Hsu, C.K., Liao, J.W., Chung, Y. C., Hsieh, C. P., & Chan, Y.C. (2004). Xylooligosaccharides and Fructooligosaccharides affect the intestinal microbiota and precancerous colonic lesion development in rats. *Journal of Nutrition*, 134(6), 1523–1528.

13. Jamuna, K., Ramesh, C., Srinivasa, T., & Raghu, K. (2011). In vitro antioxidant studies in some common fruits. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3, 60–63.
14. Kaprelyants, L. & Zhurlova, O. (2014). Biotechnological approaches for the production of functional foods and supplements from cereal raw materials. *Food Science and Technology*, 2(27), 15–19.
15. Kiran, E. U., Akpinar, O., & Bakir, U. (2013). Improvement of enzymatic xylooligosaccharides production by the co-utilization of xylans from different origins. *Food and Bioproducts Processing*, 91, 565–574.
16. Ninfali, P., & Bacchiocca, M. (2003). Polyphenols and antioxidant capacity of vegetables under fresh and frozen conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2222–2226.
17. Ramkrishna, D. S., Jhumur, B., & Amit, A. (2014). Prebiotic potential of oligosaccharides: A focus on xylan derived oligosaccharides. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 5(1), 19–30.
18. Ross, C. F., Hoyer, J.C., & Fernandez-Plotka, V. C. (2011). Influence of heating on the polyphenolic content and antioxidant activity of grape seed flour. *Journal of Food Science*, 76 (6), 884–C890.
19. Saad, N., Delattre, C., Urdaci, M., Schmitter, J.M., & Bressollier, P. (2013). An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. *LWT-Food Science and Technology*, 50, 1–16.
20. Vitaglione, P., Napolitano, A., & Fogliano, V. (2008). Cereal dietary fibre: A natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends in Food Science and Technology*, 19, 451–463.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Дамир Равильевич Зяйнитдинов, ассистент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: 89020464996

Damir Ravilievich Z yaitdinov, Assistant, Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, 410012, Saratov, Teatralnaya Square, 1, tel: 89020464996

Евтеев Александр Викторович, ведущий специалист учебно-научно испытательной лаборатории по определению качества пищевой и с/х продукции, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: 89878381965, E-mail: ewteew@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6155-3851>

Evteev Alexander Viktorovich, Leading Specialist of the Scientific-Research Laboratory for the Determination of Quality of Foods and Agricultural Products, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 410012, Saratov, Teatralnaya Square, 1, Tel: 89878381965, E-mail: ewteew@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6155-3851>

Банникова Анна Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология продуктов питания», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, г. Саратов, Театральная площадь, 1, Тел.: 89372451220, E-mail: annbannikova@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-8299-7208>

Bannikova Anna Vladimirovna, doctor of technical Sciences, Professor of the Department of Food Technologies, Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, 410012, Saratov, Teatralnaya Square, 1, Tel.: 89372451220, E-mail: annbannikova@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-8299-7208>

Дата поступления в редакцию: 25.07.2020

После рецензирования: 23.08.2020

Дата принятия к публикации: 03.09.2020

УДК 604.4:664-
027.2:658.62.018

Н. В. Шелепина [N. V. Shelepina]

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ФОРМИРУЮЩИХ КАЧЕСТВО ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ПРОИЗВОДИМЫХ В РФ

THE ANALYSIS OF FACTORS THAT SHAPE THE QUALITY OF FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS PRODUCED IN THE RUSSIAN FEDERATION

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет экономики и торговли», г. Орёл, Россия
The Orel State University of Economics and Trade, Orel, Russia, e-mail: shel-nv@yandex.ru

Аннотация. В работе представлено обобщение данных о классификации функциональных пищевых продуктов и функциональных ингредиентов в их составе, методах проектирования и технологиях производства пищевых продуктов функциональной направленности.

Показано, что основными факторами, формирующими качество функциональных пищевых продуктов, являются сырье и технология производства. Значительное влияние на проявление функциональных свойств и качество разрабатываемого продукта оказывают вводимые в состав функциональные ингредиенты. К настоящему времени отечественными учеными предложен ряд методов моделирования рецептур, а также эффективных методов создания инновационных функциональных пищевых продуктов.

Ключевые слова: функциональные пищевые продукты, функциональные пищевые ингредиенты, сырье, рецептура, технология.

Abstract. The paper presents a generalization of data on the classification of functional foods and functional ingredients in their composition, design methods and technologies for the production of functional food products.

It is shown that the main factors that form the quality of functional food products are raw materials and production technology. The functional ingredients introduced into the composition have a significant impact on the manifestation of the functional properties and the quality of the product being developed. To date, domestic scientists have proposed a number of methods for modeling recipes, as well as effective methods for creating innovative functional food products.

Key words: functional food products, functional food ingredients, raw materials, recipe, technology.

Мировой рынок пищевых продуктов функциональной направленности развивается бурными темпами и, по прогнозам, к 2024 году он превысит 195 млрд. долл. [1]. Российский рынок начинает ориентироваться на новые потребности потребителей, которые формируются под действием ряда факторов. Одним из основных является рост заболеваемости детского и взрослого населения, обусловленный дефицитом микронутриентов [2], который стимулирует спрос на продукты питания для профилактики различных заболеваний и на лечебное питание [3].

Рынок здорового питания в Российской Федерации имеет следующие особенности [4]:

- большой объем несертифицированной органической продукции;
- импортозамещение;
- рост популярности традиционных продуктов;
- минимизация в составе продуктов «непонятных» для потребителя ингредиентов;
- разработка премиальных продуктов без использования ингредиентов с «Е» маркировкой или их замена на упаковке на полное наименование вещества;
- увеличение объема производства функциональных продуктов;
- появление большого числа инновационных решений в ассортименте;
- существенное превышение спроса на продукты здорового питания над предложением в крупных городах;
- нехватка складских и перерабатывающих мощностей.

В России потребление функциональных продуктов питания на душу населения за последние несколько лет увеличилось (рис. 1). Доля растительных продуктов функциональной направленности на российском рынке

в настоящее время составляет 0,2% (11 тыс. т.), а к 2029 году, по прогнозам, достигнет 10,7% (664 тыс. т) [5]. На потребительском рынке особенно широкое распространение получили функциональные продукты на молочной и зерновой основе, которые дополнительно обогащены пробиотками, пребиотиками, витаминами, минеральными веществами, эссенциальными аминокислотами и полиненасыщенными жирными кислотами [6].

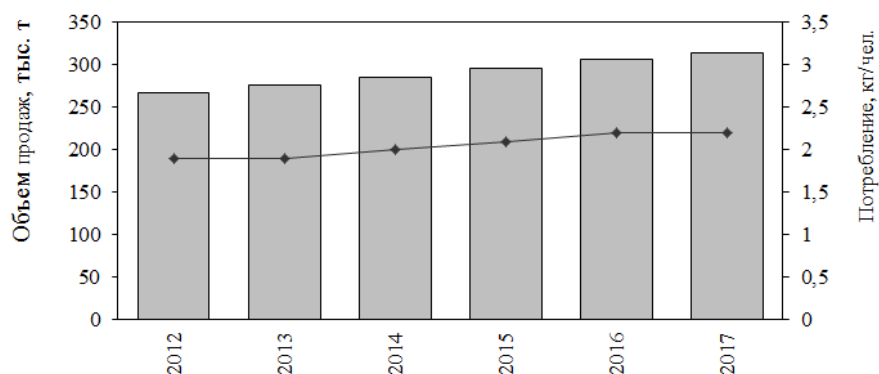


Рис. 1. Объемы продаж и потребления функциональных пищевых продуктов в РФ, 2012-2017 гг.

Государственная политика Российской Федерации в области здорового питания нацелена на сохранение и укрепление здоровья населения, профилактику заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием [7]. Одной из эффективных мер решения проблемы является наращивание производства функциональных пищевых продуктов, которое развивается по следующим основным направлениям: витаминизированные продукты, функциональные напитки и диетические пищевые добавки [8].

Однако в настоящее время существует ряд факторов, сдерживающих развитие в нашей стране данного сегмента рынка, в том числе несовершенство нормативно-правовой базы, присутствие фальсификации, некорректное позиционирование и др. [9, 10]. Пока отечественные объемы производства продукции, обогащенной микронутриентами, составляют лишь 5 % от общего объема производства пищевых продуктов.

В ГОСТ Р 52349 дается следующее определение понятию «функциональный пищевой продукт»: специальный пищевой продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, обладающий научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающий дефицит или восполняющий имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе функциональных пищевых ингредиентов [11]. Также в данном нормативном документе дается определение натурального функционального продукта, согласно которому в одной порции такого продукта содержание естественных функциональных пищевых ингредиентов должно составлять не менее 15% от суточной потребности.

Выделяют следующие категории пищевых продуктов, состав и свойства которых «позволяют позиционировать их как функциональные» [12, 13]:

- натуральные продукты, содержащие в нативном виде значительные количества физиологически активных макро- и микронутриентов;
- натуральные продукты, в которых технологически понижено содержание вредных для здоровья компонентов;
- натуральные продукты, дополнительно обогащенные функциональными ингредиентами путем введения в продукт препаратов биологически активных добавок;
- натуральные продукты, в которых исходные потенциальные функциональные ингредиенты модифицированы таким образом, что начинают проявлять физиологическую активность или их активность усиливается;
- натуральные продукты, в которых в результате модификаций усвояемость входящих в их состав функциональных ингредиентов усиливается.

Л. В. Донченко с соавторами [14] приводит следующую классификацию функциональных продуктов питания, принятую в товароведении:

- продукция, позиционируемая как «Лучший выбор для Вашего здоровья», содержащая только натуральные ингредиенты, без консервантов и с пониженным содержанием сахара, соли, холестерина;

- продукция, позволяющая получить внешний косметический эффект, т.е. способная сгладить признаки старения;
- продукция, позиционируемая как питание для улучшения общего состояния организма;
- продукция, предназначенная для детей и подростков;
- продукция, имеющая упаковку, отвечающую требованиям потребителя.

Е. Б. Шустов с соавторами [15] предложил классифицировать функциональные пищевые продукты на 13 групп: заменители материнского молока и детского питания; жидкие концентраты для приготовления напитков; сухие витаминизированные напитки на основе соков; лечебно-оздоровительные кисели; каши, крупы и др.; низкокалорийные пищевые коктейли; белковые, углеводно-белковые, витаминизированные коктейли; смеси для энтерального питания; диетические фитокомплексы (сухие фитосупы); лечебные вина; джемы, конфитюры; специализированные чайные напитки и заменители кофе; салатные масла.

В связи с расширением ассортимента функциональных пищевых продуктов в РФ возникает необходимость в проведении анализа факторов, влияющих на их качество на этапе проектирования и производства.

Л. А. Маюрникова с соавторами [16] предложила классификацию факторов, формирующих качество специализированных, в том числе функциональных пищевых продуктов на этапе разработки (рис. 2).

К дополнительным факторам, формирующим потребительские свойства функциональных пищевых продуктов в условиях инновационной деятельности, по мнению авторов, относятся: спрос (изучение рынка, потребительских предпочтений, существующего и потенциального спроса на новые продукты), идея, кадры.

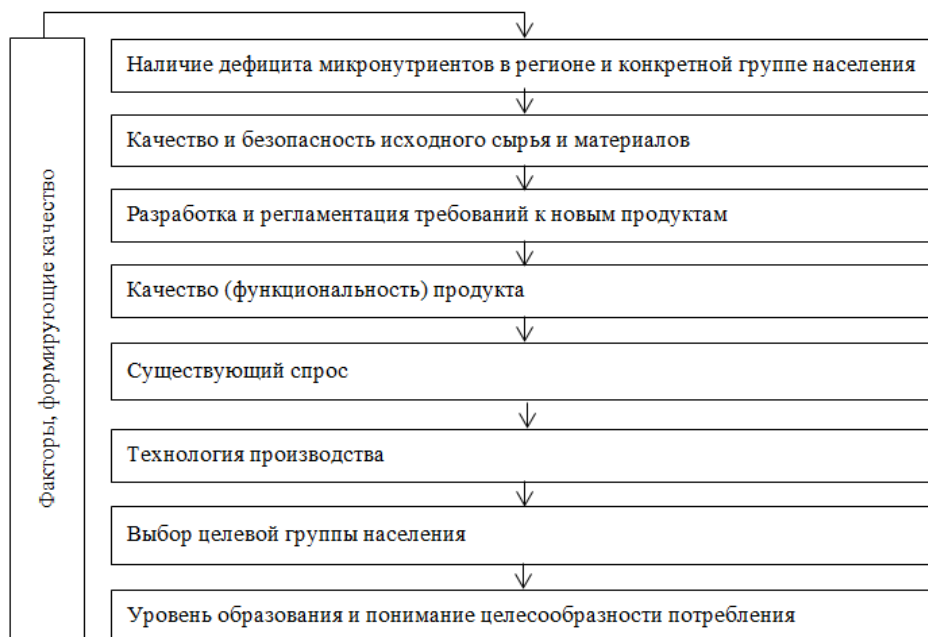


Рис. 2. Классификация факторов, формирующих качество функциональных пищевых продуктов на этапе разработки

В. Ю. Контарева и В. В. Крючкова [17] предложили для упорядочения факторов, влияющих на качество функциональных продуктов, использовать причинно-следственную диаграмму, которая является одним из инструментов контроля и анализа качества пищевых продуктов, и выделили основные факторы: сырье и функциональные ингредиенты, технология производства, технологическое оборудование, рабочая сила, контроль производства и условия хранения, транспортирования и реализации.

Все сырье, применяемое для производства функциональных пищевых продуктов, должно соответствовать требованиям ТР ТС [18, 19, 20]. Сырье для изготовления пищевых продуктов устанавливает изготовитель в рецептурах, в соответствии с которыми выпускают продукт конкретного наименования. Согласно ТР ТС 021/2011, информация об отличительных признаках используемых функциональных пищевых ингредиентов должна быть подтверждена производителем самостоятельно или с участием других лиц и храниться у производителя продукции.

В качестве основного сырья для производства функциональных продуктов питания используется сырье, содержащее в своем составе биологически активные формы питательных веществ, которые обладают широким спектром положительного действия на организм человека [21].

Согласно ГОСТ Р 54059) [22], функциональные ингредиенты, входящие в состав пищевых продуктов, классифицируются по эффекту, оказываемому на организм человека (рис. 3).

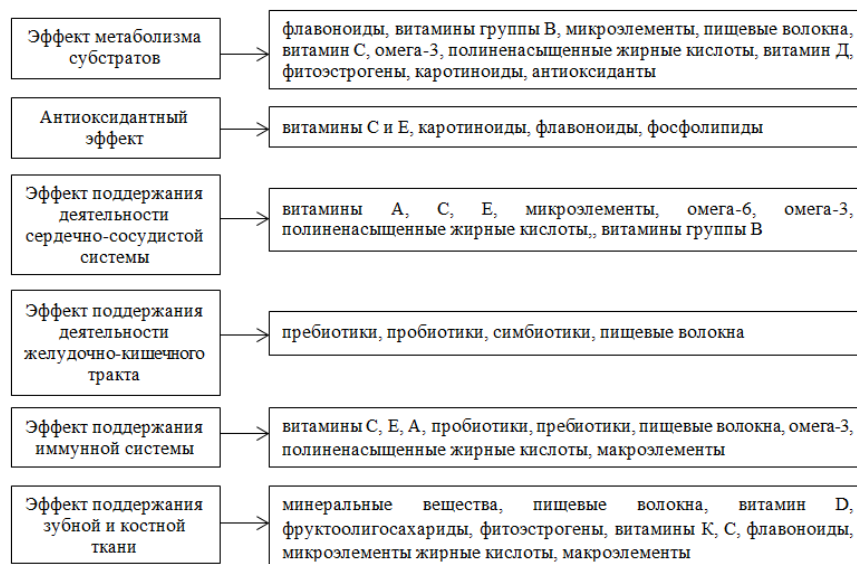


Рис. 3. Классификация функциональных пищевых ингредиентов

В зависимости от отрасли пищевой промышленности существуют различные подходы к классификации функциональных ингредиентов (рисунок 4). При этом основными признаками классификации являются назначение, происхождение и вид ингредиента.

М. Н. Школьниковой и Е. В. Аверьяновой [27] предложена обобщенная классификация функциональных пищевых ингредиентов, которая охватывает наибольшее количество классификационных признаков, а именно: функциональное назначение, источник получения, класс химических веществ, область применения отраслями пищевой промышленности, технологические классы пищевых добавок, и не противоречит стандартной классификации.

Наиболее часто используемыми функциональными добавками в продуктах питания являются пробиотики, пребиотики, ненасыщенные омега-3 жирные кислоты, балластные вещества, витамины-антиоксиданты, минеральные вещества [28].

По мнению Е. О. Рогинской и Т. В. Пилипенко [29, 30], одной из наиболее важных проблем при создании продуктов с функциональными свойствами является использование в их производстве местных сырьевых ресурсов и вторичных продуктов переработки растительного сырья.

Т. А. Исригова [12] считает, что профилактической направленностью обладают продукты, содержащие в своем составе:

- плодово-ягодные и овощные добавки;
- добавки в виде микроэлементов, витаминов и антиоксидантов;
- белковые добавки растительного и животного происхождения;
- добавки с содержанием микрофлоры и дрожжей;
- пищевые волокна.

К вводимым в рецептуру функциональных пищевых продуктов биологически активным добавкам предъявляются следующие требования:

- безвредность – отсутствие прямого вредного влияния; побочного вредного влияния; аллергического действия; возможного действия компонентов друг на друга;
- непревышение допустимых концентраций;
- токсические, органолептические, общегигиенические, технологические показатели [31].

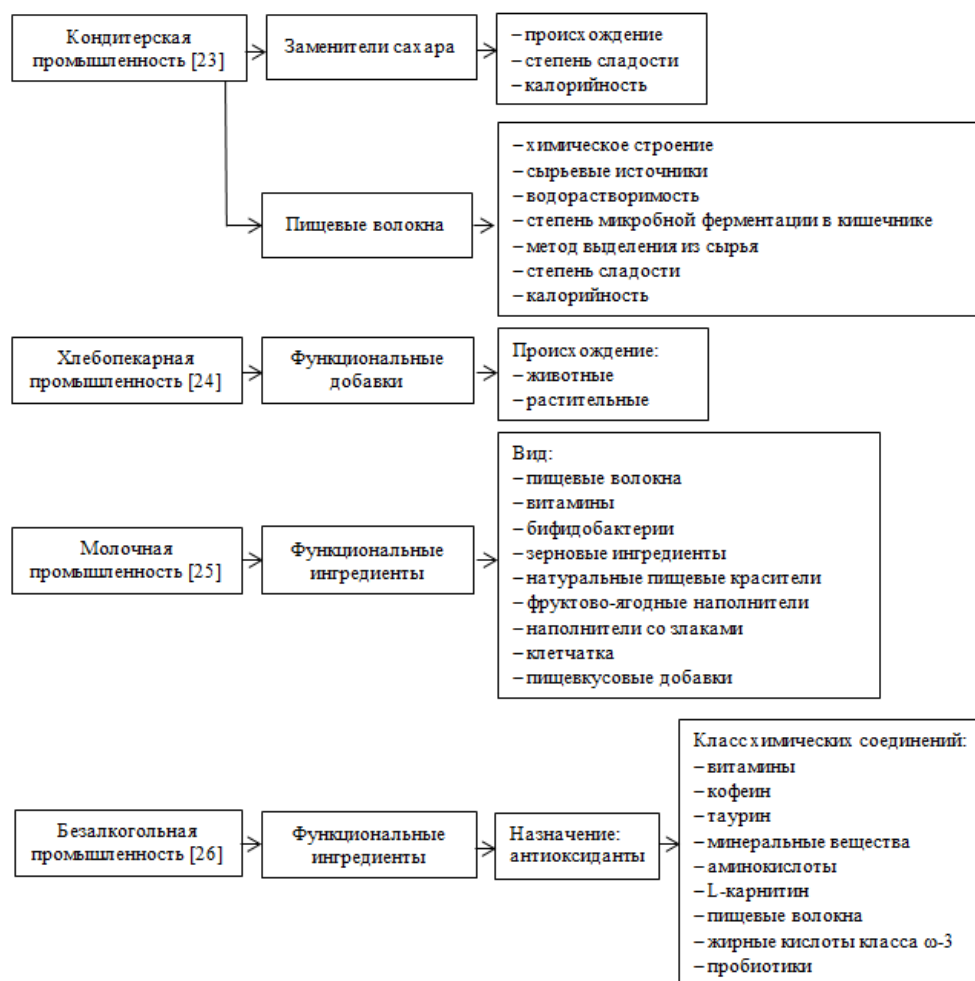


Рис. 4. Подходы к классификации функциональных ингредиентов

А. Е. Куцова с соавторами считает, что наиболее надежным способом повышения обеспеченности населения функциональными ингредиентами является их дополнительное введение в продукты массового потребления [32].

По мнению Л. А. Забодаловой [33], в основе создания функциональных пищевых продуктов лежит модификация традиционных продуктов, обеспечивающая повышение содержания в них полезных ингредиентов до уровня, соотносимого с физиологическими нормами их потребления.

Преобразование пищевого продукта в функциональный может проводиться двумя способами – снижением в продукте содержания вредных для здоровья ингредиентов и обогащением продуктов дефицитными микронутриентами.

Получение функциональных продуктов с уменьшенным содержанием вредных компонентов предполагает изменение рецептурного состава, преимущественно в направлении снижения общего содержания жиров и сахара. Снижение в продукте общего количества жиров существенно снижает его энергетическую ценность (калорийность). При этом особенно важным является сокращение потребления животных жиров – источников холестерина и насыщенных жирных кислот, а также гидрогенизированных жиров – источников трансизомерных жирных кислот. Сокращение содержания или полная замена сахара также способствует снижению калорийности продукта и снижению его гликемического индекса.

В. М. Коденцова с соавторами [34] предложила ряд принципов, лежащих в основе обогащения пищевых продуктов функциональными ингредиентами:

- обогащать витаминами и минеральными веществами в первую очередь следует продукты массового потребления, а также те, которые подвергаются рафинированию и другим технологическим воздействиям, приводящим к существенным потерям микронутриентов;

- для обогащения пищевых продуктов следует использовать те микронутриенты, дефицит которых действительно имеет место, достаточно широко распространен и опасен для здоровья;
- критериями выбора перечня обогащающих нутриентов, их доз и форм являются безопасность, полезность и эффективность для улучшения пищевого статуса населения;
- пищевые продукты могут подлежать обогащению функциональными ингредиентами независимо от того, содержатся ли они в исходном продукте;
- количество витаминов и минеральных веществ, дополнительно вносимых в продукты, должно быть рассчитано с учетом их естественного содержания в исходном продукте или используемом для его изготовления сырье, а также потерь в процессе производства и хранения;
- при обогащении пищевых продуктов микронутриентами необходимо учитывать возможность химического взаимодействия обогащающих ингредиентов между собой, а также с компонентами обогащаемого продукта и выбирать их сочетания, формы, способы и стадии внесения, обеспечивающие их максимальную сохранность в процессе производства и хранения;
- обогащение пищевых продуктов микронутриентами не должно ухудшать потребительские свойства этих продуктов;
- обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами не должно влиять на безопасность продукта;
- регламентируемое содержание микронутриентов в обогащенном ими продукте должно быть указано на индивидуальной упаковке этого продукта, строго контролироваться как производителем, так и органами государственного надзора;
- суммарное поступление с суточным рационом витаминов и минеральных веществ за счет обогащенных пищевых продуктов и за счет приема биологически активных добавок к пище и других пищевых продуктов не должно превышать верхний допустимый уровень потребления;
- эффективность включения обогащенных продуктов в рацион целесообразно подтверждать специальными наблюдениями, проводимыми на репрезентативных группах населения.

Строгое соблюдение перечисленных принципов чрезвычайно важно с точки зрения обеспечения безопасности полученных продуктов, полного отсутствия возможных рисков, связанных с вмешательством в пищевую систему в процессе ее обогащения.

В соответствии с современными научными взглядами процесс создания продукта питания функционального назначения включает следующие этапы [12]:

- выбор и обоснование направленности функционального продукта;
- изучение медико-биологических требований, предъявляемых к данному виду продукта;
- подбор основы для продукта (мясной, растительной и т.д.);
- выбор и обоснование применяемых добавок;
- изучение прямого, побочного, вредного влияния и аллергического действия добавок;
- выбор и обоснование количества добавки или группы применяемых добавок;
- моделирование рецептуры разрабатываемого продукта;
- моделирование технологии продукта с отработкой технологических параметров;
- разработка технологии продукта;
- исследование качественных и количественных показателей продукта;
- разработка научной документации на продукт;
- разработка рекомендаций по применению продукта;
- проведение клинических испытаний продукта (при необходимости);
- выработка опытной партии;
- сертификация продукта.

При производстве функциональных продуктов необходимо сохранить структуру, вкус, аромат, цвет продукта, обеспечить сохранность и равномерность распределения вводимых компонентов при различных видах технологической обработки.

Рецептура продукта и оптимально подобранные технологические параметры оказывают основное влияние на показатели качества готового продукта.

Разработка рецептуры продуктов функциональной направленности проводится в несколько этапов. В. М. Киселев и Е. Г. Першина [35] предложили алгоритм, включающий:

- анализ перспектив разработки нового пищевого продукта с заданными свойствами;
- определение перечня свойств, которые должен содержать пищевой продукт при потреблении целевой потребительской группой;
- обоснование и ранжирование функций; обоснование и выбор ингредиентного состава для моделирования требуемых функций;
- определение границ интервалов удельного веса ингредиентов;
- моделирование органолептических свойств нового пищевого продукта;
- конструирование технологической схемы производства пищевого продукта, обеспечивающей требуемые сенсорные свойства;
- обоснование и выбор показателей потерь лабильных нутриентов в зависимости от выбранных видов технологической обработки сырья;
- проведение математического эксперимента с целью обеспечения соответствия нутриентного состава пищевого продукта нормируемым показателям;
- экспертную оценку соответствия оптимизированного ингредиентного состава планируемой модели: по показателям химического состава и энергетической ценности, по соблюдению выбранных интервалов доли ингредиентов в составе пищевого продукта;
- проведение технологического эксперимента с целью обеспечения соответствия конструируемого пищевого продукта блюда заданным показателям органолептической ценности: при соответствии – переход на следующую процедуру; при несоответствии – возвращение на предыдущие;
- экспертную оценку соответствия органолептических показателей пищевого продукта заданным параметрам;
- утверждение ингредиентного состава и технологических режимов приготовления пищевого продукта;
- расчет сырьевого состава пищевого продукта с учетом норм потерь при технологической обработке сырья;
- проведение апробации для подтверждения соответствия разработанных рецептур и технологических режимов условиям реальной производственной среды;
- проведение потребительских дегустаций разработанного пищевого продукта для подтверждения соответствия его органолептических свойств ожиданиям целевой потребительской группы;
- санитарно-эпидемиологическую экспертизу разработанных рецептур и технологических режимов пищевых продуктов для подтверждения режимов и сроков хранения: при соответствии санитарно-эпидемиологическим требованиям – переход к следующей процедуре; при несоответствии – к предыдущей;
- утверждение технологического регламента и получение санитарно-эпидемиологического заключения.

При разработке функциональных продуктов широко применяется моделирование рецептур, а также технологических операций и параметров [12].

Д. А. Селиванова с соавторами [36] разработала порядок проектирования рецептуры безалкогольных напитков функционального назначения, позволяющий автоматизировать подбор основных и вспомогательных ингредиентов с учетом их физико-химических, органолептических, технологических свойств и безопасности, а также совместимости ингредиентов как в продукте, так и в технологическом процессе; автоматизировать расчёт рецептур и оформление сопровождающей документации; прогнозировать потребительские свойства и срок годности многокомпонентных напитков.

Предложен метод комплексной оценки факторов, влияющих на эффективность производства функциональных продуктов питания, основанный на ранжировании значимости функциональных свойств выпускаемой продукции, необходимого уровня качества и оптимального уровня затрат [37].

Моделирование многокомпонентных функциональных пищевых продуктов возможно на основе использования композиционного моделирования, состоящего в составлении и решении системы линейных балансовых уравнений с учетом соотношений и требований, предъявляемых к разрабатываемому продукту обеспечивающего получение пищевой композиции с заданным химическим составом [38].

Е. Е. Курчаева и В. И. Манжесов [39] для планирования характеристик нового вида функционального продукта использовали метод QFD – развертывания функции качества, сущность которого заключается в построении корреляционных матриц, с помощью которых производится оценка на различных этапах разработки нового вида продукции, т.е. построение «дома качества».

Помимо рецептуры продукта, важную роль играют технологические параметры процесса производства, к которым относятся температура, длительность проведения определенных операций, давление, влажность, последовательность проведения операций, скорость работы оборудования и т.д.

Основными направлениями в области создания функциональных продуктов являются производство функциональных продуктов с повышенной калорийностью, пищевой ценностью, усвояемостью, а также их производство для различных целевых групп: пожилые люди, спортсмены, туристы, люди, ведущие здоровый образ жизни, больные, дети и т.д. [40].

Изготовители пищевой продукции функциональной направленности обязаны осуществлять процессы ее производства в соответствии с требованиями, установленными в ТР ТС 021/2011, а также в ТР ТС на отдельные виды пищевой продукции. При осуществлении процессов производства пищевой продукции, связанных с требованиями безопасности продукции, изготовитель должен разработать, внедрить и поддерживать процедуры, основанные на принципах ХАССП [18].

Л. Е. Тюрина и Н. А. Табаков [41] выделяют следующие технологии введения функциональных ингредиентов в состав пищевых продуктов:

- сухое смешивание ингредиентов;
- растворение ингредиентов в воде или другом жидком носителе;
- растворение ингредиентов в жирах и маслах;
- нанесение специальных покрытий на поверхность продукта;
- напыление растворов ингредиентов на поверхности продукта;
- адгезия ингредиентов на поверхность продукта.

Одним из перспективных методов производства функциональных продуктов питания является экструзия. Это непрерывный технологический процесс, заключающийся в продавливании материала, обладающего высокой вязкостью, при значительной скорости сдвига, температуре и давлении через формирующий инструмент для получения готового изделия с поперечным сечением нужной формы. Экструдаты с однородной или пористой макроструктурой содержат до 80% крахмалов и 10-15% белков [42].

Экструзионная обработка продуктов позволяет интенсифицировать производственный процесс, повысить степень использования и усвояемость сырья, снизить производственные и трудовые затраты, расширить ассортимент экструдатов, снизить микробиологическую обсемененность продуктов, уменьшить загрязнение окружающей среды.

Обработка высоким давлением способствует не только сохранению продуктов от микробиологической порчи, но и изменяет физические и функциональные свойства пищевых систем. Исследования, проведенные А. В. Банниковой и И. А. Евдокимовым [43], показали перспективность данного метода для создания инновационных функциональных продуктов за счет обработки высоким давлением сывороточных белков, которые потом используются в качестве замены термически обработанных концентратов и изолятов.

В ряде стран для изготовления функциональных пищевых продуктов применяется технология поверхностного слоя, который по своему составу может быть многокомпонентным или однокомпонентным и использоваться для улучшения органолептических характеристик продукта или как гидрофобный барьер между компонентами продукта, имеющими различную влажность [12]. В настоящее время разработаны поверхностные пленки для жареных, печеных продуктов, кондитерских изделий, экструзионных, зерновых и др. продуктов.

Таким образом, анализ литературных источников показал, что основными факторами, формирующими качество функциональных пищевых продуктов, являются сырье и технология производства. Значительное влияние на проявление функциональных свойств и качество разрабатываемого пищевого продукта оказывают вводимые в его состав функциональные ингредиенты. К настоящему времени отечественными учеными предложен ряд методов моделирования рецептур, а также эффективных технологий для создания инновационных функциональных пищевых продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мировой рынок функциональных продуктов превысит 195 млрд. долл. к 2024 году. – URL: <http://bfi-online.ru/znews/index.html?msg=6596> (дата обращения: 10.08.2020).
2. О мерах по профилактике заболеваний, обусловленных дефицитом микронутриентов, развитию производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 14 июня 2013 года № 31. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499028448> (дата обращения: 05.08.2020).
3. Пономарева Е. Обзор российского рынка продуктов здорового питания / Е. Пономарева // Фудмаркет. 2018. № 1. URL: <http://foodmarket.spb.ru/archive.php?year=2019&article=2487§ion=28> (дата обращения: 10.08.2020).
4. Птуха А. Обзор российского рынка здорового питания / А. Птуха // Фудмаркет. 2017. № 4. URL: <http://foodmarket.spb.ru/archive.php?year=2019&article=2398§ion=28> (дата обращения: 08.08.2020).
5. Антонова Н. Функциональные продукты: как тренд на суперфуды захватил мир и добрался до России / Н. Антонова. URL: <https://milknews.ru/longridy/funkcionalniye-produkty.html> (дата обращения: 05.08.2020).
6. Куцова А.Е. Определение перспективных направлений проектирования продуктов функционального назначения / А.Е. Куцова, С.В. Шахов, И.А. Глотова // Международный научный вестник (Вестник Объединения православных ученых). – 2015. – №1 (5). – С. 46-50.
7. Об основах государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 года № 1873-р. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902242308> (дата обращения: 10.08.2020).
8. Королева О. Мониторинг глобальных технологических трендов / О. Королева [и др.]. URL: <https://issek.hse.ru/trendletter/news/164655928.html/> (дата обращения: 05.08.2020).
9. Карагодин В.П. Функциональные пищевые продукты – фальсификация или некорректное позиционирование? / В.П. Карагодин, М.М. Лизунов // Товаровед продовольственных товаров. – 2010. – №2. – С. 25-26.
10. Солдатова Н. Функциональные пищевые продукты должны органично войти в жизнь россиян / Н. Солдатова. URL: <http://ruic.ru/news/funktsionalnye-pishchevyie-produkty-dolzhen-organichno-voityi-v-zhizn-rossiyan/> (дата обращения: 10.08.2020).
11. ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2006. 11 с.
12. Истригова Т.А. Производство функциональных продуктов питания: Учебное пособие / Т.А. Истригова. – Махачкала, 2015. – 180 с.
13. Шванская И.А. Перспективные направления создания продуктов функционального назначения на основе растительного сырья: научно-аналитический обзор / И.А. Шванская. – М.: Росинформагротех, 2012. – 144 с. ISBN 978-5-7367-0949-6.
14. Технология функциональных продуктов питания : учеб. пособие для СПО / под общ. ред. Л. В. Донченко. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 176 с. ISBN 978-5-534-06992-1.
15. Шустов Е.Б. Классификация БАД и продуктов функционального питания. / Е.Б. Шустов // ФАРМ-индекс. – 2005. – №202. – 9 ноября 2005 года.
16. Маюрникова Л.А. Факторы, формирующие потребительские свойства специализированных продуктов питания / Л.А. Маюрникова, С.В. Новоселов, Т.В. Крапива // Ползуновский вестник. 2018. №4. С. 14-19.
17. Контарева В.Ю. Некоторые аспекты планирования качества функциональных кисломолочных продуктов / В.Ю. Контарева, В.В. Крючкова // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2017. – №2-1 (24). – С. 142-148.
18. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности пищевой продукции. Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880. 242 с. URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/techreg/deptexreg/tr/Documents/TR%20TS%20PishevayaProd.pdf> (дата обращения: 12.08.2020).
19. ТР ТС 027/2012. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания. Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 15 июня 2012 года №34. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902352823> (дата обращения: 10.08.2020).
20. ТР ТС 029/2012. Технический регламент Таможенного союза. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств. Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20 июля 2012 года № 58. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902359401> (дата обращения: 10.08.2020).
21. Скобелев В. Обзор российского рынка функциональных ингредиентов / В. Скобелев // Фудмаркет. 2013. №3. URL: <http://foodmarket.spb.ru/current.php?article=1832> (дата обращения: 05.08.2020).
22. ГОСТ Р 54059-2010. Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования. – М.: Стандартинформ, 2011. – 8 с.
23. Куракина А.Н. Функциональные ингредиенты в производстве кондитерских изделий / А.Н. Куракина, И.Б. Красина, Н.А. Тарасенко [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6. – С. 469-472.
24. Елхов В.Н. Перспективы использования пищевых ингредиентов в производстве мороженого / В.Н. Елхов // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. 2014. № 1. С. 40-42.
25. Шатнюк Л.Н. Обогащение напитков / Л.Н. Шатнюк, А.В. Юдина // Индустрия ингредиентов. – 2011. – № 4(9). С. 28-30.
26. Колесников В. Спортивное питание: специализированные ингредиенты определяют качество / В. Колесников // Бизнес пищевых ингредиентов. 2015. № 1. С. 22-24.

27. Школьников М.Н. Разработка классификации функциональных пищевых ингредиентов растительного происхождения / М.Н. Школьников, Е.В. Аверьянова // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 9. – С. 85-92.
28. Елисеева Л.Е. Современные методы обнаружения и идентификации микроорганизмов в пищевой продукции / Л.Е. Елисеева, Л.А. Прялухина, О.В. Владимировна // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2013. – №1(1). – С. 61-73.
29. Рогинская Е.О. Использование пищевых добавок из сырья растительного происхождения для продуктов питания с функциональными свойствами / Е.О. Рогинская, Т.В. Пилипенко // Качество и экологическая безопасность пищевых продуктов и производств: материалы IV Международной научной конференции с элементами научной школы для молодежи. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2016. – С. 116-120.
30. Пилипенко Т.В. Использование сырья растительного происхождения при создании продуктов питания с функциональными свойствами / Т.В. Пилипенко // Научный альманах. – 2016. – №7-1(21). – С. 427-430.
31. Касьянов Г.И. Технология производства сухих завтраков: Учебно-практическое пособие. Серия «Технология пищевых производств» / Г.И. Касьянов, А.В. Бурцев, В.А. Грицких. Ростов н/Д: Издательский центр МарТ», 2002. 96 с.
32. Куцова А.Е. Рынок функциональных продуктов Воронежской области – перспективные направления проектирования / А.Е. Куцова, Н.М. Ильина, С.И. Матвиенко // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам II научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 416 с. С. 139-144. ISBN 978-5-00097-083-6.
33. Забодалова Л.А. Научные основы создания продуктов функционального назначения: учеб.-метод. пособие / Л.А. Забодалова. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 86 с.
34. Коденцова В.М. Обоснование уровня обогащения пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / В.М. Коденцова, О.А. Вржесинская, В.Б. Спиричев, Л.Н. Шатнюк // Вопросы питания. – 2010. – Т. 79/ – № 1. – С.23-33.
35. Киселев В.М. Эволюционная методология проектирования функциональных продуктов питания / В.М. Киселев, Е.Г. Першина // Пищевая промышленность. – 2009. – № 11. – С. 57-59.
36. Селиванова Д.А. Автоматизированное проектирование рецептур пищевых продуктов / Д.А. Селиванова, Ф.А. Попов, М.Н. Школьников, Н.Ю. Ануфриева // Южно-Сибирский научный вестник. – 2017. – №3 (19). – С. 5-8.
37. Першакова Т.В. Проектирование процессов производства функциональных продуктов на основе методологии функционально-стоимостного анализа / Т.В. Першакова, Л.Н. Шубина, И.А. Деренкова, Н.Н. Наумов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – №111. – С. 143-1258.
38. Мартемьянова Л.Е. Производство функциональных продуктов питания – долгосрочная тенденция / Л.Е. Мартемьянова, Ю.С. Савельева // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2015. Т. 1., №8. – С. 764-768.
39. Курчаева Е.Е. К вопросу прогнозирования качества функциональных продуктов питания на основе модификации состава и сенсорных технологий / Е.Е. Курчаева, В.И. Манжесов // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2015. – №2 (5). – С. 101-107.
40. Шегельман И.Р. Функциональные продукты: направления разработки новых технических решений / И.Р. Шегельман, А.С. Васильев, П.О. Щукин // Научное и образовательное пространство: перспективы развития. Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 87-88.
41. Тюрина Л.Е. Технология производства функциональных мясных продуктов / Л.Е. Тюрина, Н.А. Табаков. – Красноярск, 2011. – 102 с. ISBN 978-5-94617-247-9.
42. Исаева Н.С. Перспективы применения процесса экструзии при производстве функциональных продуктов питания / Н.С. Исаева // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство. Международная научно-техническая конференция. – Воронеж: ВГУИТ, 2013. – С. 381-382.
43. Банникова А.В. Инновационные технологии функциональных продуктов с применением высокого давления для сохранения нативной структуры белков / А.В. Банникова, И.А. Евдокимов // Молочнохозяйственный вестник. – 2016. №2(22). – С. 67-76.

REFERENCES

1. Mirovoj rynek funkcional'nyh produktov prevysit 195 mlrd. doll. k 2024 godu. – URL: <http://bfi-online.ru/znews/-index.html?msg=6596> (data obrashcheniya: 10.08.2020).
2. O merah po profilaktike zabolevanij, obuslovlennyh deficitom mikronutrientov, razvitiyu proizvodstva pishchevyh produktov funkcional'nogo i specializirovannogo naznacheniya. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossijskoj Federacii ot 14 iyunya 2013 goda № 31. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499028448> (data obrashcheniya: 05.08.2020).
3. Ponomareva E. Obzor rossijskogo rynka produktov zdorovogo pitaniya / E. Ponomareva // Fudmarket. 2018. № 1. URL: <http://foodmarket.spb.ru/archive.php?year=2019&article=2487&ion=28> (data obrashcheniya: 10.08.2020).
4. Ptuha A. Obzor rossijskogo rynka zdorovogo pitaniya / A. Ptuha // Fudmarket. 2017. № 4. URL: <http://foodmarket.spb.ru/archive.php?year=2019&article=2398&ion=28> (data obrashcheniya: 08.08.2020).
5. Antonova N. Funkcional'nye produkty: kak trend na superfudy zahvatil mir i dobralsya do Rossii / N. Antonova. URL: <https://milknews.ru/longridy/funkcionalnye-produkty.html> (data obrashcheniya: 05.08.2020).
6. Kucova A.E. Opredelenie perspektivnyh napravlenij proektirovaniya produktov funkcional'nogo naznacheniya / A.E. Kucova, S.V. SHahov, I.A. Glotova // Mezhdunarodnyj nauchnyj vestnik (Vestnik Ob'edineniya pravoslavnyh uchenykh). – 2015. – №1 (5). – С. 46-50.

7. Ob osnovah gosudarstvennoj politiki v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda. Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 25 oktyabrya 2010 goda № 1873-r. URL: <http://docs.cntd.ru/-document/902242308> (data obrashcheniya: 10.08.2020).
8. Koroleva O. Monitoring global'nyh tekhnologicheskikh trendov / O. Koroleva [i dr.]. URL: <https://issek.hse.ru/-trendletter/news/164655928.html/> (data obrashcheniya: 05.08.2020).
9. Karagodin V.P. Funkcional'nye pishchevye produkty – fal'sifikatsiya ili nekorrektnoe pozicionirovanie? / V.P. Karagodin, M.M. Lizunov // *Tovarovod prodovol'stvennykh tovarov*. – 2010. – №2. – S. 25-26.
10. Soldatova N. Funkcional'nye pishchevye produkty dolzhny organichno voiti v zhizn' rossiiyan / N. Soldatova. URL: <http://ruitc.ru/news/funktsionalnye-pishchevye-produkty-dolzhny-organichno-voiti-v-zhizn-rossiiyan/> (data obrashcheniya: 10.08.2020).
11. GOST R 52349-2005. Produkty pishchevye. Produkty pishchevye funkcional'nye. Terminy i opredeleniya. M.: Standartinform, 2006. 11 s.
12. Isrigova T.A. Proizvodstvo funkcional'nykh produktov pitaniya: Uchebnoe posobie / T.A. Isrigova. – Mahachkala, 2015. – 180 s.
13. Shvanskaya I.A. Perspektivnye napravleniya sozdaniya produktov funkcional'nogo naznacheniya na osnove rastitel'nogo syr'ya: nauchno-analiticheskij obzor / I.A. SHvanskaya. – M.: Rosinformagrotekh, 2012. – 144 s. ISBN 978-5-7367-0949-6.
14. Tekhnologiya funkcional'nykh produktov pitaniya : ucheb. posobie dlya SPO / pod obshch. red. L. V. Donchenko. – M.: Izdatel'stvo YUrajt, 2018. – 176 s. ISBN 978-5-534-06992-1.
15. Shustov E.B. Klassifikatsiya BAD i produktov funkcional'nogo pitaniya. / E.B. SHustov // *FARM-indeks*. – 2005. – №202. – 9 noyabrya 2005 goda.
16. Mayurnikova L.A. Faktory, formiruyushchie potrebitel'skie svoystva specializirovannykh produktov pitaniya / L.A. Mayurnikova, S.V. Novoselov, T.V. Krapiva // *Polzunovskij vestnik*. 2018. №4. S. 14-19.
17. Kontareva V.YU. Nekotorye aspekty planirovaniya kachestva funkcional'nykh kisломolochnykh produktov / V.Yu. Kontareva, V.V. Kryuchkova // *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2017. – №2-1 (24). – S. 142-148.
18. TR TS 021/2011. Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza. O bezopasnosti pishchevoj produkcii. Utverzhen Resheniem Komissii Tamozhennogo soyuza ot 9 dekabrya 2011 goda № 880. 242 s. URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/texnreg/deptexreg/tr/Documents/TR%20TS%20PishevayaProd.pdf> (data obrashcheniya: 12.08.2020).
19. TR TS 027/2012. Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza. O bezopasnosti otdel'nykh vidov specializirovannoj pishchevoj produkcii, v tom chisle dieticheskogo lechebnogo i dieticheskogo profilakticheskogo pitaniya. Prinyat Resheniem Soveta Evrazijskoj ekonomicheskoy komissii ot 15 iyunya 2012 goda №34. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902352823> (data obrashcheniya: 10.08.2020).
20. TR TS 029/2012. Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza. Trebovaniya bezopasnosti pishchevykh dobavok, aromatizatorov i tekhnologicheskikh vspomogatel'nykh sredstv. Prinyat Resheniem Soveta Evrazijskoj ekonomicheskoy komissii ot 20 iyulya 2012 goda № 58. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902359401> (data obrashcheniya: 10.08.2020).
21. Skobelev V. Obzor rossijskogo rynka funkcional'nykh ingredientov / V. Skobelev // *Fudmarket*. 2013. №3. URL: <http://foodmarket.spb.ru/current.php?article=1832> (data obrashcheniya: 05.08.2020).
22. GOST R 54059-2010. Produkty pishchevye funkcional'nye. Ingredienty pishchevye funkcional'nye. Klassifikatsiya i obshchie trebovaniya. – M.: Standartinform, 2011. – 8 s.
23. Kurakina A.N. Funkcional'nye ingredenty v proizvodstve konditerskikh izdelij / A.N. Kurakina, I.B. Krasina, N.A. Tarasenko [i dr.] // *Fundamental'nye issledovaniya*. – 2015. – № 6. – S. 469-472.
24. Elhov V.N. Perspektivy ispol'zovaniya pishchevykh ingredientov v proizvodstve morozhenogo / V.N. Elhov // *Pishchevye ingredenty: syr'e i dobavki*. 2014. № 1. S. 40-42.
25. Shatnyuk L.N. Obogashchenie napitkov / L.N. SHatnyuk, A.V. YUdina // *Industriya ingredientov*. – 2011. – № 4(9). – S. 28-30.
26. Kolesnikov V. Sportivnoe pitanie: specializirovannyye ingredenty opredelyayut kachestvo / V. Kolesnikov // *Biznes pishchevykh ingredientov*. 2015. № 1. S. 22-24.
27. Shkol'nikova M.N. Razrabotka klassifikatsii funkcional'nykh pishchevykh ingredientov rastitel'nogo proiskhozhdeniya / M.N. SHkol'nikova, E.V. Aver'yanova // *Vestnik KrasGAU*. – 2017. – № 9. – S. 85-92.
28. Eliseeva L.E. Sovremennyye metody obnaruzheniya i identifikatsii mikroorganizmov v pishchevoj produkcii / L.E. Eliseeva, L.A. Pryaluhina, O.V. Vladimirova // *Innovatsionnye tekhnologii proizvodstva i hraneniya material'nykh cennostej dlya gosudarstvennykh nu-zhd*. – 2013. – №1(1). – S. 61-73.
29. Roginskaya E.O. Ispol'zovanie pishchevykh dobavok iz syr'ya rastitel'nogo proiskhozhdeniya dlya produktov pitaniya s funkcional'nymi svoystvami / E.O. Roginskaya, T.V. Pilipenko // *Kachestvo i ekologicheskaya bezopasnost' pishchevykh produktov i proizvodstv: materialy IV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii s elementami nauchnoj shkoly dlya molodezhi*. – Tver': Tver. gos. un-t, 2016. – S. 116-120.
30. Pilipenko T.V. Ispol'zovanie syr'ya rastitel'nogo proiskhozhdeniya pri sozdanii produktov pitaniya s funkcional'nymi svoystvami / T.V. Pilipenko // *Nauchnyj al'manah*. – 2016. – №7-1(21). – S. 427-430.
31. Kas'yanov G.I. Tekhnologiya proizvodstva suhih zavtrakov: Uchebno-prakticheskoe posobie. Seriya «Tekhnologiya pishchevykh proizvodstv» / G.I. Kas'yanov, A.V. Burcev, V.A. Grickih. Rostov n/D: Izdatel'skij centr MarT», 2002. 96 s.
32. Kucova A.E. Rynok funkcional'nykh produktov Voronezhskoj oblasti – perspektivnye napravleniya proektirovaniya / A.E. Kucova, N.M. Il'ina, S.I. Matvienko // *Sovremennyye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii. Sbornik statej po materialam II nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh*. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – 416 s. S. 139-144. ISBN 978-5-00097-083-6.

33. Zabodalova L.A. Nauchnye osnovy sozdaniya produktov funktsional'nogo naznacheniya: ucheb.-metod. posobie / L.A. Zabodalova. – SPb.: Universitet ITMO; IHiBT, 2015. – 86 s.
34. Kodencova V.M. Obosnovanie urovnya obogashcheniya pishchevykh produktov vitaminami i mineral'nymi veshchestvami / V.M. Kodencova, O.A. Vrzhesinskaya, V.B. Spirichev, L.N. SHatnyuk // Voprosy pitaniya. – 2010. – Т. 79/ – № 1. – S.23-33.
35. Kiselev V.M. Evolyucionnaya metodologiya proektirovaniya funktsional'nykh produktov pitaniya / V.M. Kiselev, E.G. Pershina // Pishchevaya promyshlennost'. – 2009. – № 11. – S. 57-59.
36. Selivanova D.A. Avtomatizirovannoe proektirovanie receptur pishchevykh produktov / D.A. Selivanova, F.A. Popov, M.N. SHkol'nikova, N.YU. Anufrieva // YUzhno-Sibirskiy nauchnyy vestnik. – 2017. – №3 (19). – S. 5-8.
37. Pershakova T.V. Proektirovanie processov proizvodstva funktsional'nykh produktov na osnove metodologii funktsional'no-stoimostnogo analiza / T.V. Pershakova, L.N. SHubina, I.A. Derenkova, N.N. Naumov // Politematicheskij setевой elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – №111. – S. 143-1258.
38. Martem'yanova L.E. Proizvodstvo funktsional'nykh produktov pitaniya – dolgosrochnaya tendentsiya / L.E. Martem'yanova, YU.S. Savel'eva // Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva. – 2015. Т. 1., №8. – S. 764-768.
39. Kurchaeva E.E. K voprosu prognozirovaniya kachestva funktsional'nykh produktov pitaniya na osnove modifikatsii sostava i sennosnykh tekhnologiy / E.E. Kurchaeva, V.I. Manzhesov // Tekhnologii i tovarovedenie sel'skhozaystvennoy produktsii. – 2015. – №2 (5). – S. 101-107.
40. Shegel'man I.R. Funktsional'nye produkty: napravleniya razrabotki novykh tekhnicheskikh reshenij / I.R. SHegel'man, A.S. Vasil'ev, P.O. SHCHukin // Nauchnoe i obrazovatel'noe prostranstvo: perspektivy razvitiya. Sbornik materialov VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – 2018. – S. 87-88.
41. Tyurina L.E. Tekhnologiya proizvodstva funktsional'nykh myasnykh produktov / L.E. Tyurina, N.A. Tabakov. – Krasnoyarsk, 2011. – 102 s. ISBN 978-5-94617-247-9.
42. Isaeva N.S. Perspektivy primeneniya processa ekstruzii pri proizvodstve funktsional'nykh produktov pitaniya / N.S. Isaeva // Innovatsionnye tekhnologii v pishchevoy promyshlennosti: nauka, obrazovanie i proizvodstvo. Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya. – Voronezh: VGUIT, 2013. – S. 381-382.
43. Bannikova A.V. Innovatsionnye tekhnologii funktsional'nykh produktov s primeneniem vysokogo davleniya dlya sohraneniya nativnoy struktury belkov / A.V. Bannikova, I.A. Evdokimov // Molochnohozyajstvennyy vestnik. – 2016. №2(22). – S. 67-76.

ОБ АВТОРЕ | ABOUT AUTHOR

Шелепина Наталья Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор; ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет экономики и торговли»; Российская Федерация, 302028, г. Орел, ул. Октябрьская, 12; shel-nv@yandex.ru, 8-962-476-19-13

Shelepina Natalia Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor; The Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education «The Orel State University of Economics and Trade»; Russian Federation, 302028, Orel, Oktyabr'skaya St., 12; shel-nv@yandex.ru, 8-962-476-19-13

Дата поступления в редакцию: 15.08.2020

После рецензирования: 23.08.2020

Дата принятия к публикации: 03.09.2020

В. Д. Харитонов [V. D. Kharitonov]¹П. В. Кузнецов [P. V. Kuznetsov]¹В. Т. Габриелова [V. T. Gabrielova]¹Б. А. Даржания [B. A. Darzhaniya]²

УДК 637.137

ВЛИЯНИЕ СТАДИЙНОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ НА СОСТОЯНИЕ ЖИРОВОЙ ФАЗЫ СУХИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**INFLUENCE OF THE SPRAY DRYING PROCESS STAGES ON THE STATE OF THE FAT PHASE OF DRY DAIRY PRODUCTS**¹ Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности / All-Russian research Institute of Dairy Industry² Северо-Кавказский федеральный университет / North Caucasus Federal University

Аннотация. В настоящее время наиболее распространенным способом получения сухих молочных продуктов является распылительная сушка. Данный метод основан на обезвоживании продукта путем испарения влаги в процессе его распыления в горячем воздухе. Наиболее совершенной является двухстадийная распылительная сушка, при которой продукт выводят из камеры с повышенной, по сравнению с нормой, массовой долей влаги (6-8) %, благодаря чему ему предаются термопластические свойства, способствующие агрегации частиц. На следующей стадии продукт досушивается в вибрационных конвективных сушилках в псевдооживленном слое, высушивается в виде агрегатов до массовой доли влаги (4-5) %. В статье представлены экспериментальные данные по влиянию факторов и режимов процесса распылительной двухстадийной сушки цельного молока на содержание в сухих частицах свободного (дестабилизированного) молочного жира.

Материалы и методы, результаты и обсуждение. Объектом проведенных исследований являлось сгущенное и сухое цельное молоко. Отбор и подготовку проб производили по ГОСТ 26809.1-2014 [5]. Хранение отобранных и подготовленных образцов осуществляли в холодильнике при температуре (4±2) °C не более одних суток. Определение массовой доли молочного жира вели по ГОСТ Р 55332-2012 [6].

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о существенном повышении массовой доли свободного жира и, как следствие, снижении восстановительных свойств, после прохождения продуктом виброаппаратов, вибрационных сит и аэрозольтранспортных линий.

Ключевые слова: сухое молоко, двухстадийная сушка, свободный жир, заменитель цельного молока.

Abstract. At present, spray drying is the most common method for producing dry milk products. This method is based on dehydration of the product by evaporation of moisture during spraying in hot air. A two-stage spray drying is the most perfect, in which the product is removed from the chamber with an increased, compared to the norm, mass fraction of moisture (6-8) %, due to which thermoplastic properties are promoted, which contribute to particle agglomeration. At the next stage, the product is dried in a convective vibration dryer in a fluidized bed, dried in the form of agglomerates to a mass fraction of moisture (4-5) %. The article presents experimental data on the influence of factors and process conditions of two-stage spray drying of whole milk on the content of free (destabilized) milk fat in dry particles.

Materials and methods, results and discussion. The object of research was condensed milk and whole milk powder. Sampling and preparation of samples was performed according to GOST 26809.1-2014 [5]. The selected and prepared samples were stored in a refrigerator at a temperature of (4±2) °C for no more than one day. Determination of the mass fraction of milk fat was carried out according to GOST R 55332-2012 [6].

Conclusion. The obtained results indicate a significant increase in the mass fraction of free fat and, as a result, a decrease in the recovery properties after the product passes through vibration devices, vibration sieves and aerosol transport lines.

Key words: milk powder, two-stage drying, free fat, whole milk substitute.

Введение. Одной из основных характеристик сухих молочных продуктов является величина массовой доли, так называемого свободного жира, т.е. жира, частицы которого либо полностью лишены белковых оболочек, либо лишены их частично. Его наличие и количество во многом определяет восстановительные свойства сухих продуктов в целом и их хранимостепособность. Данное обстоятельство обуславливается высокими гидро-

фобными и окислительными характеристиками жировой фазы, не защищённой белковой оболочкой. Кроме того, такой жир имеет склонность к растеканию по поверхности частиц в процессе хранения.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования рассматривается сухое цельное молоко после распылительной сушки. Распылительная сушка, несмотря на значительные энергозатраты, обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами обезвоживания. Это связано с высокой степенью и скоростью диспергирования, т.е. время пребывания обрабатываемого продукта в активной зоне сушки весьма мало. Благодаря этому сухие продукты распылительной сушки обладают высокой пищевой ценностью, и длительное время сохраняют свои питательные свойства [1]. Одновременно реализация данной технологии должна отвечать экономическим показателям ресурсо- и энергопотребления. Наиболее эффективным разрешением данной проблемы является использование многостадийного метода обезвоживания.

Применительно к процессу распылительной сушки существенное повышение её эффективности дает двухстадийный метод. Его реализация предполагает использование распылительных сушилок, оснащённых либо встроенным кипящим слоем, либо дополнительными конвективными вибрационными аппаратами. При этом величина массовой доли сухих веществ на выходе из сушильной камеры поддерживается на уровне 6-8 %, т.е. несколько выше стандартной влажности готового продукта (3-5%), которая обеспечивается на заключительной стадии досушки продукта.

Применение подобной схемы позволяет снизить общие энергозатраты на сушку до 25 %, обеспечить возможность получения продуктов с новыми потребительскими свойствами и варьируемым составом, а также более приемлемыми показателями в области экологической нагрузки на окружающую среду [2, 3, 4]. Кроме того, данный способ позволяет получать продукты с частично агломерированной структурой при минимальном температурном воздействии на частицы, что позволяет улучшить восстановительные характеристики (пористость, растворимость и т.п.) как обезжиренных, так и жиросодержащих продуктов [2].

Для определения свободного (дестабилизированного) жира в сухих образцах нами использован метод, основанный на адсорбции дестабилизированного жира на силикагеле, его последующем элюировании органическим растворителем, удалении растворителя и взвешивании выделившегося свободного (дестабилизированного) жира [6].

Результаты и обсуждения. Разработанные в настоящее время варианты аппаратного оформления процессов двухстадийной распылительной сушки позволяют вырабатывать продукты, обладающие заданными физико-химическими показателями и обеспечивающие более технологичное и удобное их использование [1,2]. Однако появление при этом дополнительных операций отрицательно сказывается на таком показателе, во многом определяющем восстановительные свойства и хранимоспособность жиросодержащих продуктов, как массовая доля свободного жира (СЖ). В наибольшей степени это относится к операциям, связанным с транспортированием сухого продукта, с отсевом комков и с дозированием при фасовке.

В общем виде изменение СЖ по различным стадиям процесса можно представить в виде следующей матрицы

$$\begin{pmatrix}
 \text{Операция 1} & \text{Операция 2} & \dots\dots\dots & \text{Операция } m \\
 \Delta CЖ_1 & \Delta CЖ_2 & \dots\dots\dots & \Delta CЖ_m \\
 Ж_1 & Ж_2 & \dots\dots\dots & Ж_m \\
 C_1 & C_2 & \dots\dots\dots & C_m \\
 \dots\dots\dots & \dots\dots\dots & \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\
 \text{параметры обработки продукта по операциям}
 \end{pmatrix} \quad (1)$$

где: $\Delta CЖ_1, \Delta CЖ_2, \dots, \Delta CЖ_m$ – изменение массовой доли (содержания) свободного жира по соответствующим операциям процесса переработки продукта; $Ж_1, Ж_2, \dots, Ж_m$ – массовая доля (содержание) жира в продукте на соответствующих операциях процесса его переработки; $C_1, C_2, \dots, C_m$ – массовая доля (содержание) сухих веществ в продукте на соответствующих операциях процесса его переработки.

Вид данной матрицы применительно к конкретной технологии определяется количеством операций на каждой из её стадий и режимных параметров осуществления последних. Заметим, что соотношение содержания жира и сухих веществ, в зависимости от технологии, может изменяться на тех или иных стадиях производства.

Представление параметров процессов и характеристик продукта в матричном виде позволяет решать разнообразные многопараметрические задачи методами линейной алгебры, а также прогнозировать ожидаемые результаты используемых технологий. Аналогичная концепция применима также для оптимизации этих технологий в части ресурс- и энергозатрат. Однако применение рассматриваемого метода накладывает ряд ограничений на составляющие матрицу данные, основным из которых является линейный или максимально приближенный к линейному характер взаимозависимости представленных данных. В случае значительного отличия зависимостей от линейности приходится разделять рассматриваемую операцию на отдельные участки.

Как было указано выше, восстановительные свойства и хранимоспособность жиросодержащих продуктов во многом определяются таким показателем, как содержание свободного жира. Дополнительные операции на стадиях предварительной подготовки молока, его сгущения и сушки могут оказывать на содержание свободного жира как отрицательное, так и положительное воздействие.

Изучение влияния технологических процессов на величину СЖ проводили на дисковых и форсуночных распылительных установках. Установки содержат сушильную камеру, в которой осуществляют сушку распыленного продукта (1-я стадия сушки), виброаппараты, в которых продукт досушивают в кипящем слое до стандартной влажности (2-я стадия сушки – досушка) и охлаждают, систему транспортирования высушенного продукта, вибрационное сито для отделения комков от основной массы продукта, систему промежуточного хранения последнего, систему фасовки и упаковки готового продукта. Установки включают также системы циклонной очистки воздуха, отработанного в сушильных камерах и в виброаппаратах.

Приведенные ниже результаты исследований могут служить для оценки характера и интенсивности влияния режимных параметров воздействия на величину СЖ в продукте. В качестве последнего служило сухое цельное молоко. Температура воздуха в процессе сушки составляла: на входе в сушильную камеру – 170-185°C, на входе в виброаппараты для досушки продукта – (70-115) °C, на выходе из сушильной камеры – (70-85) °C. При этом массовую долю влаги в продукте на выходе из сушильной камеры поддерживали на уровне (6-8) %, а массовую долю влаги в сухом цельном молоке – не более 4,0%.

Существенное влияние на СЖ в готовом продукте оказывает массовая доля сухих веществ в подготовленном для сушки сгущённом молоке. Данную серию опытов проводили в конце плановой сушки на дисковой сушильной установке следующим образом. За один-полтора часа до завершения сушки производили остановку процесса и сухую чистку оборудования. При этом обеспечивали заполнение приёмной ёмкости сгущённого молока в размере около половины её объёма. Затем добавляли в эту ёмкость при перемешивании в произвольном количестве воду и вновь запускали сушилку приблизительно на 30 мин. Указанные действия повторяли 5-6 раз до достижения содержания сухих веществ в продукте, подаваемом на сушку 10-12 %. Результаты эксперимента приведены на графике (рисунок 1).

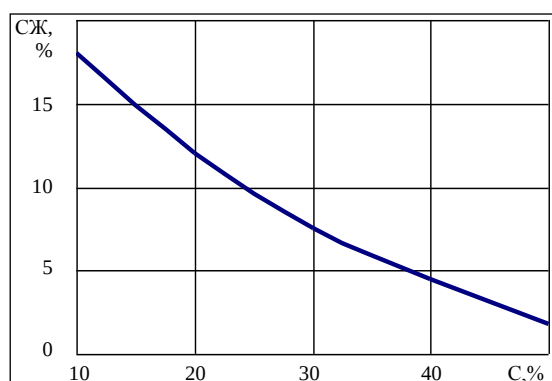


Рис. 1. Зависимость содержания СЖ в готовом продукте от массовой доли сухих веществ (С) в подготовленном для сушки сгущённом молоке

Снижение СЖ в готовом продукте при возрастании массовой доли сухих веществ в сгущённом молоке можно объяснить увеличением среднего размера частиц, благодаря чему в процессе формирования их структуры часть жира оказывается закрытой компонентами молока. Кроме того, можно отметить практически линейную обратную зависимость СЖ от содержания сухих веществ в поступающем на сушку молоке в реальном диапазоне (30-50 %).

Следует отметить, что положительное влияние на величину СЖ в конечном продукте, т.е. существенное её снижение, оказывает гомогенизация сгущённого молока [9]. На рисунке 2 приведена зависимость массовой доли СЖ от давления гомогенизации сгущённого молока.

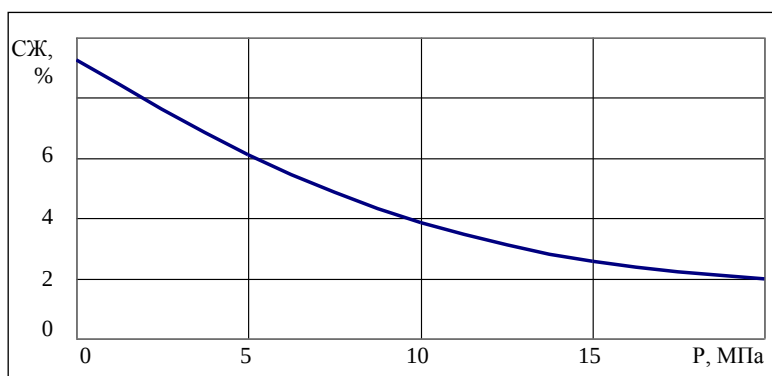


Рис. 2. Зависимость СЖ от давления гомогенизации (Р) сгущённого молока

Проведение гомогенизации сгущённого молока позволяет предварительно диспергировать жировые частицы и создать на их поверхности защитные белковые оболочки. Как и в случае зависимости содержания СЖ от содержания сухих веществ в поступающем на сушку сгущённом молоке зависимость на рисунке 2 в реальном диапазоне изменения давления гомогенизации можно рассматривать как обратную линейную.

Аналогичный эффект наблюдается при сушке цельного молока на форсуночной распылительной сушилке. Зависимость содержания СЖ от давления на форсунках представлена на рисунке 3.

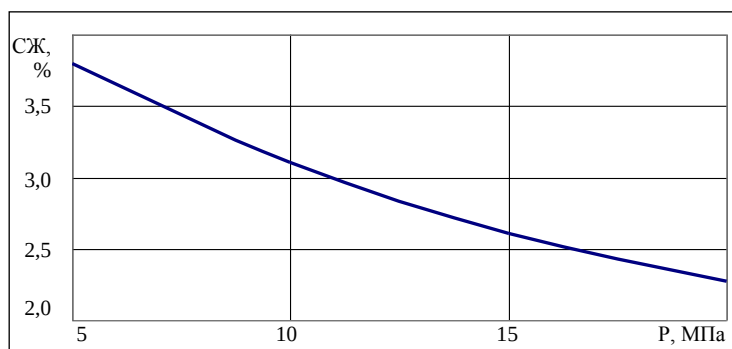


Рис. 3. Зависимость СЖ от давления на форсунках (Р)

Как видно из графика на рисунке 3 при увеличении давления на форсунках содержание СЖ в сухом продукте снижается, что свидетельствует о наличии определённого гомогенизирующего эффекта данного метода распыливания. Как и в предыдущих случаях, в рабочем диапазоне давлений распыливания (10-20 МПа), это снижение носит характер близкий к линейному.

Высушенный в сушильной камере продукт подвергается ряду механических и тепловых воздействий в результате осуществления дополнительных технологически необходимых операций (досушка и охлаждение, транспортирование сухого продукта, отсев комков, бункерное хранение, фасовка, хранение).

В таблице приведены данные об изменении СЖ в сухом цельном молоке по отдельным стадиям процесса сушки, досушки, транспортировки и дополнительной обработки готового сухого продукта.

Представленные в таблице данные свидетельствуют о существенном влиянии приёмов дополнительной обработки высушенных продуктов на состояния молочного жира из-за разрушения первоначальной структуры частиц. Заметное увеличение СЖ в продукте, после его прохождения вибрационного сита и линии транспортирования, свидетельствует о значительном разрушении агломерированной структуры в результате механического воздействия на частицы. Доля одиночных частиц при этом может увеличиваться в 2-3 раза.

Таблица

Содержание СЖ по отдельным операциям дополнительной обработки готового сухого продукта
(в скобках приведены данные изменения СЖ относительно начальных значений)

Точка отбора проб	Метод распыливания	
	Дисковый	Форсуночный
Выход из сушильной камеры	5,6	6,1
Выход из вибросита	6,8 (+21%)	7,5 (+23%)
Выход из линии транспортирования	9,2 (+64%)	7,9 (+30%)
Выход из бункеров	9,5 (+70%)	8,1 (+33%)
Расфасованный продукт	10,3 (+84%)	8,4 (+38%)

Заключение. Таким образом, можно констатировать, что наибольшие нарушения структуры, выражающиеся в уменьшении доли наиболее крупных частиц (агломератов), и наиболее существенное увеличение доли свободного жира, наблюдаются после прохождения продукта через вибрационное сито и аэрозольтранспортные линии. Т.е. указанные операции оказывают наибольшее отрицательное воздействие на восстановительные свойства сухих продуктов. С целью достижения наименьшего СЖ в сухом молоке, а, следовательно, и улучшения его восстановительных свойств необходимо обеспечить наиболее «мягкую» транспортировку высушенного продукта с помощью ковшового транспортера.

Тенденции изменения стабильности жировой фазы в процессе производства сухого молока в определенной степени распространяются и на другие сухие молочные продукты, например, на сухие заменители цельного молока (ЗЦМ) для выпойки молодняка сельскохозяйственных животных [7,8]. При этом следует учитывать принципиальное отличие состава жировой фазы ЗЦМ и сухого цельного молока, на которое оказывает влияние процесс сгущения и гомогенизации молочно-растительной смеси [10]. Поскольку в ЗЦМ, в отличие от сухого цельного молока, используются жиры немолочного происхождения, возникает необходимость изменения режимов эмульгирования смеси перед сушкой [7,8]. Кроме этого, стабильность жиров немолочного происхождения ЗЦМ в процессе хранения может отличаться от поведения жировой фазы сухого молока, что требует проведения дополнительных экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липатов Н.Н. Сухое молоко / Н.Н. Липатов, В.Д. Харитонов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 264с.
2. Харитонов В.Д. Двухстадийная сушка молочных продуктов / В.Д. Харитонов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 215с.
3. Kharitonov V.D. Some Peculiarities related to formation of Dried Milk Products properties / V.D. Kharitonov, M.Ya. Burlev, P. V. Kuznetsov, P. Mertin // Food and Raw Materials, 2017. – Vol. 5. – № 2. – P. 161-167.
4. Masters K. Spray Drying. Handbook /K. Masters// Halstead Press/ 4 th ed. – New York, 1985. – 696 p.
5. ГОСТ 26809.1-2014. Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молокосодержащие продукты.
6. ГОСТ Р 55332-2012. Молоко и молочные продукты. Методы определения свободного (дестабилизированного) жира. Национальный стандарт Российской Федерации.
7. Володин Д.Н. Особенности технологии ЗЦМ на основе вторичного молочного сырья / Д.Н. Володин, А.С. Гридин, И.А. Евдокимов, П. Мертин, П. Гулько // Переработка молока. – №7(237). – 2019.– С. 32-34.
8. Асафов В.А. Анализ современных способов производства ЗЦМ для кормления молодняка сельскохозяйственных животных / В.А. Асафов, Н.Л. Танькова, Е.Л. Исакова // Федеральное агентство по ветеринарному и зооветеринарному надзору. – СПб. – № 7. – Сентябрь. – 2019. – С. 64-66.
9. Петров А.Н. Аналитический подход к оценке устойчивости жировой фазы молочных консервов без учета коагуляции жировых шариков / А.Н. Петров, А.Г. Галстян, А.Ю. Золотин // Теоретический журнал РАСХН «Хранение и переработка сельхоз-сырья». – №7. – 2006. – С. 31-34.
10. Володин Д.Н. Современное оборудование для сгущения молочного сырья / Д.Н. Володин, А.С. Гридин, И.А. Евдокимов, И.К. Куликова, В.С. Трофимов, П. Мертин, П.А. Гулько, В. Петров // Молочная промышленность. – №10. – 2018. – С.11-13.

REFERENCES

1. Lipatov N.N. Suhoe moloko / N.N. Lipatov, V.D. Haritonov. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1981. – 264s.
2. Haritonov V.D. Dvuhstadijnaya sushka molochnyh produktov / V.D. Haritonov. – M.: Agropromizdat, 1986. – 215s.
3. Kharitonov V.D. Some Peculiarities related to formation of Dried Milk Products properties / V.D. Kharitonov, M.Ya. Burlev, P. V. Kuznetsov, P. Mertin // Food and Raw Materials, 2017. – Vol. 5. – № 2. – P. 161-167.
4. Masters K. Spray Drying. Handbook /K. Masters// Halstead Press/ 4 th ed. – New York, 1985. – 696 r.

5. GOST 26809.1-2014. Moloko i molochnaya produkcija. Pravila priemki, metody otbora i podgotovka prob k analizu. CHast' 1. Moloko, molochnye, molochnye sostavnye i molokosoderzhashchie produkty.
6. GOST R 55332-2012. Moloko i molochnye produkty. Metody opredeleniya svobodnogo (destabilizirovannogo) zhira. Nacion-al'nyj standart Rossijskoj Federacii.
7. Volodin D.N. Osobennosti tekhnologii ZCM na osnove vtorichnogo molochnogo syr'ya / D.N. Volodin, A.S. Gridin, I.A. Evdokimov, P. Mertin, P. Gul'ko // Pererabotka moloka. – №7(237). – 2019. – S. 32-34.
8. Asafov V.A. Analiz sovremennyh sposobov proizvodstva ZCM dlya kormleniya molodnyaka sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh / V.A. Asafov, N.L. Tan'kova, E.L. Iskakova // Federal'nyj zhurnal "AgroForum", "Effektivnoe zhivotnovodstvo". – SPb. – № 7. – Sentyabr'. – 2019. – S. 64-66.
9. Petrov A.N. Analiticheskij podhod k ocenke ustojchivosti zhirovoj fazy molochnyh konservov bez ucheta koagulyacii zhirovyyh sharikov / A.N. Petrov, A.G. Galstyan, A.YU. Zolotin // Teoreticheskij zhurnal RASKHN «Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya». – №7. – 2006. – S. 31-34.
10. Volodin D.N. Sovremennoe oborudovanie dlya sgushcheniya molochnogo syr'ya / D.N. Volodin, A.S. Gridin, I.A. Evdokimov, I.K. Kulikova, V.S. Trofimov, P. Mertin, P.A. Gul'ko, V. Petrov // Molochnaya promyshlennost'. – №10. – 2018. – S.11-13.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Харитонов Владимир Дмитриевич, доктор технических наук, гл.науч.сотр, академик РАН. ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», 115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская 35, корп. 7; Телефон: +7(985)769-38-79, e-mail: gnu-vnimi@yandex.ru
Kharitonov Vladimir Dmitrievich, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Academician of the Russian Academy of Sciences; FGANU "All-Russian Scientific Research Institute of the Dairy Industry", 115093, Russia, Moscow, Lyusinovskaya str. 35, bldg. 7; + 7 (985) 769-38-79, e-mail: gnu-vnimi@yandex.ru

Кузнецов Павел Владимирович, кандидат технических наук, вед.науч. сотр., лаборатории «Молочных консервов»; ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», 115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская 35, корп. 7; +7 (910) 465-05-36, e-mail: p_kuznetsov@vnimi.org

Kuznetsov Pavel Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Laboratory of «Canned Milk»; FGANU "All-Russian Scientific Research Institute of the Dairy Industry", 115093, Russia, Moscow, Lyusinovskaya str. 35, bldg. 7; + 7 (910) 465-05-36, e-mail: p_kuznetsov@vnimi.org

Габриелова Валентина Тихоновна, ст.науч. сотр; лаборатории «Молочных консервов»; ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», 115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская 35, корп. 7; +7 (903) 196-39-61, e-mail: v_gabrielova@vnimi.org
Gabrielova Valentina Tikhonovna, senior researcher; Laboratory of «Canned Milk»; FGANU "All-Russian Scientific Research Institute of the Dairy Industry", 115093, Russia, Moscow, Lyusinovskaya str. 35, bldg. 7; + 7 (903) 196-39-61, e-mail: v_gabrielova@vnimi.org

Даржания Борис Александрович, аспирант кафедры прикладной биотехнологии; ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина 1; +7(918)873-68-90, e-mail: bdarzhaniya@yandex.ru

Darzhaniya Boris Alexandrovich, PhD student of the Department of Applied Biotechnology; North Caucasus Federal University, Pushkin str. 1, Stavropol, Russia; +7(918)873-68-90, e-mail: bdarzhaniya@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 15.06.2020

После рецензирования: 13.08.2020

Дата принятия к публикации: 03.09.2020

М. В. Беляков [M. V. Belyakov]
 М. Г. Куликова [M. G. Kulikova]
 М. А. Новикова [M. A. Novikova]

УДК 535.37:664.73

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫПУЧИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

COMPARISON OF REFLECTIVE AND LUMINESCENT SPECTROSCOPY METHODS FOR CONTROLLING THE DEGREE OF GRINDING OF BULK FOOD PRODUCTS

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
 (филиал) в г. Смоленске, г. Смоленск, Россия, e-mail: bmw20100@mail.ru
 National Research University "MPEI" in Smolensk, e-mail: bmw20100@mail.ru

Статья выполнена в рамках гранта РФФИ № 19-48-670004 p_a

Аннотация. Контроль качества сыпучих пищевых продуктов актуален, поскольку от размера и формы частиц зависят показатели качества, технология и продолжительность обработки, скорость химических реакций, усвояемость продукта и др. Среди оптических методов контроля перспективны отражательная и люминесцентная спектроскопия. Данные методы применяются для оценки качества плодов, фруктовых и овощных соков, молока и др.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. Для сравнительной оценки чувствительности методов отражательной и люминесцентной спектроскопии использовали дифракционный спектрофотометр «Spekol 10» и дифракционный спектрофлуориметр «Флюорат-02-Панорама». Были исследованы оптические свойства размолов гороха, чечевицы, булгура, полбы, перловки, гречки, риса и овса. Характеристики отражения размолов схожи между собой: в коротковолновой области (до 460 нм) отражение уменьшается, достигая минимума в диапазоне примерно 450-500 нм. Затем доля отражённого излучения растёт сравнительно резко, но после 700 нм рост замедляется. Зависимости коэффициента отражения от диаметра частиц аппроксимированные линейными функциями являются статистически достоверными для всех исследованных круп, кроме чечевицы и гороха.

Спектры люминесценции размолов при возбуждении излучением с длиной волны 424 нм являются качественно схожими и смещаются вниз при увеличении диаметра частиц. Все зависимости диаметров частиц от потока фотolumинесценции, аппроксимированные линейными функциями, являются статистически достоверными. Чувствительности при люминесцентном методе выше, чем при отражательном.

Заключение. Можно сделать вывод о наличии преимуществ люминесцентного метода перед отражательным. Экспресс-диагностика степени измельчения с возбуждением фотolumинесценции в диапазоне около 424 нм и её регистрацией в диапазоне 450-650 нм может быть рекомендована для семян различных культур, круп и других сыпучих пищевых продуктов.

Ключевые слова: размолы, степень измельчения, сыпучие пищевые продукты, поток фотolumинесценции, отраженное излучение, чувствительность.

Abstract. Quality control of bulk food products is relevant, because the size and shape of the particles depends on the speed of chemical reactions, the digestibility of the product, etc. Among the optical control methods, reflective and luminescent spectroscopy are promising. These methods are used to evaluate the quality of fruits, fruit and vegetable juices, milk, etc.

Materials and methods, results and discussions. A diffraction spectrophotometer "Spekol 10" and a diffraction spectrofluorometer "Fluorat-02-Panorama" were used to compare the sensitivity of reflective and luminescent spectroscopy methods. The optical properties of grinding peas, lentils, bulgur, spelt, pearl barley, buckwheat, rice and oats were studied. The reflection characteristics of the grinds are similar: in the short-wave region (up to 460 nm), the reflection decreases, reaching a minimum in the range of about 450-500 nm. Then the proportion of reflected radiation increases relatively sharply, but after 700 nm the growth slows down. The dependence of the reflection coefficient on the particle diameter approximated by linear functions is statistically reliable for all studied cereals, except for lentils and peas.

The luminescence spectra of grinds when excited by radiation with a wavelength of 424 nm are qualitatively similar and shift downwards as the particle diameter increases. All dependences of particle diameters on the photoluminescence flux approximated by linear functions are statistically reliable. The sensitivity of the luminescent method is higher than that of the reflective method.

Conclusion. We can conclude that there are advantages of the luminescent method over the reflective one. Rapid diagnostics of the degree of grinding with the excitation of photoluminescence in the range of about 424 nm and its registration in the range of 450-650 nm can be recommended for seeds of various crops, cereals and other bulk foods.

Key words: grinding, degree of grinding, bulk food products, photoluminescence flow, reflected radiation, sensitivity.

Introduction. The quality and safety of food products are relevant in modern conditions of development of society. The rapid growth of production and the expansion of the range of products have led to the fact that the consumer needs a guarantee of safety and high quality at all stages of food production and their sale. The degree of assessing the quality of grinding products is one of the most promising and important directions for the development and digitalization of the food industry, since the quality indicators, the method and time of processing, the rate of chemical reactions, the digestibility of the product and much more depend on the size and shape of the particle. When developing various methods and devices for assessing the quality of bulk products, it is advisable to study their optical properties. Here, the two main areas are diagnostics based on the properties of reflection and luminescence. The advantages of these methods are that they do not cause destruction of products, they are non-contact, selective and express. To carry out the analysis by these methods, a minimum amount of the test sample is sufficient.

Reflection and luminescence spectroscopy methods are widely used in agriculture and food industry to diagnose the quality of products. Near infrared spectroscopy is used to authenticate agricultural and food products [1]. A portable device designed for visualization of fluorescent radiation has been developed [2]. To assess the quality of fruits, methods of hyperspectral imaging have been proposed [3-6].

A study was carried out based on the technique of using hyperspectral diffuse reflection to quickly determine the optical properties of fruit and vegetable juices and milk [7]. For express diagnostics of toxins in milk (antibiotics, salts, metals, etc.), a laser device was proposed based on comparing the intensities of elastic scattering radiation of three semiconductor lasers with different wavelengths in the near infrared range [8]. A laser device was also developed to determine the protein and fat content in milk [9].

Materials and methods. For a comparative assessment of the sensitivity of reflective and luminescence spectroscopy methods, we studied the optical properties of grinding peas, lentils, bulgur, spelled, pearl barley, buckwheat, rice and oats. Grinding was carried out in an electric mill with metal knives. Grinding sizes of 0.41 mm, 1.0 mm, 2.25 mm, 3.5 mm, 4.5 mm and 5.5 mm were obtained. The sieve method was used as an arbitration method for determining the particle diameter of grinding. Reflective properties were studied using a Spekol 10 diffraction spectrophotometer with an $Rd / 0$ attachment. Measurements of the spectral reflectance $\rho(\lambda)$ were carried out in the wavelength range of 380-850 nm with a repetition of 5 times at each wavelength with an interval of 10 nm. Then the results were averaged. The value of the integral reflection coefficient was determined by the formula:

$$\rho_{\text{инт}} = \frac{\int_{380}^{850} \rho_{\lambda} \cdot \varphi_A d\lambda}{\int_{380}^{850} \varphi_A d\lambda}, \quad (1)$$

where φ_A – is a relative spectral flux density of a standard type A source; ρ_{λ} is the spectral reflectance.

The spectral luminescent properties were investigated on a Fluorat-02-Panorama spectrofluorometer according to a previously developed technique [10]. The spectral characteristics of excitation $\eta_{\text{ex}}(\lambda)$ and luminescence $\varphi_{\text{л}}(\lambda)$ of seed grinding were measured. The integral values of photoluminescence fluxes were determined by the formula:

$$\Phi = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi_{\text{л}}(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

where $\varphi_{\text{л}}(\lambda)$ – is a spectral characteristic of luminescence; λ_1 and λ_2 are the boundaries of the spectral range.

The sensitivity values of both methods were calculated using the formulas:

$$S_{\rho} = \left| \frac{\Delta \rho}{\Delta d} \right|, \quad (3)$$

$$S_{\Phi} = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta d} \right|, \quad (4)$$

where $\Delta \rho$ and $\Delta \Phi$ are changes in the reflection coefficient and luminescence flux, respectively, Δd is a change in the diameter of grinding particles.

Results and discussion. The results of measurements of the spectral characteristics of the reflection of lentil grinding are shown in Figure 1.

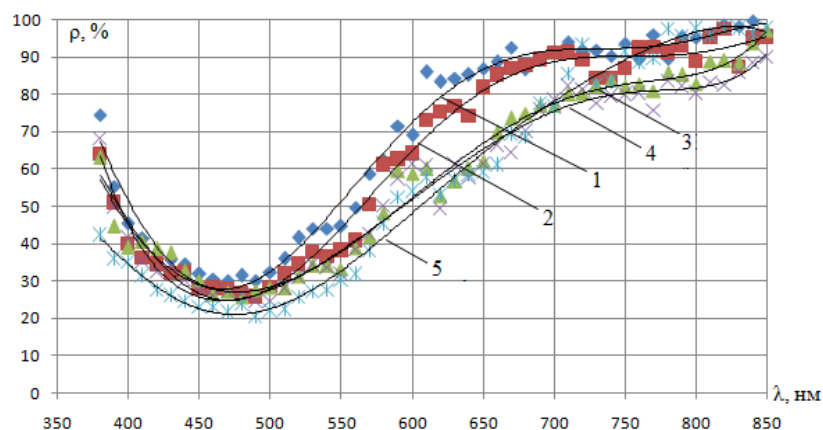


Fig. 1. Spectral reflection characteristics of lentil grinding: 1 - for particles with a size of 0.41 mm; 2 - for particles with a size of 1.0 mm; 3 - for particles with a size of 2.25 mm; 4 - for particles with a size of 3.5 mm; 5 - for particles with a size of 4.5 mm

It can be seen from the figure that in the short-wavelength region (up to 460 nm) reflection decreases, reaching a minimum in the range of about 450-500 nm. Then the fraction of reflected radiation grows relatively sharply, but after 700 nm the growth slows down. As the particle size increases, the characteristics shift downward, which is especially noticeable in the 500-700 nm region.

The formula (1) was used to calculate the integral reflectance for lentils. The results are shown in Table 1.

Table 1

Dependence of the integral reflectance on the particle size of lentils

$\rho_{\text{инт}}, \%$	83	79	72	69	74
$d, \text{ мм}$	0,41	1,0	2,25	3,5	4,5

This dependence, in general, is not systemic. Based on the results of Table 1, we will construct a graph of the dependence of the integral reflection coefficient on the average size and carry out its linear approximation (Figure 2), as the most suitable for calibrating devices that implement the control technique for reflective properties.

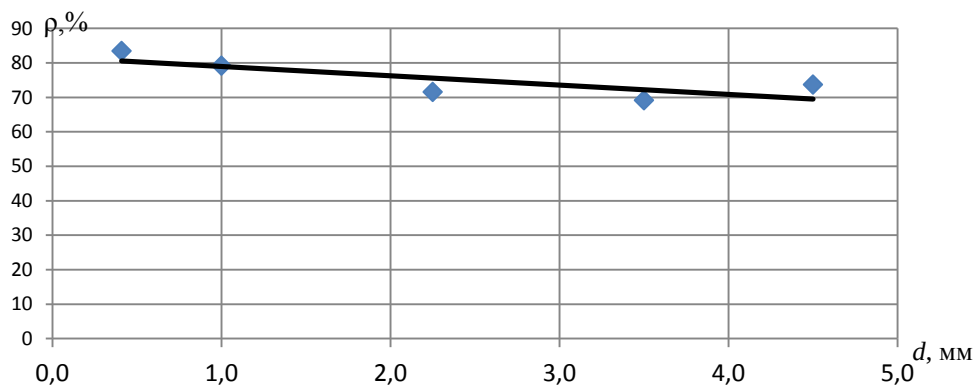


Fig. 2. Approximation of the dependence of the average particle size on the integral reflection coefficient for lentil grinding

Equation of approximation of the dependence, which makes it possible to determine the particle diameter by the reflection coefficient:

$$d = -0,236 \cdot \rho + 20,2. \quad (5)$$

The coefficient of determination of the approximation equation for lentils is $R^2 = 0.607$. This suggests that the linear approximation method for lentils is not statistically significant. Sensitivity value for lentils, calculated by the formula (3) $S_p = 2,57(\%/mm)$.

For grinding other products, similar dependences were obtained (6) ... (10). The results of calculating the sensitivity and determination coefficients for linear approximation are presented in Table 2.

For bulgur:

$$d = -0,100 \cdot \rho + 8,4; \quad (6)$$

for peace:

$$d = -0,093 \cdot \rho + 9,6; \quad (7)$$

for spelled:

$$d = -0,143 \cdot \rho + 10,8; \quad (8)$$

for pearl barley:

$$d = -0,237 \cdot \rho + 20,4; \quad (9)$$

for oats:

$$d = -0,137 \cdot \rho + 12,0. \quad (10)$$

Table 2

Sensitivity of the reflective method and coefficients of determination of the approximation equations for bulk products

Product name	R^2	S_p , %/mm
Bulgur	0,978	9,73
Peas	0,056	0,60
Spelled	0,965	6,74
Pearl barley	0,809	3,41
Oats	0,994	7,24

From Table 2, we see that for peas, as well as for lentils, the linear approximation model is not significant.

The results of measurements of the excitation spectra $\eta_0(\lambda)$ and photoluminescence $\varphi_n(\lambda)$ in relative units (p.u.) for the example of lentils are shown in Figure 3. Each curve in the graphs is the average value of 15 curves of individual samples of a certain fraction. To excite the luminescence of lentils, a peak with a wavelength of 424 nm was used, obtained in earlier studies [11].

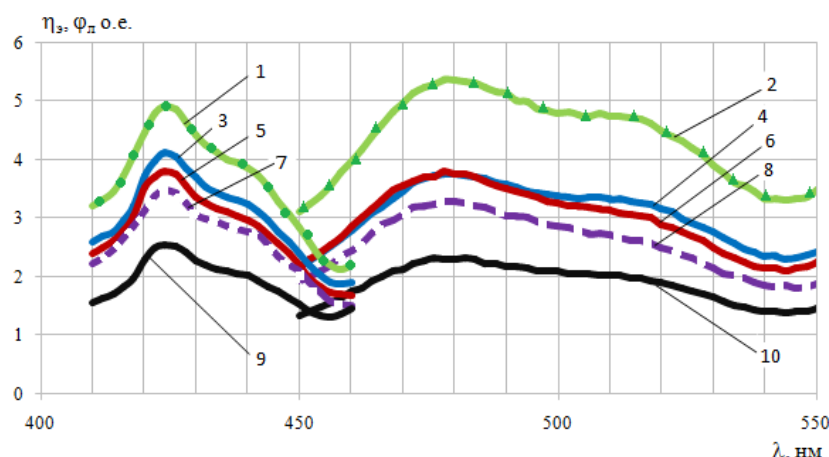


Fig. 3. Average excitation (1,3,5,7,9) and luminescence (1,4,6,8,10) spectra of lentil and its grinding: 1, 2 - 0.41 mm; 3, 4 - 1 mm; 5, 6 - 2.25 mm; 7, 8 - 3.5 mm; 9, 10 - 4.5 mm

As the particle size increases, the curves noticeably shift downward. It can also be seen from the figure that all the peaks of the excitation spectra are at a wavelength of 424 nm, and the luminescence is in the range of 470-490 nm.

Table 3 shows the results of processing the luminescence and excitation spectra of lentils and their grinding.

Based on the results of Table 3, we plot the dependence of the luminescence flux on the average size for lentils (Figure 4).

Equation of linear approximation of the dependence of the particle diameter on the photoluminescence flux:

$$d = -0,0188\Phi + 7,653. \quad (11)$$

Coefficient of determination for lentils $R^2 = 0,920$, which indicates a good accuracy of this approximation method for lentils. Sensitivity value for lentils, calculated by the formula (4), $S_\Phi = 48,9$ (o.e./mm).

Table 3

Results of processing the excitation and luminescence spectra of lentils

Average particle size, mm	excitation spectra			$\Delta\lambda$, нм	luminescence spectra		
	H, o.e.	$\lambda_{\text{в. макс.}}, \text{нм}$	$\eta_{\text{э. макс.}}, \text{о.е.}$		Φ , o.e.	$\lambda_{\text{в. макс.}}, \text{нм}$	$\Phi_{\text{л. макс.}}, \text{о.е.}$
Solid (4.5)	96	423	2,55	55	174	476	2,31
3,5	130	424	3,48	54	241	478	3,27
2,25	140	424	3,79	52	277	478	3,81
1	152	424	4,12	56	314	478	4,12
0,408	182	424	4,92	56	407	478	5,36

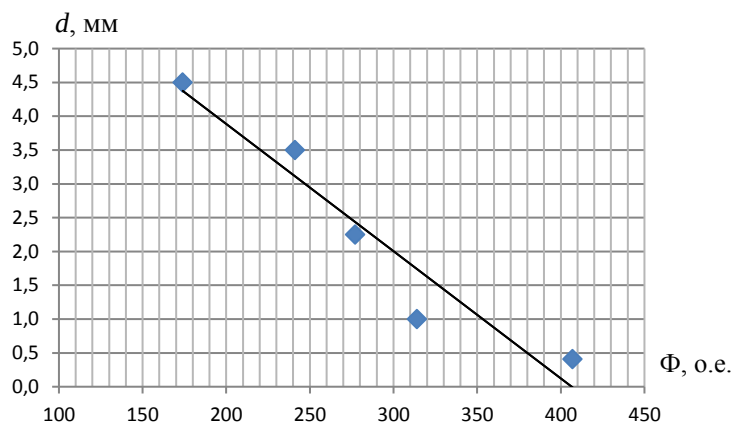


Fig. 4. Approximation curves of the dependence of the average particle size on the luminescence flux for lentils

For other investigated mills, similar linear approximation equations were obtained:

- for pearl barley

$$d = -0,005\Phi + 8,23, \quad (12)$$

- for spelled

$$d = -0,003\Phi + 5,67, \quad (13)$$

- for buckwheat

$$d = -0,008\Phi + 3,96, \quad (14)$$

- for peas

$$d = -0,011\Phi + 10,91, \quad (15)$$

- for oats

$$d = -0,022\Phi + 5,490, \quad (16)$$

- for brown rice

$$d = -0,008\Phi + 4,470, \quad (17)$$

- for white rice

$$d = -0,005\Phi + 5,145. \quad (18)$$

The results of calculating the sensitivity and determination coefficients for linear approximation are presented in Table 4.

Table 4

Sensitivity of the photoluminescence method and coefficients of determination of approximation equations for bulk products

Product name	R^2	S_{Φ} , o. e./mm
Buckwheat	0,927	104,2
Peas	0,945	81,9
Spelled	0,870	231,2
Pearl barley	0,971	193,3
Oats	0,935	40,9
White rice	0,895	174,7
Brown rice	0,982	115,3

Conclusions. It was found that for the spectra obtained by the reflective method, the linear approximation method is not suitable for such cereals as: peas, the coefficient of determination of which $R^2 = 0,056$ and lentils, coeffi-

cient of determination $R^2 = 0.607$. Linear approximation dependences of the particle diameter on the luminescence flux are suitable for all studied cereals, since the coefficient of determination for each cereal is of great importance ($R^2 > 0.8$).

The sensitivity was also measured for each method. It was found that the sensitivities obtained by the luminescence method for the samples under study are higher in the absolute values of the sensitivities obtained by the reflective method.

Thus, we can conclude that there are advantages of the luminescent method over the reflective one. Express diagnostics of the degree of grinding with the excitation of photoluminescence in the range of about 424 nm and its registration in the range of 450-650 nm can be recommended for seeds of various crops, cereals and other bulk food products.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yan Z. Research progress of terahertz wave technology in food inspection / Z. Yan, Y. Ying, H. Zhang, H. Yu // Proc. SPIE 6373, Terahertz Physics, Devices, and Systems, 2006, 63730R. doi:10.1117/12.686840.
2. Lee H. Development of fluorescence based handheld imaging devices for food safety inspection / H. Lee, M. Kim, K. Chao, A. Lefcourt, D. Chan // Proc. SPIE 8721, Sensing for Agriculture and Food Quality and Safety V, 2013, 872109. doi:10.1117/12.2018154.
3. Yahaya O. Simplified optical fiber RGB system in evaluating intrinsic quality of Sala mango/ O. Yahaya, M. Jafri, A. Aziz, A. Omar // Optical Engineering, 2015, 54(6), 067108. doi:10.1117/1.OE.54.6.067108.
4. Moraga G. Implication of water activity and glass transition on the mechanical and optical properties of freeze-dried apple and banana slices / G. Moraga, P. Talens, M. Moraga, N. Martínez-Navarrete // Journal of Food Engineering, 2011, 106, 212-212. doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.05.009.
5. Cen H. Peach maturity/quality assessment using hyperspectral imaging-based spatially resolved technique / H. Cen, R. Lu, F. Mendoza, D. Ariana // Proc. SPIE 8027, Sensing for Agriculture and Food Quality and Safety III, 2011, 80270L. doi:10.1117/12.883573.
6. Udomkun P. Multi-sensor approach to improve optical monitoring of papaya shrinkage during drying / P. Udomkun, M. Nagle, D. Argyropoulos, B. Mahayothee, J. Muller // Journal of Food Engineering, 2016, 189, 82-89. doi:10.1016/j.jfoodeng.2016.05.014.
7. Qin J. Hyperspectral diffuse reflectance for determination of the optical properties of milk and fruit and vegetable juices / J. Qin, R. Lu // Proc. SPIE 5996, Optical Sensors and Sensing Systems for Natural Resources and Food Safety and Quality, 2005, 59960Q. doi:10.1117/12.630691.
8. Moguilnaia T. Laser instrumentation for express diagnostics of impurities and toxins in liquid food / T. Moguilnaia, E. Saguitova, K. Prokhorov, E. Grebenuk, N. Grebenuk // Proc. SPIE 4206, Photonic Detection and Intervention Technologies for Safe Food. 2001, doi:10.1117/12.418736.
9. Saguitova, E. Laser instrumentation for express-diagnostics of soy in dairy products / E. Saguitova, T. Moguilnaia, K. Prokhorov, A. Botikov // Proc. SPIE 5271, Monitoring Food Safety, Agriculture, and Plant Health. 2004, doi:10.1117/12.518519.
10. Беляков М.В. Разработка фотолюминесцентного метода определения влажности продукции растениеводства / М.В. Беляков, М.Г. Куликова, М.А. Новикова // Научная жизнь. – 2016. – № 10. – С. 4-11.
11. Беляков М.В. Сравнительный анализ люминесцентных характеристик белого и бурого риса/ М.В. Беляков, М.Г. Куликова, М.Д. Самарин // Энергетика, информатика, инновации – 2018. Сб. трудов VIII -ой Межд. науч.-техн. конф. В 3 т. Т 3. Смоленск «Универсум», 2018. – С. 27-31.

REFERENCES

1. Yan Z. Research progress of terahertz wave technology in food inspection / Z. Yan, Y. Ying, H. Zhang, H. Yu // Proc. SPIE 6373, Terahertz Physics, Devices, and Systems, 2006, 63730R. doi:10.1117/12.686840.
2. Lee H. Development of fluorescence based handheld imaging devices for food safety inspection / H. Lee, M. Kim, K. Chao, A. Lefcourt, D. Chan // Proc. SPIE 8721, Sensing for Agriculture and Food Quality and Safety V, 2013, 872109. doi:10.1117/12.2018154.
3. Yahaya O. Simplified optical fiber RGB system in evaluating intrinsic quality of Sala mango/ O. Yahaya, M. Jafri, A. Aziz, A. Omar // Optical Engineering, 2015, 54(6), 067108. doi:10.1117/1.OE.54.6.067108.
4. Moraga G. Implication of water activity and glass transition on the mechanical and optical properties of freeze-dried apple and banana slices / G. Moraga, P. Talens, M. Moraga, N. Martínez-Navarrete // Journal of Food Engineering, 2011, 106, 212-212. doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.05.009.
5. Cen H. Peach maturity/quality assessment using hyperspectral imaging-based spatially resolved technique / H. Cen, R. Lu, F. Mendoza, D. Ariana // Proc. SPIE 8027, Sensing for Agriculture and Food Quality and Safety III, 2011, 80270L. doi:10.1117/12.883573.
6. Udomkun P. Multi-sensor approach to improve optical monitoring of papaya shrinkage during drying / P. Udomkun, M. Nagle, D. Argyropoulos, B. Mahayothee, J. Muller // Journal of Food Engineering, 2016, 189, 82-89. doi:10.1016/j.jfoodeng.2016.05.014.
7. Qin J. Hyperspectral diffuse reflectance for determination of the optical properties of milk and fruit and vegetable juices / J. Qin, R. Lu // Proc. SPIE 5996, Optical Sensors and Sensing Systems for Natural Resources and Food Safety and Quality, 2005, 59960Q. doi:10.1117/12.630691.
8. Moguilnaia T. Laser instrumentation for express diagnostics of impurities and toxins in liquid food / T. Moguilnaia, E. Saguitova, K. Prokhorov, E. Grebenuk, N. Grebenuk // Proc. SPIE 4206, Photonic Detection and Intervention Technologies for Safe Food. 2001, doi:10.1117/12.418736.

9. Saguitova E. Laser instrumentation for express-diagnostics of soy in dairy products / E. Saguitova, T. Moguilnania, K. Prokhorov, A. Botikov // Proc. SPIE 5271, Monitoring Food Safety, Agriculture, and Plant Health. 2004, doi:10.1117/12.518519.
10. Belyakov M. V. Razrabotka fotoluminescentnogo metoda opredeleniya vlazhnosti produktsii rastenievodstva / M.V. Belyakov, M.G. Kulikova, M.A. Novikova // Nauchnaya zhizn'. – 2016. – No 10. – Pp. 4-11.
11. Belyakov M. V. Sravnitel'nyj analiz lyuminescentnykh harakteristik belogo i burogo risa/ M. V. Belyakov, M. G. Kulikova, M. D. Samarin // Energetika, informatika, innovacii – 2018 . Sb. trudov VIII -oj Mezhd. nauch.-tekhn. konf. V 3 t. T 3. – Smolensk «Universum», 2018. – Pp. 27-31.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Беляков Михаил Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Оптико-электронные системы», филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске, 214013, г. Смоленск, Энергетический проезд, 1, bmw20100@mail.ru, +79203030916

Belyakov Mikhail, Candidate of Technical Sciences, associate Professor, Head of the Department "Optical and Electronic Systems", branch of the Federal state budgetary educational institution of higher education "National Research University "MPEI" in Smolensk, 214013, Smolensk, Energeticheskij proezd, 1, bmw20100@mail.ru, +79203030916

Куликова Марина Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологические машины и оборудование», филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске, 214013, г. Смоленск, Энергетический проезд, 1, kulikova0808@rambler.ru, +79107655009

Kulikova Marina Gennadievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, associate Professor of the Department "Technological Machines and Equipment", branch of the Federal state budgetary educational institution of higher education "National Research University "MPEI" in Smolensk, 214013, Smolensk, Energeticheskij proezd, 1, kulikova0808@rambler.ru, +79107655009

Новикова Марина Александровна, старший преподаватель кафедры «Технологические машины и оборудование», филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске, 214013, г. Смоленск, Энергетический проезд, 1, mar.novikova@ro.ru, +79516986102

Novikova Marina, Senior Lecturer of the Department "Technological Machines and Equipment", branch of the Federal state budgetary educational institution of higher education " national research University "MPEI" in Smolensk, 214013, Smolensk, Energeticheskij proezd, 1, mar.novikova@ro.ru, +79516986102

Дата поступления в редакцию: 15.01.2020

После рецензирования: 13.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020

И. Ф. Горлов [I. F. Gorlov]^{1,2}
 В. В. Крючкова [V. V. Kryuchkova]¹
 М. И. Сложенкина [M. I. Slozhenkina]^{1,2}
 А. Р. Параскевов [A. R. Paraskevov]³

УДК 637.338; 641.0

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЫРНОГО ПРОДУКТА, ОБОГАЩЕННОГО ФИТОКОМПОНЕНТАМИ

THE TECHNOLOGY AND QUALITY ASSESSMENT OF CHEESE PRODUCT ENRICHED WITH PHYTOCOMPONENTS

¹ГНУ НИИ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции», г. Волгоград, Россия

Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd, Russia

²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, Россия ²Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

³ ЗАО «Сыры Кубани – Николаевские сыроварни», п. Выселки, Краснодарский край

³ CJSC Cheese of Kuban - Nikolaev Cheese Dairies, Vyselki, Krasnodar Territory, e-mail: niimmp@mail.ru

Аннотация. Предметом исследовательской работы являются фитокомпоненты: корень пастернака и семена кумина и возможность их использования в производстве сырного продукта в качестве функциональных ингредиентов. Цель работы - теоретическое обоснование использования фитокомпонентов в производстве сырного продукта для придания ему функциональных свойств, разработка технологии и оценка качества.

Объектами исследований являются: молоко-сырьё; корень пастернака и семена кумина; образцы сырных продуктов, выработанные с добавлением фитокомпонентов и контрольный образец – сыр мягкий, типа адыгейского.

При проведении исследований применяли комплекс общепринятых, стандартных и модифицированных методов и методик исследований определения качественных показателей сырных продуктов и фитокомпонентов: массовая доля жира, белка, сухих веществ, содержание пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ, а также микробиологических показателей.

По результатам исследования теоретически обоснована и практически доказана возможность использования пастернака и семян кумина в производстве мягких сыров без созревания. Установлены способ предварительной подготовки, количество и технологический этап внесения фитокомпонентов, оптимизированы режимы производства и разработана технология обогащенного сырного продукта. Проведена комплексная оценка качества, при которой установлено, что разработанный сырный продукт, имеет по сравнению с контрольным образцом более высокие органолептические показатели – 50 баллов, приятный вкус и пряный аромат кумина, с оригинальным рисунком, обладает повышенной пищевой ценностью и бифидогенными свойствами за счет появления пищевых волокон; повысилось содержание всех витаминов и минеральных веществ, появились новые макро- и микроэлементы: кремний, хлор, кобальт, фтор, алюминий.

Внедрение разработанной технологии позволит расширить ассортимент сырных продуктов, направленных на решение проблемы полноценного питания населения, а полезные свойства сырного продукта могут стать основой для стратегии продвижения его на рынке продуктов питания и завоевания определенного сегмента среди конкурентов.

Ключевые слова: фитокомпоненты: корень пастернака, семена кумина (зиры), обогащенный сырный продукт, технология, оценка качества.

Abstract. The subject of the research was phytocomponents: parsnip root and cumin seeds. The purpose of the work was to theoretically substantiate the applicability of the phytocomponents as functional ingredients in cheese production to give it functional properties, as well as develop a technology and assess its quality.

The objects of the research were raw milk, parsnip root, cumin seeds, cheese product prototypes enriched with phytocomponents, and a control sample – Adygeisky soft cheese.

During the research, generally accepted (standard and modified) methods and procedures were used to determine the quality indices of cheese products and phytocomponents, i.e. weight fractions of fat, protein, and dry matter and content of dietary fiber, vitamins, and minerals, as well as microbiological points.

The results of the study enabled theoretical substantiating and practical proving of the applicability of parsnip root and cumin seeds in the production of soft cheeses without ripening. The method of preliminary preparation and the phytocomponents' amount and

technological stage to add them were established; the production modes were optimized; and a technology of a fortified cheese product was developed. Its quality was comprehensively assessed. It was found that in comparison with the control sample, the developed cheese product had higher sensory indices (50 points), a pleasant taste, and spicy aroma of cumin, an original pattern, an increased nutritional value, and bifidogenic properties due to food fibers; the content of all vitamins and minerals increased, new macro- and microelements: silicon, chlorine, cobalt, fluorine, and aluminum – appeared.

If implemented, the developed technology will expand the range of cheese products aimed at solving the problem of adequate nutrition for the population. Useful properties of the cheese product can become the basis for a strategy for its promoting in the food market.

Key words. Phytocomponents; parsnip root, cumin seeds, enriched cheese product, technology, quality assessment.

Introduction. Currently, due to changes in lifestyle, physical inactivity and the use of a sufficiently large amount of synthetic additives in food products to improve its composition, properties and organoleptic characteristics, human nutrition is a huge medical and social problem. In the case of insufficient and improper nutrition, a person experiences poor health, low efficiency, rapid fatigue, diseases associated with metabolic disorders - cardiovascular and oncological diseases, atherosclerosis, diabetes, etc., can develop. All these diseases are a global problem of the 21st century. Therefore, the creation of functional food products (FPP) is of particular relevance [4,10,11,16], which is associated with insufficient provision of the population with vital nutrients, such as vitamins, minerals, amino and fatty acids, dietary fiber, etc. ... Their deficit is observed in representatives of all strata of society, both developing and developed countries of the world.

Cheese is the most popular food in almost all segments of the population. Soft cheeses without ripening are most suitable for increasing the content of deficient nutrients by enriching them with phytocomponents. Taking into account the technological features of cheese production, it becomes possible to obtain a wide range of cheese products with improved consumer properties and a high content of vitamins, minerals, dietary fiber and many biologically active substances. In this connection, the production of new types of cheeses is relevant and timely [3,6,7].

For the development of the technology of the cheese product, preference was given to parsnip root and cumin (cumin) seeds as functional ingredients.

Parsnip (lat. *Pastinaca sativa*) is a perennial herbaceous aromatic plant. The root crop is pleasantly smelling, the pulp is sweetish, grayish-white. Parsnip belongs to dietary products, it contains carotene, vitamin C, vitamins B1, B2, B9, PP; minerals: iron, copper, potassium, phosphorus, calcium, magnesium; carbohydrates, including inulin and dietary fiber. Parsnips contain many essential oils and fructose and sucrose, as well as inulin, harmless even for diabetics. An absolutely unique property of parsnip is the content of substances in it that relieve spasms and attacks of hepatic and renal colic, stimulates appetite and has a beneficial effect on digestion and absorption of food; strengthens the walls of capillaries, is used for the treatment and prevention of cardiovascular diseases and is recommended for diabetics to normalize blood sugar; has an analgesic and expectorant effect, has tonic properties [1,12,13,15].

Cumin seeds (cumin) are rich in proteins, fats, carbohydrates, incl. dietary fiber, minerals and vitamins: β -carotene, B1, B2, B4, B6, E, PP; macroelements (potassium, calcium, phosphorus, magnesium, sulfur), microelements (iron, manganese, zinc, copper, selenium, etc.) [2,9,15].

Cumin seeds are very beneficial for human health: they have antioxidant properties; participate in redox reactions, carbohydrate and energy metabolism; are used for cholelithiasis and kidney stones. The spice has a beneficial effect on the heart and blood vessels, prevents platelet aggregation; relieves headaches; calms the nervous system; improves breathing capacity by enriching the blood with oxygen; increases the digestive capacity of the gastrointestinal tract, promoting the production of digestive enzymes, removes gas, reduces colic, pain and spasms; eliminates problems with the pancreas, liver, kidneys [2,8].

In connection with the above, it follows that the enrichment of soft cheese with parsnips and cumin seeds will increase the chemical composition, nutritional and biological value and give the cheese product a functional orientation.

The aim of the work is to theoretically substantiate the use of phytocomponents: parsnip root and cumin seeds in the production of a cheese product to give it functional properties, development of technology and quality assessment.

Materials and methods.

The research objects are: raw milk according to GOST R 52054-2003; phytocomponents: parsnip root and cumin seeds; samples of cheese products, developed with the addition of phytocomponents, using various methods and

doses of introduction into the milk base; control sample - soft cheese produced in accordance with GOST 33630-2015 "Cheese and Processed Cheese".

When organizing and conducting research, a set of generally accepted, standard and modified research methods was used: determination of the mass fraction of fat - GOST R ISO 2446-2011; protein determination - by the Kjeldahl method according to GOST 34454-2018; thermogravimetric method for determining the mass fraction of dry substances in cheese products according to GOST 28561-90; vitamin C content by titrimetric method according to GOST 24556-89; mass fraction of crude fiber by the Henneberg and Shtoman method according to GOST 31675-2012; organoleptic assessment was carried out in accordance with GOST R ISO 22935-2-2011 and GOST 33630-2015; microbiological indicators were determined according to GOST 32901-2014; the content of vitamins and minerals - by capillary electrophoresis using the Kapel-105M system. Statistical processing of the obtained data and construction of mathematical models was carried out using the Statistica 6.0 software package.

Results and its discussion. The authors preliminary analyzed the literature and patent information on the issue under consideration and substantiated the relevance of developing a technology for a functional cheese product using parsnip root and cumin seeds. According to the results of the study, the organoleptic characteristics and the chemical composition of the phytocomponents presented in Table 1 were established.

Table 1

Qualitative indicators of parsnips and cumin seeds

Name	Quantity, g in 100 g of product		Daily consumption rate, g
	Cumin seeds	Parsnip	
Chemical composition and calorie content			
Protein	17,8 ±0,002	1,4 ±0,002	76,0
Fats	22,3 ±0,003	0,5 ±0,002	56,0
Carbohydrates	33,5 ±0,003	9,2±0,002	219,0
Alimentary fiber	10,5 ±0,002	4,5±0,002	20,0
Ash	7,8 ±0,002	1,3 ±0,002	-
Water	8,1±0,002	83,0 ±0,003	2273,0
Caloric content, kcal	406,7	46,9	
Organoleptic indicators			
Indicator name	Cumin seeds	Parsnip	
Appearance	Dried cumin seeds, oval elongated, 3-6 mm in size	Root vegetable with smooth, even skin, strong and crunchy, no brown spots or cracks, medium size, spherical or elongated	
Colour	Gray brown	White	
Taste and smell (aroma)	Bitter spicy taste and aroma, fresh smell without extraneous tones, slightly lemon aroma	Spicy sweetish taste and pleasant unobtrusive aroma	

As you can see from the table, the content of protein, fat, carbohydrates and minerals in cumin seeds is quite high. Both products contain a significant amount of dietary fiber, which positively characterizes them in terms of imparting functional properties to the cheese product. Cumin seeds and parsnips have high organoleptic properties, without a particularly pungent taste and odor, which will allow them to be used in the production of a cheese product to give a spicy, slightly pungent taste and a pleasant lemon aroma.

Further, the optimal method of preliminary preparation, the dose and the technological stage of adding additives to the prepared milk base and their influence on the quality indicators of the product were experimentally established.

In the production of dairy products, including cheese, one of the most important rules is the mandatory heat treatment of introduced phytocomponents, which will prevent the ingress of extraneous and opportunistic microflora into the cheese product, and inactivate enzymes. Moreover, the modes of thermal treatment of phytocomponents should be gentle in order to preserve their biologically active substances, including vitamins, and improve organoleptic characteristics to impart high quality to cheese products.

For this, the parsnip roots were inspected, unnecessary parts were removed, washed, cleaned and chopped into cubes with a side size of no more than 6 mm. Cumin seeds were roasted until a specific smell appeared. Separately prepared parsnips and cumin seeds were introduced into milk heated to a temperature of $65 \pm 2^\circ\text{C}$ and $75 \pm 2^\circ\text{C}$, kept for 25-30 minutes, cooled to a temperature of $32-34^\circ\text{C}$, and the microbiological, organoleptic parameters and the content of vitamin C were determined as the most unstable when heated.

Table 2

Microbiological indicators of milk thermally treated with phytocomponents

Name of indicator		Norm according to TR CU 033/2013	The number of microorganisms at different processing temperatures, CFU / g					
			Cumin seeds			Parsnip		
			Without processing	65±2	75±2	Without processing	65±2	75±2
The number of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms, CFU / cm³ (g), no more		1*10⁴	2*10⁴	-	-	3*10⁴	-	-
Product weight cm³ (g), in which not allowed	BGKP (coli-form)	0,1	0,1	Not found		0,1	Not found	
	Staphylococci S. aureus	1,0	Not found			Not found		
	Pathogenic (including salmonella)	25	Not found			Not found		
Yeast, CFU / cm3 (g), no more		50	80	8	6	96	15	13
Mold, CFU / cm3 (g), no more		50	76	7	5	74	12	11

Analysis of the table showed that heat treatment of phytocomponents at a temperature of $65 \pm 2^\circ\text{C}$ and $75 \pm 2^\circ\text{C}$ and an exposure of 25-30 minutes is effective, since almost all microflora is destroyed, the content of yeast and mold is below the permissible values. In the samples, where the heat treatment of the parsnip root and cumin seeds was not carried out, a significant amount of foreign microflora is present in the milk: KMAFanM - $2 \cdot 10^2$ - $3 \cdot 10^4$ CFU / g; coliform bacteria were found in a volume of 0.1 ml; yeast and mold - many times exceed the permissible values [14].

The organoleptic characteristics of cumin and parsnips have improved during heat treatment: the parsnips soften, the taste and smell remains pleasantly sweet, harmoniously combined with the taste of milk. Cumin seeds do not change outwardly, they soften slightly and are easier to chew, the bitter aftertaste disappears, the taste becomes more intense, pleasant spicy with a light lemon aroma.

Heat treatment resulted in the destruction of vitamin C by 18.0% in both phytocomponents: parsnip and cumin seeds.

Thus, the results obtained make it possible to use as a more gentle mode of heat treatment of phytocomponents - $65 \pm 2^\circ\text{C}$ with an exposure time of 25-30 minutes. and cooling to a temperature of 14°C . To determine the technological stage of the introduction of parsnips and cumin seeds, studies were carried out in which the production of cheese was studied using two options for the introduction of prepared phytocomponents:

1 - pre-prepared and thermally processed parsnips and cumin seeds were introduced before fermentation into pasteurized milk cooled to a temperature of $32-33^\circ\text{C}$ simultaneously with the starter culture and milk-coagulant preparation, mixed and left for 40-45 minutes to curdle milk;

2 - pre-prepared and heat-treated parsnips and cumin seeds were introduced after fermentation into the milk curd while stirring it after cutting and partial removal of the whey.

The results are shown in Table 3.

Analysis of the table showed that the best option for introducing phytocomponents is the first, in which pre-prepared parsnip root and cumin seeds are evenly distributed in milk and during milk coagulation soften, swell, slightly increase in size and give the cheese product a beautiful pattern and harmonious, moderately pronounced cheese taste with a sweetish parsnip flavor and a pleasant spicy aroma of cumin seeds.

Also, the amounts of introduced phytocomponents, the most optimal from the organoleptic point of view, technological modes were established and a technological scheme for the production of a cheese product was developed (Fig. 1).

Table 3

Influence of the technological stage of introducing phytocomponents on the quality of the cheese product

Application stage	Appearance and consistency	Colour	Taste and smell
Option 1 - adding phytocomponents before ripening	Pieces of parsnip and cumin seeds slightly soften and swell, increase in size by 1-2 mm and are evenly distributed throughout the cheese mass. Dense, slightly brittle consistency.	Milky white, patchy, interspersed with white pieces of parsnip and light brown cumin seeds	Moderately pronounced cheesy flavor, harmoniously combined with the sweetish aftertaste of parsnips and the pleasant spicy aroma of cumin seeds
Option 2 - adding phytocomponents after fermentation	Parsnip pieces and cumin seeds are not increased in size, are unevenly distributed throughout the cheese mass and do not create a beautiful pattern. Dense, slightly brittle consistency.	Milky white, heterogeneous, interspersed with white pieces of parsnip and light brown cumin seeds	Moderately cheesy flavor with unevenly sweet parsnip flavor and spicy cumin seed aroma

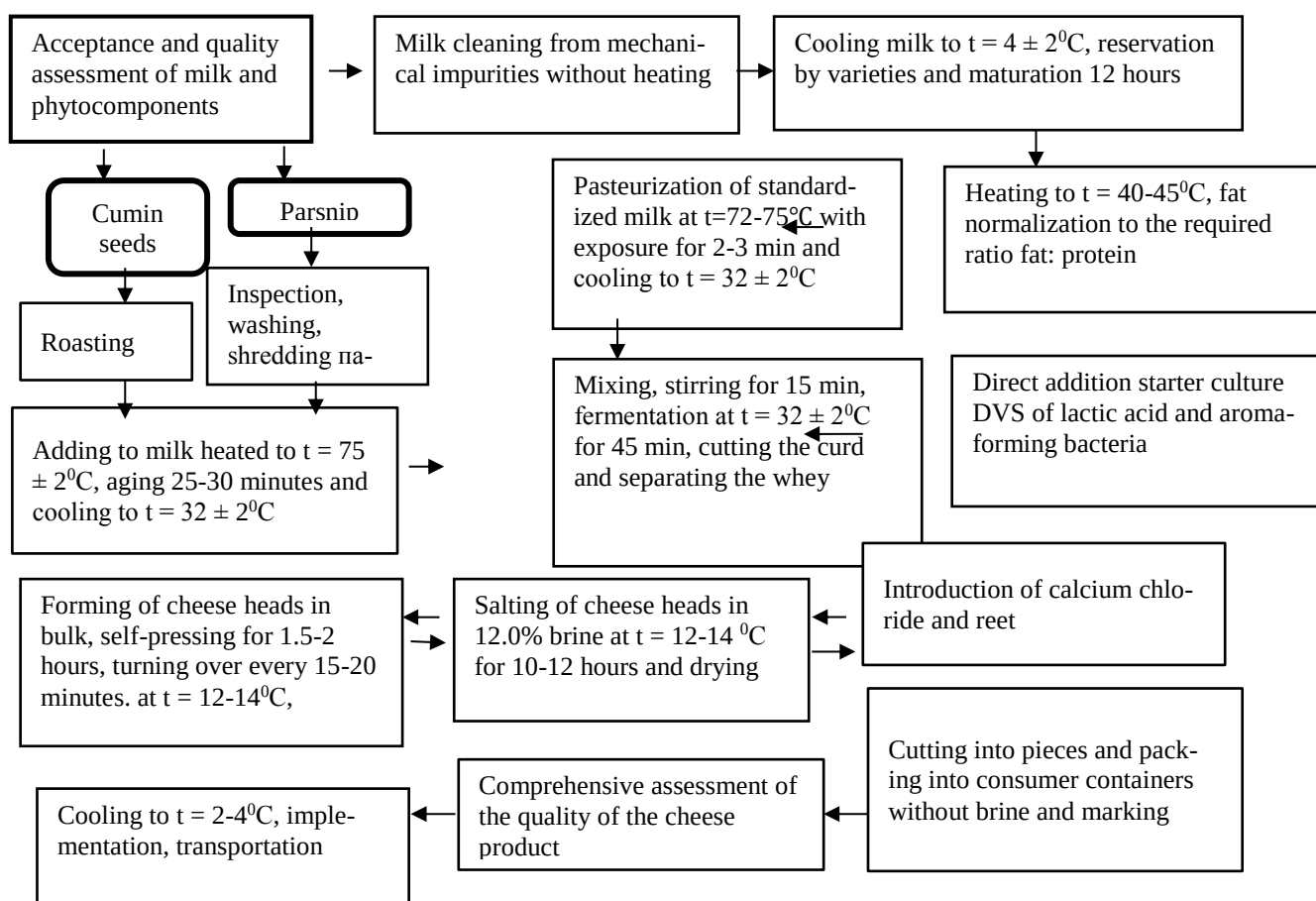


Fig. 1. Technological scheme for the production of a cheese product enriched with parsnips and cumin seeds

In the production of a cheese product, a full and comprehensive use of raw materials is envisaged, a decrease in energy consumption, an ecological safety of the environment and the production of a high-quality and safe product.

From the presented figure it can be seen that preliminarily prepared phytocomponents are simultaneously introduced into pasteurized, normalized milk: parsnips and cumin seeds, a ferment of direct introduction of lactic acid and aromatic bacteria, calcium chloride and rennet, the resulting mixture is thoroughly mixed and within 40 minutes a clot is formed, which cut into cubes with a side of 8-10 mm, knead and separate part of the whey. Forming of cheese heads is carried out in bulk with self-pressing, then the cheese heads are salted in brine for 10-12 hours. The finished cheese product is cut into pieces and hermetically sealed in a consumer container.

According to the developed technology, a control production of the fortified cheese product and a comprehensive quality assessment were carried out.

The results obtained are presented in tables 4, 5 and in figures 2, 3, 4.

Table 4

Qualitative indicators of a cheese product enriched with phytocomponents

Indicators	Characteristics	Indicators	Value
Organoleptic		Physicochemical	
Appearance	There is no crust, the surface is even.	Mass fraction of protein, %	14,5
Consistency	The section shows single disseminations of pieces of parsnip and cumin seeds	Mass fraction of fat, %	21,6
Picture	Firm, slightly brittle	Mass fraction of carbohydrates, %	4,5
Colour	The eyes are rounded with single interspersed pieces of parsnip and cumin seeds, evenly distributed throughout the mass	incl. dietary fiber	0,18
Taste and smell	Milky white, heterogeneous with occasional splashes of white pieces of parsnip and light brown cumin seeds	Mineral islands, g	5,3
		Phosphatase	отсутствует

The analysis of the table showed that the nutritional value of the fortified cheese product is quite high due to the introduction of parsnips and cumin seeds. The product contains dietary fiber (0.18 g / 100g), which is absent in traditional cheese, which indicates the increased nutritional value of the fortified cheese product and its bifidogenic properties, which contribute to the development of useful microflora of the human gastrointestinal tract - lacto- and bifidobacteria. Organoleptic indicators were assessed using a 50 point scale [5].

The results obtained are presented in the form of a profilogram (Fig. 2)

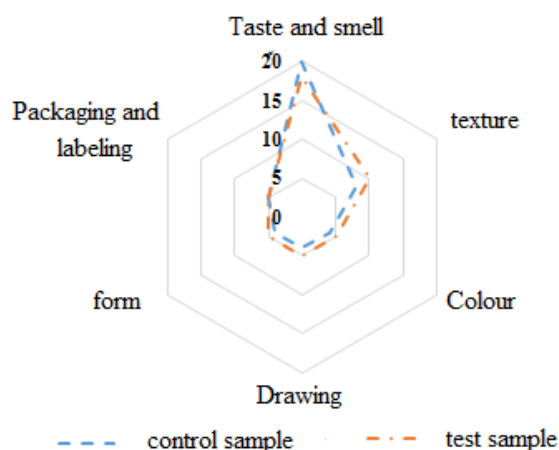


Fig. 2. Profilogram of the scoring of cheese products

The profilogram shows that the enriched cheese product received in total the maximum amount - 50 points, the control sample - 45 points, priority in taste and smell, consistency and pattern, since the introduction of phytocomponents gives the cheese product an original color and pattern, the taste and smell is more pleasant and harmonious than the control sample.

For normal life, the human body needs vitamins to enter the body, because vitamins play an important role in human metabolism, and in the event of a deficiency, conditions dangerous to health occur. Analysis of the table showed that due to the presence of cumin and parsnip seeds in the cheese product, there was an increase in almost all vitamins. The highest content in a cheese product: vitamin B4 (choline) (15.65 mg) – it plays an important role in the normal functioning of the nervous system; normalizes fat metabolism; is a hepatoprotector, accelerates the structural recovery of damaged liver tissue and improves its function, prevents the formation of gallstones; clears the walls of blood vessels from cholesterol plaques and lowers cholesterol, the concentration of fatty acids in the blood, promotes the formation of methionine, thereby strengthening the heart muscle, normalizes the heart rate; in the pancreas participates in carbohydrate metabolism, normalizes blood sugar levels, helping to reduce the need for insulin; vitamin PP (nicotinamide) (1.04 mg) as part of the main enzymes of the body participates in protein metabolism, cellular respiration, energy release dur-

ing the oxidation of carbohydrates and proteins, regulates the activity of the digestive system, affects the cardiovascular system, dilates small vessels, reduces concentration cholesterol, due to the ability to dilate blood vessels, improves cerebral circulation, has a not very pronounced anticoagulant effect, increases the fibrinolytic activity of the blood; vitamin K (1.811 mg) plays an important role in the ability of blood to clot, and also affects bone metabolism; Vitamin B2 (riboflavin) (0.85 mg) is necessary for the normal condition of hair, skin, nails, participates in the formation of erythrocytes and immune cells, is responsible for reproductive function and thyroid function; vitamin C (0.78 mg) - participates in redox reactions, in the conversion of cholesterol into bile acids, the functioning of the immune system, stimulates the synthesis of interferon, improves iron absorption; vitamin E (a-tocopherol) (0.45 mg) - has antioxidant properties, is necessary for the functioning of the gonads, heart muscle, is a universal stabilizer of cell membranes, has a beneficial effect on skin condition, promotes tissue regeneration, improves blood circulation, promotes the absorption of vitamin A. With a deficiency of vitamin E, hemolysis of erythrocytes, neurological disorders are observed.

Table 5

Vitamin composition of cheese products

Name of vitamins	The amount of vitamins in 100 g of the product				
	Control sample	Cumin seeds	Parsnips	Fortified product	Deviations, +/-
Vitamin A, RE, mg	0,125±0,02	0,07±0,02	0,003±0,02	0,126±0,02	+0,001
β-carotene mg	0,003±0,02	0,7±0,026	0,02±0,02	0,011±0,02	+0,007
Vitamin B1, thiamine, mg	0,15±0,02	0,63±0,02	0,08±0,02	0,16±0,02	+0,01
Vitamin B2, riboflavin, mg	0,84±0,02	0,33±0,02	0,09±0,02	0,85±0,02	+0,01
Vitamin B4, choline, mg	15,4±0,02	24,7±0,02	-	15,65±0,02	+0,25
Vitamin B5, pantothenic, mg	0,97±0,02	-	0,50±0,02	0,98±0,02	+0,01
Vitamin B6, pyridoxine, mg	0,42±0,02	0,44±0,02	0,11±0,02	0,43±0,02	+0,01
Vitamin B9, folate, mg	0,03±0,02	0,01±0,02	0,02±0,02	0,04±0,02	+0,01
Vitamin C, ascorbic mg	0,40±0,02	7,70±0,02	20,0±0,02	0,78±0,02	+0,38
Vitamin D, calciferol, µg	0,40±0,02	-	-	0,40±0,02	-
Vitamin E, α-tocopherol, TE, mg	0,40±0,02	3,33±0,02	0,80±0,02	0,45±0,02	+0,05
Vitamin K, phylloquinone, mg	1,8±0,02	0,01±0,02	0,02±0,02	1,811±0,02	+0,001
Vitamin PP, NE, mg	0,99±0,02	4,58±0,02	1,20±0,02	1,04±0,02	+0,05

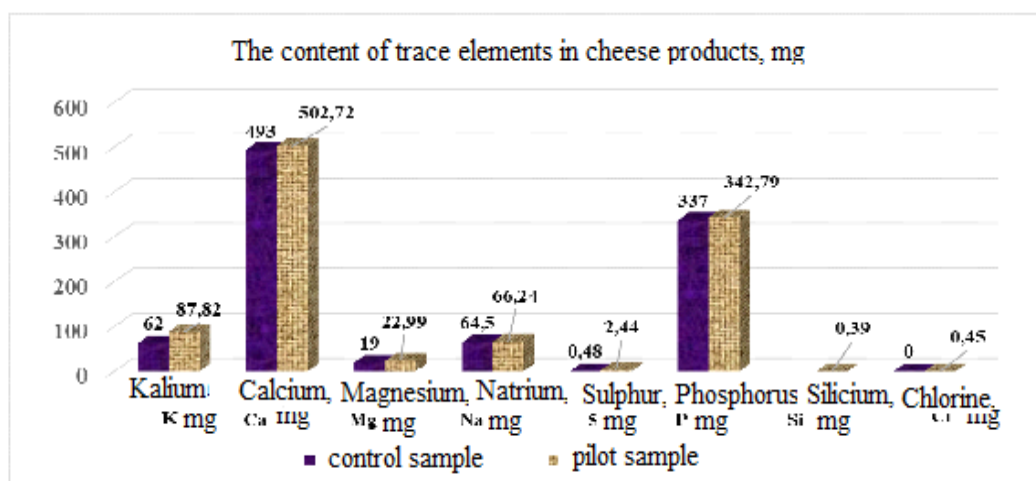


Fig. 3. The content of macronutrients in cheese products

As can be seen from the figure, with the enrichment of cheese with parsnips and cumin seeds, there was an increase in macronutrients by 5.1%, especially the amount of sulfur – 5 times, potassium – by 41.6%, magnesium – by 21.0%, calcium – 2, 0%, phosphorus – by 1.7%, silicon and chlorine appeared, which positively characterizes the enriched cheese product.

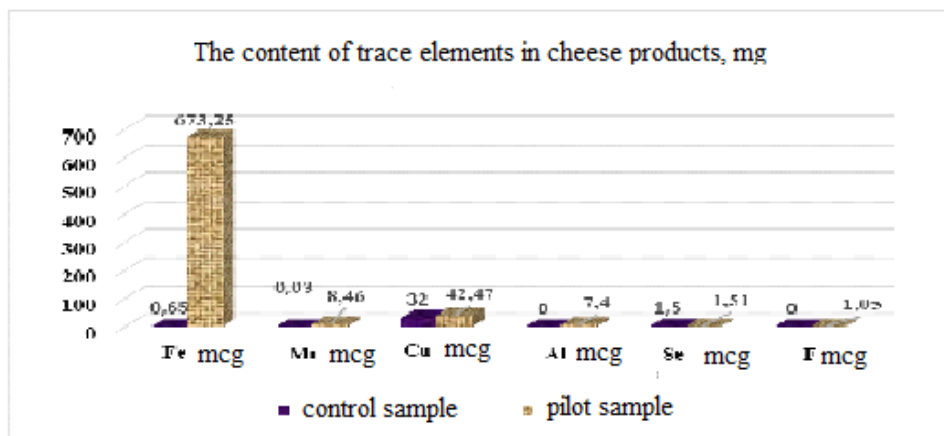


Fig. 4. The content of trace elements in cheese products

The amount of trace elements in the fortified cheese product increased 16 times, especially a large increase occurred in the content of iron (103 thousand times), manganese (30 thousand times), copper (32%), such trace elements as zinc, cobalt, molybdenum, fluorine, aluminum, silicon, etc.

Iron is the basis of hemoglobin; it is a part of iron-protein complexes and enzymes. Iron deficiency causes impairment of cellular respiration, leading to hypochromic anemia. Manganese - takes part in the production and exchange of neurotransmitters in the central nervous system, contributes to its formation. Enhances the action of insulin. Fights free radicals, maintains the stability of the structure of cell membranes. Takes part in the synthesis of the thyroid hormone - thyroxine. Takes part in the synthesis of fatty acids, helps to reduce the level of lipids in the body, enhances the process of utilizing fats. It prevents fatty degeneration of the liver, promotes the deposition of glycogen in the liver, the synthesis of cholesterol and the maintenance of its certain level in the blood. Supports clotting factors. Improves the functioning of the immune system: required for the synthesis of interferon. Copper is involved in the synthesis of enzymes in the skin and red blood cells. Trace elements contribute to the absorption of iron and the proper development of the circulatory system. Fluorine is involved in bone formation. Excess and deficiency of fluoride lead to serious health problems, which is expressed in damage to bone tissue and teeth. Zinc is a component of insulin and is involved in the synthesis of hormones. With its lack in the body, diseases of the skin and mucous membranes occur. The role of trace elements in vitamin and protein metabolism is important. Cobalt is important in the processes of blood formation, participates in the formation of insulin, in the production of vitamin B12, and enhances protein synthesis. Silicon is an absolutely irreplaceable mineral. It is essential for the formation of collagen, a protein in connective tissue, contributes to the nutrition and health of hair, nails and skin, and helps bones absorb calcium.

Conclusion. According to the results of the study, the possibility of using parsnips and cumin seeds in the production of soft cheeses without ripening has been theoretically substantiated and practically proven. The method of preliminary preparation, the amount and technological stage of the introduction of phytocomponents have been established, the modes of production have been optimized and the technology of the fortified cheese product has been developed. A comprehensive quality assessment was carried out, in which it was found that the developed cheese product, in comparison with the control sample, has higher organoleptic indicators - 50 points, a pleasant taste and spicy aroma of cumin, with an original pattern, has an increased nutritional value and bifidogenic properties due to the appearance of food fibers; the content of all vitamins and minerals increased, new macro- and microelements appeared: silicon, chlorine, cobalt, fluorine, aluminum.

Thus, the beneficial properties of a cheese product can become the basis for a strategy for promoting it on the food market and conquering a certain segment among competitors. The introduction of the developed technology at the enterprises of the dairy industry will allow to expand the range of cheese products aimed at solving the problem of adequate nutrition for the population.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артемьева В.А. Исследование функциональных свойств пряных растений зира и кардамона их применение в технологии ржано-пшеничного хлеба / В.А. Артемьева, Т.А. Ямашев, Е.А. Костикова, Т.А. Постникова, З.Р. Сафина, О.А Решетник // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – №2. – С. 132-137.

2. Голубкина Н.А. Элементный состав пастернака (PASTINAKA SATIVA L.) / Н.А. Голубкина, М.И. Федорова, А.Н. Степанов, С.М. Надежкин // Овощи России. – 2014. – №3(24). – С. 18-21.
3. Горлов И.Ф. Инновационные разработки рецептуры мягких сыров с расторопшей / И.Ф. Горлов, О.П. Серова, Е.Н. Воронцова. – ГНУ НИИММП [Электронный ресурс] / Статья ВАК – УДК 637.352. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование – 2012. – С. 1-4. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-razrabotki-retseptury-myagkih-syrov-srastoropshey/viewer>
4. ГОСТ Р 52349-2005 "Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения"
5. ГОСТ 33630-2015 Сыры и сыры плавленые. Оценка органолептических показателей.
6. Крючкова В.В., Клименко А.И., Скрипин П.В., Друкер О.В., Контарева В.Ю., Горлов И.Ф., Мосолова Н.И., Белик С.Н., Мищенко А.А. Способ производства кисломолочного продукта, обогащенного фитокомпонентами и пребиотиком // патент на изобретение RU 2681291 15.12.2017.
7. Крючкова В.В. Технология рассольного сырного продукта с растительными ингредиентами / В.В. Крючкова, К.М. Корнейчук, П.В. Скрипин, С.Н. Белик // Сыроделие и маслоделие. – 2019. – №1. Кумин. Состав, польза и вред <http://indianspices.ru/main/stati/item/6408-vpechatlyayushchie-svoystva-kumina-bolshe-chem-prosto-ingredient-karri.html>.
8. Кумин (зира) СТО 23613946-001-2009. Специя зира (семена кумина) Технические условия.
9. Моргуль А.Р. Исследование витаминного состава рациона питания подростков / А.Р. Моргуль, В.Б. Косенко, Л.Б. Косенко, С.Н. Белик, Е.В. Моргуль // В сборнике: Научные основы создания и реализации современных технологий здоровьесбережения. Материалы V межрегиональной научно-практической конференции. 2018. С. 60-64.
10. Моргуль Е.В. Роль микроэлементов в патогенезе аллергических заболеваний / Е.В. Моргуль, Т.С. Колмакова, С.Н. Белик, Г.Э. Яловега // В сборнике: Аспекты безопасности жизнедеятельности и медицины: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 110-й годовщине со дня рождения П.Е. Ладана. – 2018. – С. 76-80.
11. Пастернак ГОСТ 32878 - 2014 Пастернак корневой свежий. Технические условия. (UNECESTANDARD FFV-59^2010, MOD)
12. Пастернак овощ: польза и вред. <https://agroflora.ru/rastenie-pasternak-poleznye-svoystva/>
13. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности молока и молочной продукции" (ТР ТС 033/2013).
14. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. - М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
15. Kabata Pendias A. Trace elements in soils and plants// NY USA: CRC Press. 2011.

REFERENCES

1. Artem'eva V.A. Issledovanie funktsional'nykh svoystv pryanykh rasteniy zira i kardamona ih primeneniye v tekhnologii rzhano-pshenichnogo hleba / V.A. Artem'eva, T.A. YAmashev, E.A. Kostikova, T.A. Postnikova, Z.R. Safina, O.A. Reshetnik // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2017. – №2. – С. 132-137.
2. Golubkina N.A. Elementnyy sostav pasternaka (PASTINAKA SATIVA L.) / N.A. Golubkina, M.I. Fedorova, A.N. Stepanov, S.M. Nadezhkin // Ovoshchi Rossii. – 2014. – №3(24). – С. 18-21.
3. Gorlov I.F. Innovatsionnye razrabotki receptury myagkih syrov s rastoropshey / I.F. Gorlov, O.P. Serova, E.N. Voroncova. – GNU NIIMMP [Elektronnyy resurs] / Stat'ya VAK – UDK 637.352. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie – 2012. – С. 1-4. – Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-razrabotki-retseptury-myagkih-syrov-srastoropshey/viewer>
4. GOST R 52349-2005 "Produkty pishchevye. Produkty pishchevye funktsional'nye. Terminy i opredeleniya"
5. GOST 33630-2015 Syry i syry plavlenye. Ocenka organolepticheskikh pokazateley.
6. Kryuchkova V.V., Klimenko A.I., Skripin P.V., Druker O.V., Kontareva V.YU., Gorlov I.F., Mosolova N.I., Belik S.N., Mishchenko A.A. Sposob proizvodstva kislomolochnogo produkta, obogashchennogo fitokomponentami i prebiotikom // patent na izobretenie RU 2681291 15.12.2017.
7. Kryuchkova V.V. Tekhnologiya rassol'nogo syr'nogo produkta s rastitel'nyimi ingredientami / V.V. Kryuchkova, K.M. Korneychuk, P.V. Skripin, S.N. Belik // Syrodelle i maslodelie. – 2019. – №1. Kumin. Sostav, pol'za i vred <http://indianspices.ru/main/stati/item/6408-vpechatlyayushchie-svoystva-kumina-bolshe-chem-prosto-ingredient-karri.html>.
8. Kumin (zira) STO 23613946-001-2009. Speciya zira (semena kumina) Tekhnicheskie usloviya.
9. Morgul' A.R. Issledovanie vitamin'nogo sostava racional'nogo pitaniya podrostkov / A.R. Morgul', V.B. Kosenko, L.B. Kosenko, S.N. Belik, E.V. Morgul' // V sbornike: Nauchnye osnovy sozdaniya i realizatsii sovremennykh tekhnologij zdorov'esberezheniya. Materialy V mezhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2018. S. 60-64.
10. Morgul' E.V. Rol' mikroelementov v patogeneze allergicheskikh zabolevanij / E.V. Morgul', T.S. Kolmakova, S.N. Belik, G.E. YAlovega // V sbornike: Aspekty bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti i mediciny: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 110-j godovshchine so dnya rozhdeniya P.E. Ladana. – 2018. – С. 76-80.
11. Pasternak GOST 32878 - 2014 Pasternak kornevoy svezhiy. Tekhnicheskie usloviya. (UNECESTANDARD FFV-59^2010, MOD)
12. Pasternak ovoshch: pol'za i vred. <https://agroflora.ru/rastenie-pasternak-poleznye-svoystva/>
13. Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza "O bezopasnosti moloka i molochnoy produktsii" (TR TS 033/2013).
14. Himicheskij sostav rossijskikh pishchevykh produktov: Spravochnik / Pod red. chlen-korr. MAI, prof. I.M. Skurikhina i akademika RAMN, prof. V. A. Tutel'yan. - M.: DeLi print, 2002. – 236 s.
15. Kabata Pendias A. Trace elements in soils and plants// NY USA: CRC Press. 2011.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Горлов Иван Федорович, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный консультант ГНУ НИИ ППММП, заведующий кафедрой Технологии пищевых производств ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (ВГТУ). Тел. +78442-39-10-48. E-mail: niimp@mail.ru. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159> SPIN-код: 8249-9437, AuthorID: 581959

Gorlov Ivan Fyedorovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Scientific Advisor, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Head of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (VSTU). Tel. +78442-39-10-48. E-mail: niimp@mail.ru. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159> SPIN-код: 8249-9437, AuthorID: 581959

Крючкова Вера Васильевна, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ГНУ НИИ ППММП. Тел. +79882509672. E-mail: kverav@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2058-2370> SPIN-код: 3265-4465, AuthorID: 357956

Kryuchkova Vera Vasilievna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production. Tel. +79882509672. E-mail: niimp@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2058-2370> SPIN-код: 3265-4465, AuthorID: 357956

Сложенкина Марина Ивановна, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, директор ГНУ НИИ ППММП, профессор кафедры Технологии пищевых производств ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (ВГТУ). Тел. +78442-39-10-48. E-mail: niimp@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893> SPIN-код: 8828-3741, AuthorID: 438068

Slozhenskina Marina Ivanovna, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Professor of the Department of Food Production Technologies of the Volgograd State Technical University (VSTU). Tel. +78442-39-10-48. E-mail: niimp@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893> SPIN-код: 8828-3741, AuthorID: 438068

Параскевов Аристид Романович, магистр техники и технологии, помощник технолога ЗАО «Сыры Кубани – Николаевские сыроварни», п. Выселки, Краснодарский край. Тел. +79882509672. E-mail: niimp@mail.ru.

Paraskevov Aristid Romanovich, master of engineering and technology, assistant technologist of CJSC Cheese of Kuban - Nikolaev cheese dairies, Vyselki, Krasnodar Territory. Tel. +79882509672. E-mail: niimp@mail.ru.

Дата поступления в редакцию: 15.05.2020

После рецензирования: 13.06.2020

Дата принятия к публикации: 03.08.2020

A. X.-X. Нугманов [A. H.-H. Nugmanov]
 H. B. Долганова [N. V. Dolganova]
 H. B. Ярцева [N. V. Yartseva]

УДК
 [664.951.65.08:633/635]
 :664.956

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИОСКОПИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЫБНОГО ФАРШЕВОГО ПРОДУКТА И КОЛИЧЕСТВО ВЫМЕРЗШЕЙ В НЕМ ВЛАГИ ПРИ ЕГО ЗАМОРОЗКЕ

DETERMINATION OF THE CRYOSCOPIC TEMPERATURE OF A FUNCTIONAL MINCED FISH PRODUCT AND THE AMOUNT OF MOISTURE FROZEN IN IT WHEN IT IS FROZEN

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
 Astrakhan State Technical University

Аннотация. Дефицит животного белка, привел к необходимости проектировать рецептуры полуфабрикатов длительного срока хранения, в том числе и замороженных рыборастворительных функционального действия, с максимально возможным вовлечением различного аквакультурного сырья. Данная рыбная фаршевая продукция относится к промышленным продовольственным товарам нового поколения, обладающих всеми основными для них свойствами: заданным вкусом, пищевой сбалансированностью, направленным физиологическим воздействием и приемлемой стоимостью.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. В данной статье рассмотрен важный этап исследования криоскопических и гигроскопических свойств рыбного фаршевого сырья, необходимый для последующего определения его теплофизических характеристик и проведения теплотехнических расчётов используемого холодильного оборудования. Актуальность низкотемпературной консервации пищевых объектов растительного и животного происхождения и сегодня находится на достаточно высоком уровне, поэтому данный вид обработки постоянно вызывает интерес у инженеров-технологов и видных ученых, занимающихся проблемами длительного хранения пищевого сырья, при гарантированном сохранении у него высоких потребительских свойств. Очевидно, что решение поставленных задач при обоснованном желании повысить интенсивность процесса заморозки пищевых материалов, в том числе зависят и от правильного ведения технологического процесса. Несмотря на широкое разнообразие методов замораживания, к выбору способа и технических средств обработки различных пищевых материалов отрицательными температурами, необходим индивидуальный подход. При этом его формирование невозможно без определения криоскопической температуры объекта замораживания, величины вымерзшей в нем влаги в зависимости от температуры хладагента и основных гигроскопических характеристик, таких как влажность и гигроскопичность, из чего и была определена цель данного исследования. Достижение поставленной цели невозможно без решения задач, подробно представленных в статье, которые и позволили пройти этот важный этап, без которого нельзя сделать необходимые инженерные расчеты режимных параметров для применяемой холодильной техники.

Заключение. Использование полученных авторами результатов, в купе с другими необходимыми исследованиями, позволит выявить режимные параметры получения рыбных замороженных фаршевых гранул близкие к оптимальным. Таким образом, будет обеспечена целостность и стабильность технологического потока, которая напрямую влияет на увеличение производительности, снижение энергоёмкости применяемых в технологии процессов и улучшение качества получаемого в итоге конечного функционального продукта.

Ключевые слова: Мороженный рыбный фарш, функциональные продукты, криоскопическая температура, вымерзшая влага, гигроскопические характеристики.

Abstract. The lack of animal protein has led to the need to design recipes for semi-finished products with a long shelf life, including frozen functional fish plants, with the maximum possible involvement of various aquaculture raw materials. This minced fish product belongs to a new generation of industrial food products that have all the main properties for them: a given taste, food balance, directed physiological effects and an acceptable cost.

Materials and methods, results and discussions. This article describes an important stage in the study of cryoscopic and hygroscopic properties of minced fish raw materials, which is necessary for the subsequent determination of its thermophysical characteristics and thermal calculations of the refrigeration equipment used. The relevance of low-temperature preservation of food objects of plant and animal origin is still at a fairly high level, so this type of processing is constantly of interest to process engineers and prominent scientists dealing with the problems of long-term storage of food raw materials, with guaranteed preservation of its high consumer properties. It is obvious that the solution of the tasks set with a reasonable desire to increase the intensity of the process of freezing food materials, including depend on the correct management of the technological process. Despite the wide variety of freezing methods, an individual

approach is necessary to choose the method and technical means of processing various food materials with negative temperatures. At the same time, its formation is impossible without determining the cryoscopic temperature of the freezing object, the amount of frozen moisture in it, depending on the temperature of the refrigerant and the main hygroscopic characteristics, such as humidity and hygroscopicity, from which the purpose of this study was determined. Achieving this goal is impossible without solving the problems presented in detail in the article, which allowed us to pass this important stage, without which it is impossible to make the necessary engineering calculations of the operating parameters for the refrigeration equipment used.

Conclusion. The use of the results obtained by the authors, together with other necessary studies, will allow us to identify the regime parameters for obtaining frozen minced fish pellets that are close to optimal. Thus, the integrity and stability of the process flow will be ensured, which directly affects the increase in productivity, reduction of energy intensity of the processes used in the technology, and improvement of the quality of the final functional product obtained as a result.

Key words: frozen minced fish, functional products, cryoscopic temperature, frozen moisture, hygroscopic characteristics.

Introduction. The diet of a modern person is deficient in animal protein, but at the same time there is an increase in the consumption of fats of animal origin, so there is an additional need to design recipes for semi-finished products with a long shelf life, including frozen fish-growing functional action, with the maximum possible involvement of various aquaculture raw materials [1, 2, 3, 4, 5, 6]. The measures taken and their specific implementation give grounds for classifying minced fish products as industrial food products of a new generation, which have all the main properties for them: a given taste, nutritional balance, targeted physiological effect and an acceptable cost.

The relevance of low-temperature preservation of food items of plant and animal origin is still at a fairly high level today, therefore, this type of processing is constantly of interest to process engineers and prominent scientists dealing with the problems of long-term storage of food raw materials, with guaranteed preservation of its high consumer properties. The resulting effect from the cryopreservation of food raw materials is primarily associated with a sharp slowdown in the transformations of a microbiological and biochemical nature in it at negative temperatures, therefore, such products have a longer shelf life up to several months.

Recently, promising technologies have been developed for obtaining granulated frozen fish mince with the addition of powdered functional ingredients, using the technology of vacuum freezing [7]. The addition of dry functional additives to the minced meat promotes the binding of a part of the moisture in it, thereby reducing the amount of its free part, which is subjected to freezing, which means that the cost of freezing is reduced. In addition, the premixes themselves are the carrier of valuable nutrients that are not contained in fish, thereby making granulated fish mince a functional semi-finished product while maintaining the consumer properties required for this type of product. It was experimentally determined [7] that about only 75% of the mass fraction of moisture in fish and poultry meat and 60% for root tubers (potatoes, carrots, beets, etc.) at an average negative temperature in the volume of raw materials minus 20 ... 25 ° C, goes into solid state. As for the consumer properties of frozen raw materials, their high level is already associated with the characteristics of ice crystals obtained in the course of its freezing. These include: size, shape, dispersed distribution, which, accordingly, already depend on the state of cell membranes, the composition of substances soluble in the cell structure, the degree of protein hydration, fermentation and lipid oxidation processes, suppression of the activity of microorganisms, etc.

The resistance of microorganisms to low temperatures, in turn, depends on their type, habitat and degree of development, as well as on the chosen method and regime parameters of freezing, but the main effect on the quality of the final product will be provided by the freezing rate.

From the above it follows that, despite the wide variety of freezing methods, an individual approach is required to the choice of the method and technical means of low-temperature exposure to various food materials. At the same time, its formation is impossible without determining the cryoscopic temperature of the object to be frozen, the amount of moisture frozen in it, depending on the temperature of the refrigerant and the main hygroscopic characteristics, such as moisture and hygroscopicity, which separates all available moisture in the product into two components - free and bound.

Goals and objectives. Considering that fish is an ideal raw material for the technology of functional products, there are good reasons to offer minced fish as a basis for creating original food products, for example, with prebiotic properties. It should be noted that the issues related to the production of granulated minced fish food mixtures enriched with the prebiotic powder mixture "Lactulose Premium", on the basis of which it is possible to design the recipe compo-

sition of new fish culinary products, balanced in biological, nutritional and energy value, have been considered until now.

In this regard, the purpose of this study is to determine the cryoscopic characteristics of the developed functional minced fish product because this will subsequently increase the accuracy in determining its thermophysical properties, given that such products, as a rule, are classified as high-moisture products, and also reduce the error in the thermal calculation of the used freezing equipment.

The goal is achievable provided that the following tasks are solved:

- to carry out experimental studies to determine the moisture content of a functional minced meat product and the amount of bound moisture in it;
- to experimentally determine the cryoscopic temperature of a functional minced meat product and the amount of moisture frozen in it when it is frozen.

Methods and Models. The object of the study was the developed frozen minced meat from carp and pike in the form of small granules with and without the addition of the Lactulose Premium powder mixture, in which the content of the active substance lactulose in 6.6 g of powder is 5 g [8]. Minced meat was evaluated in accordance with GOST R 55505-2013 "Minced fish food frozen. Specifications" [9]. In terms of organoleptic characteristics, frozen minced meat must meet the requirements specified in Table 1, according to [9].

Table 1

Organoleptic characteristics of frozen minced meat

Indicator name	Characteristics of minced carp with the addition of pike
Granule appearance	The surface is clean, flat and cylindrical. Small depressions are allowed. Homogeneous fine grinding.
Appearance of minced meat on cut	Small inclusions of skin particles, film and food additives are allowed.
Colour	Typical of this type of fish.
Smell	Weak, typical for this type of fish, without foreign smell. A slight odor of silt is allowed, because pond fish.
Consistency	Dense, elastic.
Taste after cooking	Peculiar to this type of fish. No unpleasant aftertaste. Without including bones. The presence of a sweetish aftertaste. No additive flavor.

The method for determining the cryoscopic temperature of the research object and obtaining the dependence of the amount of frozen moisture in the product on the freezing temperature is as follows.

The cryoscopic temperature of the test sample is determined experimentally by the horizontal area of the thermogram, which is constructed using a set of measuring equipment (Fig. 1), which includes a LOIP FT-311-25 cryothermostat, an LT-300 electronic laboratory thermometer and a personal computer with the ThermoChart program".

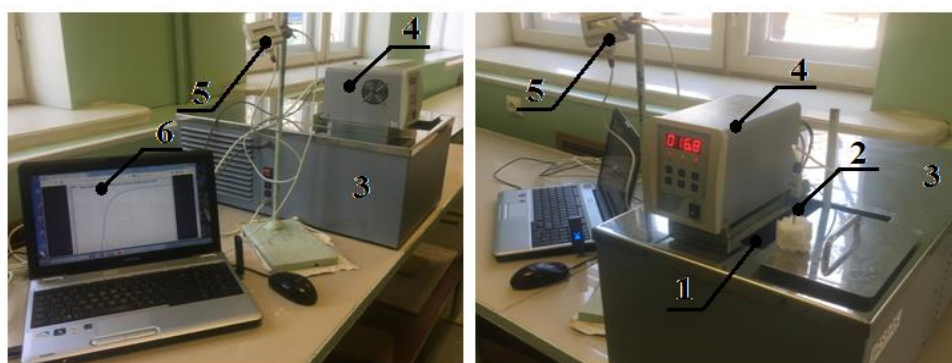


Fig. 1. Schematic of the experimental setup:

- 1 - camera for the research object; 2 - probe thermal sensor; 3 - cryothermostat; 4 - information board of the cryothermostat; 5 - laboratory electronic thermometer "LT-300"; 6 - a fragment of the program "ThermoChart"

The experiment is carried out as follows. The installation is assembled in accordance with Scheme 1, all its elements are checked for operability. The working temperature of the cryothermostat is adjusted to -10°C . A thermocouple is installed in the sample, which with the sensor is placed in the working chamber of the freezer. The program turns

on "ThermoChart" on a personal computer, by means of which the temperature inside the sample is recorded at specified time intervals and a graph of the temperature versus process time is plotted. The experiment is carried out until the temperature in the sample reaches -10°C , because This value unambiguously guarantees the presence of a horizontal area on the graph, along which the cryoscopic temperature is determined, i.e. at a certain stage of freezing, the sample retains a constant temperature for some time, at which the moisture in the sample changes its state of aggregation. The value of this temperature is also fixed.

According to [7], the dependence of the percentage of frozen moisture in the product on the temperature of the research object in the range from cryoscopic to -5°C for minced fish can be described by an exponential dependence:

$$\omega = 100 - a \cdot e^{bt}, \quad (1)$$

where t – is the temperature of the research object, $^{\circ}\text{C}$; a and b – are numerical coefficients.

The numerical coefficients a and b in equation (1) are determined by solving the system of two equalities:

$$\begin{cases} 100 - a \cdot e^{bt_{\text{кр}}} = 0 \\ 100 - a \cdot e^{bt_{\text{кон}}} = \omega_{\text{кон}} \end{cases}, \quad (2)$$

where $t_{\text{кр}}$ is the cryoscopic temperature for the research object, $^{\circ}\text{C}$ (determined experimentally); $t_{\text{кон}}$ – lower limit of freezing temperature, $^{\circ}\text{C}$ (set); $\omega_{\text{кон}}$ – percentage of frozen out moisture in the product at temperature $t_{\text{кон}}$, % (determined experimentally).

Thus, having solved the system of equations (2), it is possible to obtain an equation by which it is graphically or analytically easy to determine the percentage of frozen out moisture in the product at a negative temperature selected for it in the range from cryoscopic to a given one.

The method for determining the moisture content of the research object is as follows.

For the most accurate determination of the amount of moisture in the object of study, the vacuum method of drying was used on an experimental infrared vacuum drying installation (Fig. 2) of the "Innovation Research and Implementation Center of Applied Biotechnology" of the FSBEI HE "AGTU".

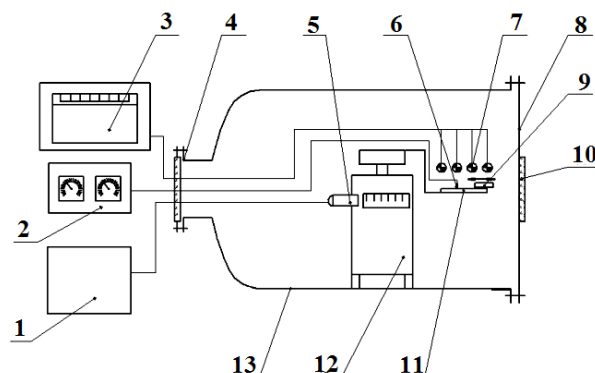


Fig. 2. Schematic diagram of an experimental vacuum drying plant: 1 - computer; 2 - control panel; 3 - KSP-4; 4 - flange; 5 - video camera; 6 - thermocouple; 7 - panel of IR emitters; 8 - cover; 9 - nozzle; 10 - viewing window; 11 - substrate; 12 - scales; 13 - shell

The experiment is carried out as follows. The installation is assembled in accordance with the diagram (Fig. 2), all its elements are checked for operability. In the working chamber, on a substrate that is connected to the balance with an accuracy of the third decimal place, the object of investigation is placed and its mass is recorded. Then the cover of the vacuum chamber is closed and air is evacuated to the pressure in the device of 30 Torr. Infrared lamps are turned on, as a result of which the material begins to lose moisture, which is constantly recorded by a computer that is informationally connected to the weighing device. As soon as the mass of the product stops falling and remains constant for 10 ... 20 seconds, the lamps are switched off and the final mass is fixed. From this moment, the low pressure in the device ceases to be maintained, the valve opens to equalize the pressures in the chamber and the surrounding environment. After equalizing the pressure in the chamber, the lid is opened and the object of study is removed, which must be disposed of.

As a result, two values of the masses of the material are recorded before and after the experiment. Considering that only moisture is removed, the difference between the masses is the mass of moisture removed from the test object $m_{\text{влаги}}$. Knowing the mass of removed moisture and the initial mass of the sample, $m_{\text{нач}}$ we can calculate the moisture content of the test material W , %:

$$W = \frac{m_{\text{влаги}}}{m_{\text{нач}}} \cdot 100\%.$$

Having carried out a study to determine the percentage of humidity of the object of study using the above method, you can get a result close to ideal.

The method for determining the amount of bound moisture in the research object is as follows.

To determine the percentage of bound moisture in the object of research, we used the desiccator method [10, 11, 12, 13], which is quite simple to organize without the use of expensive devices in a conventional laboratory. The main disadvantage of the method in obtaining the desired value by analyzing the sorption isotherms is its long duration and the probability of spoilage of experimental samples at high relative humidity, but, despite the duration, the method allows obtaining adequate results.

The essence of the method consists in sequential keeping of the prepared sample in a desiccator over a solution of sulfuric acid and water in different concentrations (Fig. 3), the value of which affects the percentage of relative humidity in the closed volume of the container Φ % (at a given temperature T , °C inside the desiccator).

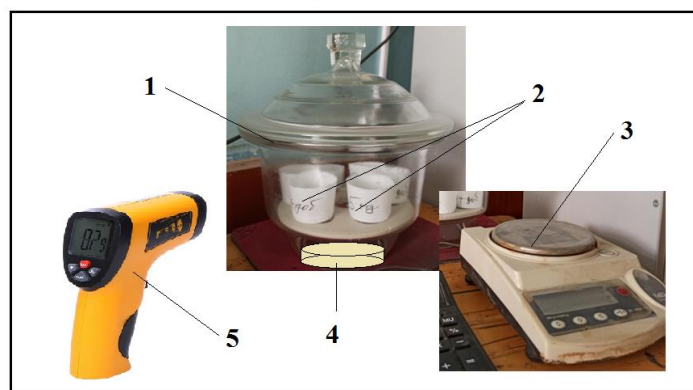


Fig. 3. Schematic of the experimental setup: 1 - desiccator; 2 - investigated samples; 3 - scales; 4 - sulfuric acid solution; 5 - thermometer

The equilibrium humidity W_p achieved during the experiments was determined by the formula

$$W_p = \frac{G_2 - G_1(1 - W_{\text{образца}})}{G_2}, \quad (3)$$

where G_1 – is the mass of the sample before the experiment, kg; G_2 – is the mass of the sample at hygrothermal equilibrium, kg; $W_{\text{образца}}$ – is the moisture of the sample before the experiment, kg / kg.

On the basis of the empirical data obtained, an isotherm of sorption by the test sample of moisture is constructed, an example of which is shown in Figure 4. The percentage of bound moisture in the product is determined by the value of equilibrium moisture obtained at a relative humidity of close to 100%. To obtain a reliable research result for determining the percentage of bound moisture in the product, experiments must be carried out with 5 ... 7 replicates.

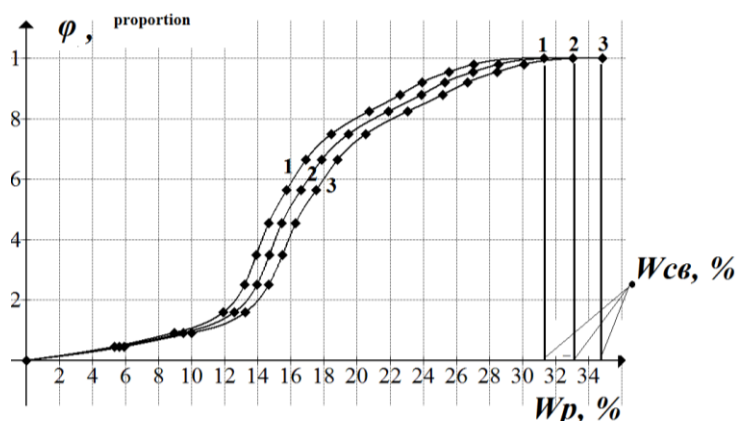


Fig. 4. An example of plotting sorption isotherms 1, 2, 3 - replicates of experimental studies;

$W_{св}$ - percentage of bound moisture in the sample

Thus, having determined for each concentration of sulfuric acid and water solutions Φ % for air in the desiccator and W_p for the sample, it is possible to construct an isothermal graph of the change in the absorbed moisture by the product depending on the relative humidity in the container, which determines the percentage of bound moisture $W_{св}$ in the object of study.

Results and discussion. The presence of moisture in a food product is an important factor because its presence affects the formation of the structure of the product, and the interaction with the dry residue determines the given stability during storage at low temperatures. As for the total moisture content of the product, this indicator indicates only the amount of all moisture in it, while it does not affect the mechanism of chemical, biochemical and microbiological changes during storage.

There are direct and indirect methods for determining moisture content. By direct methods, the moisture content in the product is found by direct measurement of its amount after preliminary distillation. With indirect methods, the moisture content in a product can be judged by its dry residue after drying, by its electrical conductivity, density, dielectric constant, refractive index, etc.

To determine the amount of moisture in the object of study, a vacuum drying method was used on an experimental infrared vacuum drying unit (Fig. 2), which was described in detail earlier. Minced meat without a functional additive and with the Lactulose Premium premix was used as the test materials.

The empirical data obtained at this stage of the study are presented in Table 2. For each of the samples, the experiment was carried out with five repetitions.

Table 2

Humidity of the investigated materials

Object of study		Material moisture,%
Minced pike and carp without additive		≈75
Minced pike and carp with additive		≈72

From the data obtained, it follows that in minced pike and carp with a powder additive, the percentage of moisture is lower than that in minced meat without a premix due to a change in the ratio between moisture in the product and dry residue when a dry prebiotic is added to the minced mixture.

The determination of the amount of bound moisture in the investigated minced meat product was carried out on the basis of the analysis of the constructed isotherms of sorption, and not desorption during the static interaction of the sample with water vapor, which was carried out according to the method presented earlier. Desorption isotherms were not built, due to the fact that the dry product is less susceptible to spoilage, in addition, during its production, in particular during drying, the product is subjected to thermal action, which suppresses the microflora in the raw material. During desorption, moisture is present in the product not in pure form, but in the form of a solution of salts and other components of low molecular weight, which somewhat reduces the pressure of water vapor over the surface of the material, and, therefore, reduces the driving force.

The study of the hygroscopic moisture content of the product makes it possible to understand its ability to retain moisture and makes a significant role when choosing the operating parameters of vacuum freezing. The graphic interpretation of the study, which is expressed by equilibrium isotherms, after mathematical processing and thorough systemic analysis, gives the researcher the opportunity to identify the range of moisture contents that have one or another type and binding energy of the material with water, as well as some of the thermodynamic parameters at various sites of absorption, removal and freezing, moisture.

On the basis of the results of the experiments carried out with their fivefold repetition, isothermal curves of sorption of the studied mincemeats were constructed, which are presented below (Fig. 5). The graph shows that the percentage of bound moisture for minced fish without additive is $\approx 31\%$, and with additive - $\approx 35\%$.

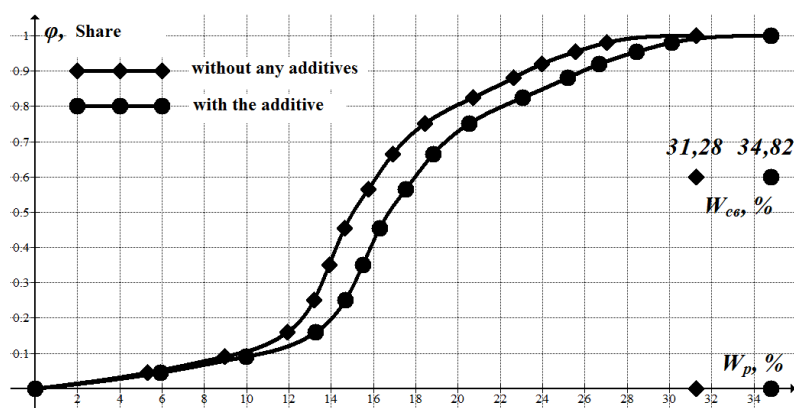


Fig. 5. Isothermal curve of moisture sorption by the investigated minced meat

The value that determines the ratio of bound and free moisture in minced meat mixtures plays a significant role in ensuring the necessary stability for it during freezing, which is explained by the association of water, which has a strong physicochemical relationship with the protein, lipid and carbohydrate components of the minced fish product. As for free moisture, it is not associated with a dry skeleton by the thermal effect and is more accessible for changing its state of aggregation. The ratio of bound and free moisture in minced meat products obtained in the course of experimental studies is presented in Table 3.

Table 3

Data from experiments to determine the percentage of bound moisture in the materials under study

Object of study	Material moisture, %	Content of bound moisture in the product, %	Content of free moisture in the product, %
Minced pike and carp without additive	≈ 75	≈ 31	≈ 44
Minced pike and carp with additive	≈ 72	≈ 35	≈ 37

The result of research at this stage shows that the added dry premix in a given proportion with the original product reduces the amount of free moisture in the mixture, due to its partial binding by the additive. The required amount of the premix is taken from two limitation conditions, one of which is its maximum sorption capacity, and the other is the final organoleptic assessment of the final product, because the premix does not affect the change in the quality indicators of the semi-finished product for the better.

Determination of the complex of properties and characteristics of the minced meat mixture as an object of cold preservation is necessary to study the process of heat energy transfer and identify the mechanism of its flow in order to practically implement the proposed technology of granulated minced meat in a vacuum freezing device.

Freezing temperature or cryoscopic is an important thermal criterion for food raw materials, necessary for the thermal calculation of industrial freezers, as well as determining the point of a sharp change in the object of processing of its thermophysical characteristics. The thermal point of the beginning of moisture freezing in the test material depends on many factors, such as: the concentration of the solution, molecular weight, dissociation of substances dissolved in water, and is fixed at the moment of its crystallization without hypothermia, i.e. at the beginning of the change in the state of aggregation of the liquid phase [14, 15, 16].

The decrease in temperature in minced fish was recorded using the measuring complex shown in Figure 1, which also includes the possibility of constructing a thermogram. The cryoscopic temperature was detected on the horizontal area of the graph, on which the temperature change over time was not observed for the sample under study.

The results of this stage of the study, with a five-fold repetition of minced products are presented in table 4.

Table 4

Values of cryoscopic temperature in the test products

Name	Cryoscopic temperature ° C
Minced pike and carp without additive	-0.8 ± 0.05
Minced pike and carp with additive	-1.2 ± 0.05

The result of the conducted experiments confirmed the assumption about a possible decrease in the value of the cryoscopic temperature in the studied minced meat when a powder moisture-binding premix is introduced into them. The average temperature drop at which a change in the aggregate state of water in the product is observed was 0.4 °C.

The ratio of the mass of ice in the product to the total mass of water and ice is defined as the amount of frozen water ω , which is expressed in fractions of a unit or as a percentage.

According to the technique presented earlier, the dependence ω on the temperature of the object of study in the range from cryoscopic to 5 °C below zero for fish mince can be described by an exponential relationship (1), but for this it is necessary to calculate the numerical coefficients included in the equation.

The numerical coefficients a and b in relation (1) are determined by solving the system of two equations (2), but for its solution the quantity remains unknown $\omega_{\text{коп}}$, which, for example, can be found, like the cryoscopic temperature, i.e. experimentally. The value $\omega_{\text{коп}}$, as practice shows, for minced fish systems at their temperature of -5 °C, varies within $\pm 2 \dots 3\%$ [7] and on average is $\approx 75\%$, therefore, it is more expedient to take the value $\omega_{\text{коп}} = 75\%$ without conducting empirical studies, because an error of 3 % is comparable to the experimental error.

Then, for the studied minced meat mixture, the system of equations (2) will look as follows:

$$\begin{cases} 100 - a \cdot e^{b \cdot (-1.2)} = 0 \\ 100 - a \cdot e^{b \cdot (-5)} = 75 \end{cases}$$

The solution of this equation in the environment "MathCad" gives the following results:

$$\text{Find}(a, b) = \begin{pmatrix} 154.926 \\ 0.365 \end{pmatrix}$$

In this case, the dependence of the percentage of frozen moisture in the product ω on the temperature of the research object t in the range from cryoscopic to -5 °C for minced fish with a functional premix can be described by the following exponential relationship:

$$\omega = 100 - 154.926 \cdot e^{0.365t}, \quad (4)$$

Graphical interpretation of equation (4) is shown in Figure 6.



Fig. 6. Change in frozen moisture from minced meat temperature

From the analysis of the curve (Fig. 6) it can be seen that as the temperature rises, the percentage of frozen water decreases monotonically and reaches zero at the cryoscopic temperature in the minced meat.

Conclusion. By experimental determination of the cryoscopic characteristics of the developed functional minced fish product, it can be concluded that the goal of this study has been achieved, namely:

- the values of the moisture content of the functional minced meat product (Table 2) and the value of the bound moisture in it (Table 3) were obtained;
- the cryoscopic temperature of a functional minced meat product was determined (Table 4) and an equation was obtained that describes the amount of moisture frozen in it during its freezing (4);
- the results obtained do not contradict the literature data, which indicates their adequacy and the possibility of using them in engineering calculations.

Thus, the use of the results obtained, in conjunction with other necessary studies, will make it possible to identify rational operating parameters for the technology of fish granulated frozen minced meat of a functional orientation close to optimal. As a result, this will ensure the integrity and stability of the process flow, which directly affects the increase in productivity, a decrease in the energy intensity of the processes used in the technology and an improvement in the quality of the resulting final product

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойцова Т.М. Современные технологии пищевого рыбного фарша и пути повышения их эффективности / Т.М. Бойцова. – Владивосток: ДВГУ, 2002. – 155 с.
2. Коцыло И.В. Разработка технологии рыбных формованных полуфабрикатов на основе сырья пониженной товарной ценности // автореферат на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. / И.В. Коцыло. – Калининград, 2011, 24с.
3. Колаковский Э. Технология рыбного фарша / Пер. с польск. В.Е. Тишина; Под ред. Л.И. Борисочкиной. – М.: Агропромиздат, 1991. – 220 с.
4. Тихомирова Е.К. Современное производство кулинарных изделий из рыбного сырья / Е.К. Тихомирова, О.В. Бредихина, Л.С. Абрамова // Рыбпром. – 2010. – № 1. – С. 54–57.
5. Сафронова Т.М. Сырье и материалы рыбной промышленности: монография / Т.М. Сафронова, В.М. Дацун. – М.: Мир, 2004. – 272 с.
6. Родина Т.В. Технология функциональных продуктов на основе рыбного фарша и мяса беспозвоночных / Т.В. Родина, Д.А. Борк, М.В. Новикова // Рыбпром. – 2008. – № 1. – С. 22–23.
7. Алексанян А.И. Совершенствование процессов получения замороженных рыбных фаршевых гранулированных смесей: диссертация ... кандидата технических наук: 05.18.12 / Алексанян А.И. – СПб., 2018. – 215 с.
8. Планета здоровья «Лактулоза Премиум» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://apteka.planetazdorovo.ru/catalog/lekarstva-i-bad/pishcheva-ritelnyy-trakt/slabitelnye/laktuloza-premium-poroshok-66g-35420103/> (Дата обращения: 19.01.2020).
9. ГОСТ Р 55505-2013 Фарш рыбный пищевой мороженный. Технические условия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/do-cument/1200104287> (Дата обращения: 27.03.2020).
10. Пищевые продукты с промежуточной влажностью. Под ред. Р. Девиса, Г. Берча, К. Паркера. М.: Пищевая пром-сть. – 1980. – 208 с.
11. Баранов Б.А. Теоретические и прикладные аспекты показателя «активность воды» в технологии продуктов питания: Дисс. д-ра техн. наук. / Б.А. Баранов. – СПб., 2000. – 240с.
12. Максименко Ю.А. Гигроскопические характеристики и термодинамика взаимодействия пектина и воды / Ю.А. Максименко, О.А. Петровичев, Р.А. Максименко // Вестник АГТУ. 2007. – № 2. – С. 185–188.
13. Алексанян И.Ю. Анализ основных термодинамических закономерностей взаимодействия с водой и теплофизических характеристик растительных экстрактов и продуктов микробиологического синтеза / И.Ю. Алексанян, Ю.А. Максименко, Р.А. Хайбулов // Материалы Международной конференции «Современные проблемы производства продуктов питания». Барнаул: АлтГТУ, 2004. – С. 22–27.
14. Щеглов Н.Г. Технология консервирования плодов и овощей: учебное пособие / Н.Г. Щеглов. – М.: Палеотип, Дашков и Ко, 2002. – 380 с.
15. Антипов С.Т. Исследование вымораживания влаги из экстрактов поджелудочной железы, печени и желчи крупного рогатого скота / С.Т. Антипов, В.Ю. Овсянников // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – № 6. – С. 1820.
16. Дакуорт Р.Б. Вода в пищевых продуктах: пер. с англ. / Р.Б. Дакуорт. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 386 с.
17. Parvathy, U., George, S. Influence of cryoprotectant levels on storage stability of surimi from *Nemipterus japonicus* and quality of surimi-based products // Journal of Food Science and Technology. – 2014. – 51(5), pp. 982–987.
18. Duraes, J.P., Filho, P.R.C.O., Balieiro, J.C.C., Carratore, C.R.D., Viegas, E.M.M. The stability of frozen minced African catfish // Italian Journal of Food Science. 2012. – 24(1), pp. 61–69.
19. Asgharzadeh, A., Shabanpour, B., Aubourg, S.P., Hosseini, H. Chemical changes in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) minced muscle during frozen storage: Effect of a previous washing process // Grasas y Aceites. – 2010. – 61(1), pp. 95–101.

REFERENCES

1. Bojcova T.M. Sovremennye tekhnologii pishchevogo rybnogo farsha i puti povysheniya ih effektivnosti / T.M. Bojcova. – Vladivostok: DVGU, 2002. – 155 s.
2. Kocylo I.V. Razrabotka tekhnologii rybnih formovannyh polufabrikatov na osnove syr'ya ponizhennoj tovarnoj cennosti // avtoreferat na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk. / I.V. Kocylo– Kaliningrad, 2011, 24s.
3. Kolakovskij E. Tekhnologiya rybnogo farsha / Per. s pol'sk. V.E. Tishina; Pod red. L.I. Borisochkinoj. – M.: Agropromizdat, 1991. – 220 s.
4. Tihomirova E.K. Sovremennoe proizvodstvo kulinarnyh izdelij iz rybnogo syr'ya / E.K. Tihomirova, O.V. Bredihina, L.S. Abramova // Rybprom. – 2010. – № 1. – S. 54–57.
5. Safronova T.M. Syr'e i materialy rybnoy promyshlennosti: monografiya / T.M. Safronova, V.M. Dacun. – M.: Mir, 2004. – 272 s.
6. Rodina T.V. Tekhnologiya funktsional'nyh produktov na osnove rybnogo farsha i myasa bespozvonochnyh / T.V. Rodina, D.A. Bork, M.V. Novikova // Rybprom. – 2008. – № 1. – S. 22–23.
7. Aleksanyan A.I. Sovershenstvovanie processov polucheniya zamorozhennyh rybnih farshevyh granulirovannyh smesey: dissertatsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.18.12 / Aleksanyan A.I. – SPb., 2018. – 215 s.
8. Planeta zdorov'ya «Laktuloza Premium» [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://apteka.planetazdorovo.ru/catalog/-lekarstva-i-bad/pishcheva-ritelnyy-trakt/slabitelnye/laktuloza-premium-poroshok-66g-35420103/> (Data obrashcheniya: 19.01.2020).
9. GOST R 55505-2013 Farsh rybnij pishchevoj morozhenyj. Tekhnicheskie usloviya [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/do-cument/1200104287> (Data obrashcheniya: 27.03.2020).
10. Pishchevye produkty s promezhutochnoj vlazhnost'yu. Pod red. R. Devisa, G. Bercha, K. Parkera. M.: Pishchevaya prom-st'. – 1980. – 208 s.
11. Baranov B.A. Teoreticheskie i prikladnye aspekty pokazatelya «aktivnost' vody» v tekhnologii produktov pitaniya: Diss. d-ra tekhn. nauk. / B.A. Baranov. – SPb., 2000. – 240s.
12. Maksimenko YU.A. Gigroskopicheskie harakteristiki i termodinamika vzaimodejstviya pektina i vody / YU.A. Maksimenko, O.A. Petrovichev, R.A. Maksimenko // Vestnik AGTU. 2007. – № 2. – S. 185–188.
13. Aleksanyan I.YU. Analiz osnovnyh termodinamicheskikh zakonomernostej vzaimodejstviya s vodoy i teplofizicheskikh harakteristik rastitel'nyh ekstraktov i produktov mikrobiologicheskogo sinteza / I.YU. Aleksanyan, YU.A. Maksimenko, R.A. Hajbulov // Materialy Mezhdunarodnoj konferencii «Sovremennye problemy proizvodstva produktov pitaniya». Barnaul: AltGTU, 2004. – S. 22–27.
14. SHCHeglov N.G. Tekhnologiya konservirovaniya plodov i ovoshchej: uchebnoe posobie / N.G. SHCHeglov. – M.: Paleotip, Dashkov i Ko, 2002. – 380 s.
15. Antipov S.T. Issledovanie vymorazhivaniya vlagi iz ekstraktov podzheludochnoj zhelezy, pecheni i zhelchi krupnogo rogatogo skota / S.T. Antipov, V.YU. Ovsyannikov // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. – 2002. – № 6. – S. 1820.
16. Dakuort R.B. Voda v pishchevyh produktah: per. s angl. / R.B. Dakuort. – M.: Pishchevaya promyshlennost', 1980. – 386 s.
17. Parvathy, U., George, S. Influence of cryoprotectant levels on storage stability of surimi from Nemipterus japonicus and quality of surimi-based products // Journal of Food Science and Technology. – 2014. – 51(5), pp. 982–987.
18. Duraes, J.P., Filho, P.R.C.O., Balieiro, J.C.C., Carratore, C.R.D., Viegas, E.M.M. The stability of frozen minced African catfish // Italian Journal of Food Science. 2012. – 24(1), pp. 61–69.
19. Asgharzadeh, A., Shabanpour, B., Aubourg, S.P., Hosseini, H. Chemical changes in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) minced muscle during frozen storage: Effect of a previous washing process // Grasas y Aceites. – 2010. – 61(1), pp. 95–101.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Нугманов Альберт Хамед-Харисович, доктор технических наук, доцент, профессор ФГБОУ ВО «АГТУ», кафедра «Технологические машины и оборудование» albert909@yandex.ru, 8-927-282-43-07 <https://orcid.org/0000-0002-4093-9982>, e-mail: albert909@yandex.ru

Nugmanov Albert Hamed-Harisovich, Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Professor, Astrakhan State Technical University, Department of Technological Machines and Machinery, albert909@yandex.ru, 8-927-282-43-07, <https://orcid.org/0000-0002-4093-9982>, e-mail: albert909@yandex.ru

Долганова Наталья Вадимовна, доктор технических наук, профессор, профессор ФГБОУ ВО «АГТУ», кафедра «Технология товаров и товароведение», n.dolganova@astu.org, (8512)614255, <https://orcid.org/0000-0003-1485-1327>

Dolganova Natalia Vadimovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, Astrakhan State Technical University, Department of Technology of Goods and Commodity Science, n.dolganova@astu.org (8512)614255, <https://orcid.org/0000-0003-1485-1327>

Ярцева Наталья Васильевна, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «АГТУ», кафедра «Технология товаров и товароведение», n.v.yartseva_work_astu@mail.ru; 8-909-375-46-94,
<https://orcid.org/0000-0002-8511-3236>

Yartseva Natalya Vasilievna, Senior Lecturer, Astrakhan State Technical University, Department of Technology of Goods and Commodity Science, n.v.yartseva_work_astu@mail.ru; 8-909-375-46-94,
<https://orcid.org/0000-0002-8511-3236>

Дата поступления в редакцию: 15.05.2020

После рецензирования: 13.06.2020

Дата принятия к публикации: 03.08.2020

М. А. Капустин [M. Al. Kapustin]^{1, 2}
 А. С. Чубарова [A. S. Chubarova]¹
 С. В. Лодыгина [S. V. Lodygina]²
 А. Д. Лодыгин [A. D. Lodygin]²
 И. А. Евдокимов [I. Al. Evdokimov]²
 В. Г. Цыганков [V. G. Cigankov]³
 А. М. Бондарук [Al. M. Bondaruk]³
 В. П. Курченко [Vl. P. Kurchenko]^{1, 2}

УДК 547.917/
 547.97/664.59

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПЛЕКСОВ КУРКУМИНОИДОВ С ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ И ХАРАКТЕРИСТИКА ИХ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ

PREPARATION OF NANOCOMPLEXES OF CURCUMINOIDS WITH CYCLODEXTRINS AND CHARACTERISTICS OF ITS STRUCTURAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES

¹ Белорусский государственный университет /Belorussian State University

² Северо-Кавказский федеральный университет /North Caucasus Federal University

³ ГП «Научно-практический центр гигиены» /SE "Scientific and Practical Center for Hygiene"

Аннотация. Пряно-ароматические растения служат важным источником получения биологически активных веществ при создании функциональных продуктов питания. Среди них важное место занимает корневища куркумы *Curcuma longa* L., из которых получают экстракт куркуминоидов

Материалы и методы, результаты и обсуждения. В статье приводятся результаты исследования процесса комплексообразования бета-циклодекстрина (β -ЦД) и гидроксипропил-бета-циклодекстрина (ГП- β -ЦД) с куркуминоидами. На основе метода межфазного перехода куркуминоидов из кристаллического состояния в раствор (Хигучи – Коннорс), в присутствии циклодекстринов, показано образование клатратов. При температуре 30 °С и концентрации β -ЦД 21,32 мМоль/л, растворимость суммарного препарата куркуминоидов в составе клатрата возросла в 226 раз по сравнению с контролем и составила 25,0 мг/л. При этом процентное соотношение включенных бисдеметоксикуркумина, деметоксикуркумина и куркумина существенно не зависит от температуры, концентрации β -ЦД и составляет $26,56 \pm 0,06 \%$, $32,36 \pm 0,09 \%$, $41,08 \pm 0,09 \%$ соответственно. В виду ограниченной растворимости β -ЦД, которая составляет 1,88 % при 25 °С, в дальнейший исследованиях использовался ГП- β -ЦД. Использование в качестве комплексообразователя ГП- β -ЦД в концентрации 100 мМоль/л позволило максимально повысить растворимость куркуминоидов до $390,12 \pm 2,39$ мг/л при 30 °С; $446,41 \pm 3,09$ при 37 °С и $532,25 \pm 2,90$ при 50 °С. Включение в состав ГП- β -ЦД индивидуальных куркуминоидов: бисдеметоксикуркумина, деметоксикуркумина и куркумина не зависит от температуры и составляет $30,29 \pm 0,24 \%$, $31,41 \pm 0,16 \%$, $38,30 \pm 0,17 \%$ соответственно.

В результате использования в качестве комплексообразователя β -ЦД при оптимальных условиях наблюдается увеличение растворимости куркуминоидов более чем в 220 раз, а при применения ГП- β -ЦД – более чем в 3700 раз, по сравнению с растворимостью диарилгептаноидов в деионизированной воде. Образование комплексов включения куркуминоидов с β -ЦД и ГП- β -ЦД было подтверждено методами ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье и термогравиметрического анализа.

Заключение. На основе метода межфазного перехода куркуминоидов из кристаллического состояния в раствор (метод Хигучи – Коннорс), в присутствии циклодекстринов, исследован процесс формирования клатратов. Комплексообразование куркуминоидов с β -ЦД и ГП- β -ЦД зависит от температуры и концентрации циклодекстринов. В оптимальных условиях использование β -ЦД позволило увеличить растворимость куркуминоидов более чем в 220 раз. Применение ГП- β -ЦД увеличило их растворимость в 3700 раз, по сравнению с растворимостью диарилгептаноидов в деионизированной воде. С использованием метода ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье и термогравиметрического анализа подтверждено образование комплексов β -ЦД - куркуминоиды и ГП- β -ЦД - куркуминоиды.

Ключевые слова: бета-циклодекстрин, гидроксипропил-бета-циклодекстрин, куркуминоиды, куркумин, деметоксикуркумин, бис-деметоксикуркумин.

Abstract. Spicy-aromatic plants are an important source of biologically active substances when creating functional food products. Among them, an important place is occupied by the rhizomes of turmeric *Curcuma longa* L., from which curcuminoid extract is obtained

Materials and methods, results and discussions. The article presents the results of a study of the complexation of beta-cyclodextrin (β -CD) and hydroxypropyl-beta-cyclodextrin (GP- β -CD) with curcuminoids. Based on the method of interphase transition of curcuminoids from the crystalline state to the solution (Higuchi – Connors), in the presence of cyclodextrins, the formation of clathrates is shown. At a temperature of 30 °C and a concentration of β -CD of 21.32 mmol/l, the solubility of the total curcuminoid preparation in clathrate increased 226 times compared to the control and amounted to 25.0 mg/l. The percentage of bisdemethoxycurcumin, demethoxycurcumin, and curcumin included does not significantly depend on temperature and the concentration of β -CD and is $26,56 \pm 0,06 \%$, $32,36 \pm 0,09 \%$, $41,08 \pm 0,09 \%$ accordingly. Due to the limited solubility of β -CD, which is 1.88% at 25 °C, GP- β -CD was used in further studies. The use of GP- β -CD as a complexing agent at a concentration of 100 mmol / l allowed to maximize the solubility of curcuminoids to 390.12 ± 2.39 mg / l at 30 °C; 446.41 ± 3.09 at 37 °C and 532.25 ± 2.90 at 50°C. The inclusion of individual curcuminoids in GP- β -CD: bisdemethoxycurcumin, demethoxycurcumin, and curcumin does not depend on temperature and is $30,29 \pm 0,24 \%$, $31,41 \pm 0,16 \%$, $38,30 \pm 0,17 \%$ accordingly.

As a result of using β -CD as a complexing agent under optimal conditions, the solubility of curcuminoids increases by more than 220 times, and when using GP- β -CD – by more than 3700 times, compared to the solubility of diarylheptanoids in deionized water. The formation of curcuminoid inclusion complexes with β -CD and GP- β -CD was confirmed by Fourier transform IR spectroscopy and thermogravimetric analysis.

Conclusion. Based on the method of interphase transition of curcuminoids from the crystalline state to the solution (Higuchi – Connors method), in the presence of cyclodextrins, the process of clathrate formation is studied. The complexation of curcuminoids with β -CD and GP- β -CD depends on the temperature and concentration of cyclodextrins. Under optimal conditions, the use of β -CD increased the solubility of curcuminoids by more than 220 times. The use of GP- β -CD increased their solubility by 3700 times, compared to the solubility of diarylheptanoids in deionized water. The formation of β -CD-curcuminoids and GP- β -CD-curcuminoids complexes was confirmed using Fourier transform IR spectroscopy and thermogravimetric analysis.

Key words: beta-cyclodextrin, hydroxypropyl-beta-cyclodextrin curcuminoids, curcumin, demethoxycurcumin, bisdemethoxycurcumin.

Introduction. Spicy aromatic plants are an important source of biologically active substances in the creation of functional food products. Among them it occupies an important place the rhizome of turmeric *Curcuma longa* of L., from which the extract of curcuminoids is obtained [1-3]. It contains: curcumin (K) 52-63% and two of its derivatives - demethoxycurcumin (DMC) 19-27% and bis- demethoxy curcumin (BDMC) 18-28% [3, 4]. Due to the presence in their structure of two benzolmetoksi lnyh count pepper , compound x unsaturated chain , these compounds possess a keto-enol nd tautomer it as shown in Figure 1. Aromatic groups in a molecular structure provide hydrophobicity curcuminoids , and the presence of isoprenoid linker and causes the flexible , tautomeric transitions structure and also affects on their hydrophobicity and polarity [2-5] .

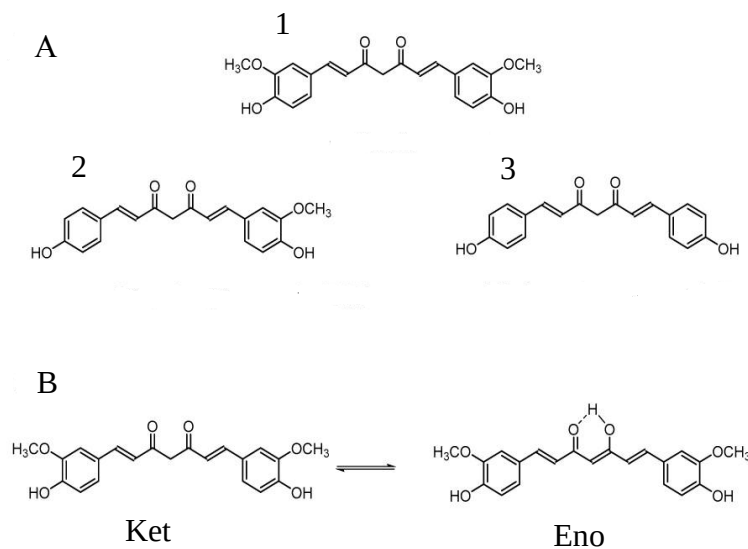


Fig. 1. Structural formulas (A) of curcumin (1), demethoxycurcumin (2) and bis-demethoxycurcumin (3) and keto-enol transitions of curcumin (B) [2]

Curcuminoids, being in a stable state in a protonated form, are lipophilic compounds that are practically insoluble in water. The hydrophobicity of these compounds is determined by the lipophilicity coefficient, denoted as $\log K_{ow}$, the values of which are 3.29, 2.792 and 2.649 for curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin, respectively [6, 7]. The difference in the hydrophobicity of diarylheptanoids was confirmed by us using the HPLC method [8, 9]. When they are separated on a reverse phase column with a grafted C-18 phase, the retention time of bisdemethoxycurcumin, demethoxycurcumin and curcumin increases in a row and amounts to 16.644 18.686 and 20.959 minutes, respectively. This indicates an increase in their hydrophobicity in proportion to the retention time on the column [9].

Curcuminoids have different biological activities: hypocholesterolemic, antidiabetic, anti-inflammatory, antioxidant, etc. [10-17]. However, due to the high hydrophobicity and a low solubility in water, their practical use is limited when creating dietary supplements and food products [7]. Their solubility in aqueous systems can be increased by creating inclusion complexes with cyclodextrin.

Cyclodextrins (CD) are produced by enzymatic hydrolysis of starch. Depending on the type of CD, they contain from 6 to 8 glucose residues that form a torus [18]. All OH groups in CD are located on the outer hydrophilic surface of the molecule, and the inner cavity is hydrophobic. In aqueous solutions, hydrophobic substances are able to integrate into this cavity, forming inclusion complexes - clathrates. Such molecular containers capable of holding the internal cavity of the molecule apolar substances, but due to the hydrophilic outer surface gives them greater solubility, stability, change their taste, color and odor [18-22]. Cyclodextrins belong to the 5th class of toxicity and are "non-toxic compounds". They are recommended as a food additive (E459) [20-22].

Molecules of hydrophobic curcuminoids interacting with CD are able to integrate into their non-polar cavity, forming clathrates. As a result, the solubility of curcuminoids in the aqueous phase increases. Such nanostructures curcuminoids will possess new structural and functional properties of increased bioavailability and toxicological modified-hygienic properties [18-23]. Nanostructures of curcuminoids with cyclodextrins will represent new forms of biologically active substances that may be promising for use in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries.

The development of a technique for obtaining nanocomplexes of curcuminoids with cyclodextrins and the study of their physicochemical and biological properties is urgent.

Materials and Methods / Materials and methods. The object of the study was a curcuminoid preparation isolated from the rhizome of turmeric (*Curcuma longa* L.), as well as β -cyclodextrin (CAS 7585-39-9) and 2-hydroxypropyl-beta-cyclodextrin (CAS 128446-35-5) (Roquette, France).

Obtaining an extract of curcuminoids. Dried rhizomes of turmeric were ground to a particle size of 0.1–0.2 mm. Curcuminoids were extracted with 96% ethanol in a Soxhlet apparatus at a raw material: extractant ratio of 1:20 for 6 hours. Ethanol was distilled off from the extract using a rotary evaporator. The lipid fraction was removed from the obtained curcuminoid concentrate by extraction with hexane at a feed: extractant ratio of 1:10. The curcuminoid preparation was dried at +50 °C in a vacuum thermostat and stored at +4 °C

HPLC method for the analysis of curcuminoids. The analysis of the composition of curcuminoids in the obtained preparation was carried out using an Agilent 1100/1200 chromatographic system equipped with a diode array detector on a Zorbax SB-C18 reverse-phase column (3.5 μ m, 4.6x250 mm). The composition of the mobile phase: water: acetonitrile (54:46), containing 0.01% (v / v) acetic acid. The identification of individual curcuminoids: curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin was carried out on an Agilent 6200/6500 ultra-HPLC chromatograph with a Q-TOF LC / MS mass-selective detector (USA) on a Hypersil Gold C18 reverse phase column (1.8 μ m, 2.4x100 mm) (Thermo Scientific). A mixture of acetonitrile: 5% formic acid at a ratio of 98: 2 was used as the mobile phase. The analysis time was 11 minutes. Sample volume - 0.1 μ L. The flow rate is 0.3 ml / min [9].

Methods for preparing the inclusion complex of curcuminoids with cyclodextrin. The maximum concentration of cyclodextrins was dissolved in water at 80 °C. Separately prepared is saturated with the first solution in acetone curcuminoids. The resulting solutions were mixed in a ratio of 2: 1 or 4: 1 and incubated at this temperature for 30 minutes. After completion of the acetone was removed on a rotary evaporator and the mixture was cooled to 6 °C. The resulting preparation was lyophilized and stored at 6 °C [22, 23].

Thermogravimetric analysis of the inclusion complex. Sample analyzed by Thermogravimetric inclusion complex with CD curcuminoids. The measurements were carried out using a TA- 4000 "Mettler Toledo" Switzerland thermoanalytical system. The mass of the test sample is ~ 10.5 mg. The temperature programming was used in the range of 25-550 °C, the rate of temperature rise was 5 °C / min. The analysis time is 110 min [24].

Fourier transform IR spectroscopy. We investigated the spectral properties: total drug curcuminoids, curcumin and, demetoksikurkumina, bis-demethoxy curcumin and, β -cyclodextrin and 2-hydroxypropyl- β -cyclodextrin and complexes of β -cyclodextrin - curcuminoids, 2-hydroxypropyl- β -cyclodextrin - curcuminoids... Studies were conducted on IR spectrometer IRTracer-100 Shimadzu (Japan). When determining the IR spectrum of samples in reflected light, the frequency of recording the spectrum to increase the signal-to-noise ratio and better resolution of the peaks was equal to 64, [22].

Results and Discussion / Results and discussion. The interaction of curcuminoids with β -cyclodextrin (β -CD) and 2-hydroxypropyl β -cyclodextrin (HP- β -CD) in aqueous systems in the dependent mostly on the temperature and the concentration of cyclodextrin.

The formation of nanocomplexes was studied using the phase solubility method (Higuchi and Connors) [25]. The method is based on the interphase transition of a substance from a crystalline state to a solution due to the interaction with cyclodextrins. To study the process of complexation, weighed portions of curcuminoids exceeding their solubility by a factor of 10,000 were placed in test tubes with water, into which various amounts of cyclodextrins were added. The efficiency of the transition of curcuminoids into solution in the composition of nanocomplexes was determined by measuring their concentration in the aqueous phase by HPLC. Based on the data obtained have been constructed graphics curcuminoids phase solubility depending on the temperature and concentrations of cyclodextrins (рис. 2).

In the control, the solubility of curcuminoids increased with increasing temperature: 30 °C, 37 °C, 50 °C and amounted to 0.105 ± 0.002 mg / L; 0.205 ± 0.007 mg / L and 0.354 ± 0.017 mg / L, respectively. During incubating the crystals of curcuminoids in the aqueous system with increasing concentration of β -CD from 0 to 42.6 mM / L was observed their phase transition in solution through the formation of inclusion complexes. This process depends on the concentration of β -CD in the incubation medium and temperature (рис. 2).

Creve's phase solubility drug total curcuminoids indicates that the increase in β -CD concentration in the range of 0.2-12.7 mmol / L leads to increase their solubility. A subsequent increase in the β -CD concentration of 15-22 mmol / L in the system leads to a plateau of this process. At the same time, with an increase in temperature from 30 °C to 37 °C, an increase in the formation of soluble clathrates by 47.4% is observed. A further increase in the β -CD concentration at the studied temperatures decreases the amount of dissolved curcuminoids in the aqueous phase.

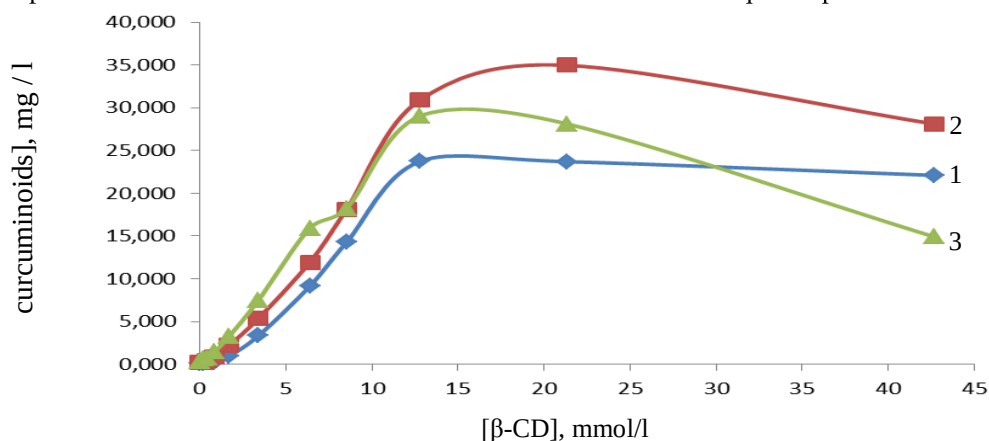


Fig. 2. Solubility of the total preparation of curcuminoids in deionized water depending on the concentration of β -CD at a temperature: 30 °C (1), 37 °C (2), 50 °C (3)

Thus, at a temperature of 30 °C and a β -CD concentration of 21.32 mmol / L, the solubility of the total preparation of curcuminoids in the clathrate composition increased 226 times compared to the control. Incubation of the curcuminoid preparation at 37 °C at a β -CD concentration of 21.32 mmol / L, the solubility of the nanocomplexes increased 170 times. When the diarylheptanoids preparation was incubated at a temperature of 50 °C at a β -CD concentration of 12.79 mmol / L, the solubility of the total preparation of nanocomplexes increased 82 times compared to the control. This can be explained by the fact that at the indicated concentration, the solubility limit of β -CD is reached, and as a result of the formation of intermolecular hydrogen bonds, the aggregation of nanocomplexes and their precipitation occurs.

In view of the limited solubility of β -CD, which is 1.88% at 25 °C, HP- β -CD was used in further studies. It was obtained by chemical modification of β -CD, which made it possible to increase the solubility of this derivative by 53 times in aqueous systems. The study of the solubility of curcuminoids during their complexation with HP- β -CD in an aqueous solution showed that this process depends on its concentration and temperature. Figure 3 shows the curves of the phase solubility of the total preparation of curcuminoids during its incubation in the presence of increasing concentrations of HP- β -CD from 0 to 100 mMol / L at temperatures of 30 °C, 37 °C, and 50 °C.

Depending on the concentration of HP- β -CD in aqueous solution, a proportional increase in the solubility of curcuminoids due to the formation of clathrates is observed. At a temperature of 30 °C and a concentration of HP- β -CD of 100 mMol / L, the solubility of curcuminoid nanocomplexes increased 3715 times compared with the control. An increase in the temperature of the system to 37 °C led to an increase in the solubility of nanocomplexes by a factor of 2177 compared to the control. It follows from the graphs of phase solubility that under the experimental conditions the solubility limit of the curcuminoid preparation was not reached.

The conducted studies of the interaction of curcuminoids with β -CD and HP- β -CD made it possible to determine the optimal parameters of the system at which the formation of nanocomplexes is achieved. The formation of intermolecular nanocomplexes of diarylheptanoids depends on the concentration of β -CD in the system. The optimum concentration of β -CD is 21.3 mMol / L, at which the maximum inclusion of curcuminoids in the composition of clathrates is achieved in the reaction system.

[diarylheptanoids], mg/l

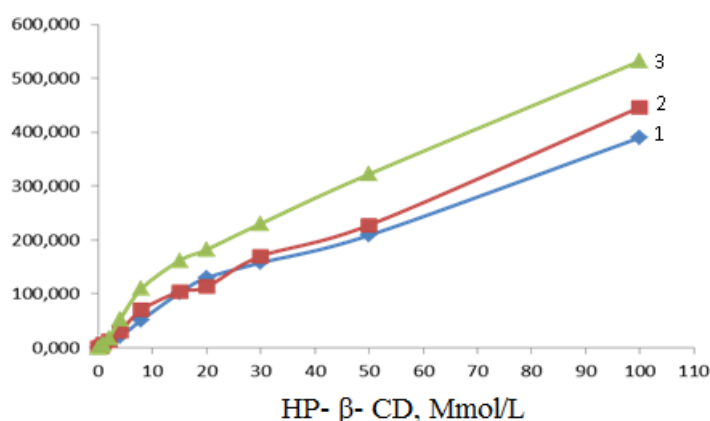


Fig. 3. Solubility of the total preparation of diarylheptanoids in deionized water depending on the concentration of HP- β -CD at a temperature: 30 °C (1), 37 °C (2), 50 °C (3)

At the same time, the percentage of included bisdemethoxycurcumin, demethoxycurcumin and curcumin does not significantly depend on temperature, β -CD concentration and is $26.56 \pm 0.06\%$, $32.36 \pm 0.09\%$, $41.08 \pm 0.09\%$, respectively ... The efficiency of the inclusion of these compounds in the composition of nanocomplexes is determined by the degree of their hydrophobicity, which increases in the order of bisdemethoxycurcumin, demethoxycurcumin, curcumin. The fact of significant differences in the degree of incorporation of curcumin and its derivatives into the composition of nanocomplexes can also be associated with the peculiarities of the physicochemical properties of β -CD. This cyclic oligosaccharide has low water solubility, which can limit the effectiveness of complexation.

The use of HP- β -CD at a concentration of 100 mMol / L as a complexing agent made it possible to maximize the solubility of curcuminoids to 390.12 ± 2.39 mg / L at 30 °C; 446.41 ± 3.09 at 37 °C and 532.25 ± 2.90 at 50 °C. The inclusion of individual curcuminoids in the HP- β -CD: bisdemethoxycurcumin, demethoxycurcumin and curcumin does not depend on temperature and is $30.29 \pm 0.24\%$, $31.41 \pm 0.16\%$, $38.30 \pm 0.17\%$, respectively. When using β -CD, the phase solubility diagram of the nanocomplex has a Bs-type character (Figure 2), which is due to the low solubility of β -CD in water. In the case of using HP- β -CD as a complexing agent, curves of the phase solubility of the A-type were obtained (Figure 3) and the solubility limit was not reached.

As a result of using β -CD as a complexing agent under optimal conditions, an increase in the solubility of curcuminoids by more than 220 times is observed, and when using HP- β -CD, it is more than 3700 times, compared to the solubility of diarylheptanoids in deionized water.

The formation of inclusion complexes of curcuminoids with β -CD and HP- β -CD was confirmed by Fourier transform IR spectroscopy and thermogravimetric analysis. For complexes β -CD - curcuminoids and HP- β -CD - curcuminoids, changes in the intensity of absorption of IR radiation and the shape of peaks in the wavelength range of 1625 cm^{-1} - 1100 cm^{-1} were noted. For them, a decrease in the intensity of absorption of infrared radiation at a wavelength of 1429 cm^{-1} is noted. These changes are associated with the formation of new hydrogen bonds between the molecules of the guest substance and the molecules of cyclodextrins. In this case, the absorption bands of the corresponding functional groups are shifted to the low frequency region.

Thermal analysis of β -CD clathrates - curcuminoids and HP- β -CD - curcuminoids revealed the stages of thermal decomposition under conditions of programmed heating from 20°C to 600°C at a rate of $5^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$, their temperature ranges and weight loss. During the oxidative thermal destruction of curcuminoids, a peak in the rate of sample weight loss is observed in the temperature range $411.33 - 548.36^\circ\text{C}$. It has been shown that the complexation of β -CD - curcuminoids and HP- β -CD - curcuminoids leads to a shift in the temperature boundaries of the main stages of destruction in the range of $385.21 - 520.13^\circ\text{C}$, in addition, the rate of their thermal decomposition decreases. The revealed regularities of the phase transition of diarylheptanoids from the insoluble state to the aqueous phase in the presence of β -CD and HP- β -CD, associated with their complexation, formed the basis for the development of a technology for obtaining nanocomplexes.

There are a number of methods for the preparation of inclusion complexes: the method of rubbing, the method of coprecipitation, the method of dry mixing, the method of hermetic heating, the method of complexation in a pasty state, the method of neutralization, the method of spray drying, the method of freezing, the method of solvent evaporation [23]. The analysis of the existing methods of complexation made it possible to develop the most optimal and technologically advanced method for obtaining nanostructures of curcuminoids with cyclodextrins.

The developed technique for obtaining nanocomplexes is based on the use of processes for obtaining saturated solutions of curcuminoids in acetone, and cyclodextrins in water at elevated temperatures; mixing the resulting solutions; incubating the mixture at a temperature of 80°C to remove the organic solvent, followed by a decrease in the temperature to 6°C ; decanting; washing the resulting preparation and its subsequent lyophilization. Inclusion complexes were obtained at guest: host molar ratios of 1: 2 and 1: 4. The water solubility of curcuminoids and the resulting nanocomplexes with β -CD and HP- β -CD are presented in Table 1. The content of curcuminoids in the resulting solutions was determined by HPLC.

Table 1

 Solubility of curcuminoids, and their nanocomplexes with β -CD and HP- β -CD in the aqueous phase, mg / l

Curcuminoid preparation	Native total curcuminoid preparation	β -CD - curcuminoids		Curcuminoid preparation	
		1:2	1:4	1:2	1:4
Total Curcuminoid Preparation	$0,105 \pm 0,002$	$8,36 \pm 0,04^*$	$8,85 \pm 0,05^*$	$25,79 \pm 0,08^*$	$91,35 \pm 0,24^*$
bisdemethoxy - curcumin	$0,069 \pm 0,001$	$3,37 \pm 0,01$	$4,92 \pm 0,02$	$11,36 \pm 0,05$	$42,93 \pm 0,05$
demethoxy - curcumin	$0,023 \pm 0,002$	$3,17 \pm 0,01$	$2,85 \pm 0,03$	$9,35 \pm 0,03$	$33,44 \pm 0,07$
curcumin	$0,013 \pm 0,001$	$1,83 \pm 0,02$	$1,08 \pm 0,01$	$5,08 \pm 0,02$	$14,98 \pm 0,13$

* significant differences at $p \geq 0.05$.

The data obtained allow us to conclude that when using the proposed technology to obtain nanocomplexes with curcuminoids, it is expedient to use HP- β -CD as a matrix. The use of HP- β -CD makes it possible to increase the inclusion efficiency and the solubility of the obtained nanostructures in comparison with β -CD by a factor of 10.3.

Conclusion. Due to the different biological activity of curcuminoids: hypocholesterolemic, antidiabetic, anti-inflammatory, antioxidant, they can find wide application in the production of functional foods. However, due to their high hydrophobicity and poor solubility in water, their practical use is limited. For n ovy sheniya their solubility and cyclodextrins are used, inclusion in which molecules hydrophobic curcuminoids enabled to receive clathrates. B-CD and GP- β -CD were used as molecular containers for the inclusion of curcuminoids.

On the basis of the method of interphase transition of curcuminoids from a crystalline state to a solution, in the presence of cyclodextrins, the process of obtaining clathrates has been studied. The complexation of curcuminoids with β -CD and HP- β -CD depends on the temperature and the concentration of cyclodextrins. Under optimal conditions, the use of β -CD allowed uvelich it Soluble s curcuminoids more than 220 times. Uses e HP- β -CD has increased solubility in 3700 times, compared with diarilgeptanoidov solubility in deionized water. Using the method and IR spec-

troscopy with Fourier transform and thermogravimetric th analysis and validated on ducation complexes of β -CD - curcuminoids and SE- β -CD - curcuminoids.

Based on these studies the technology for production of water-soluble nanocomplex curcuminoids s using cyclodextrins. The use of HP- β -CD makes it possible to increase the inclusion efficiency and the solubility of the obtained nanostructures in comparison with β -CD by a factor of 10.3. The resulting curcuminoid clathrates can find acceptance in the food industry, pharmaceuticals and cosmetics.

ЛИТЕРАТУРА

1. Prasad S. Curcumin, a component of golden spice: From bedside to bench and back / S. Prasad [et al.] // *Biotechnology Advances*. – 2014. – Vol. 32, № 6. – P. 1053–1064.
2. Kotha R.R. Curcumin: Biological, Pharmaceutical, Nutraceutical, and Analytical Aspects / R.R. Kotha, D.L. Luthria // *Molecules*. 2019. – Vol. 24, № 16. – P. 2930–2956.
3. Siviero A. Curcumin, a golden spice with a low Bioavailability / A. Siviero, E. Gallo, V. Maggini // *J. Herb. Med.* – 2015. – Vol. 5. P. 57–70.
4. Pati S. Extraction of curcuminoids from *Curcuma longa*: comparative study between batch extraction and novel three phase partitioning / S.S. Patil, S. Bhasarkar, V.K. Rathod // *Prep. Biochem. Biotechnol.* – 2019. – Vol. 49, № 4. – P. 407–418.
5. Yadav D.K. Purity Evaluation of Curcuminoids in the Turmeric Extract Obtained by Accelerated Solvent Extraction / D.K. Yadav, K. Sharma, A. Dutta // *J AOAC Int.* – 2017. – Vol 100, № 3. – P. 586–591.
6. Jia S. Identification and characterization of curcuminoids in turmeric using ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole time of flight tandem mass spectrometry / S. Jia [et. al] // *J. Chromatogr. A*. – 2017. – Vol. 1521. – P. 110–122.
7. Kharat M. Recent advances in colloidal delivery systems for nutraceuticals: A case study – Delivery by Design of curcumin / M. Kharat, D.J. McClements // *J Colloid Interface Sci.* – 2019. – Vol. 557. – P. 506–518.
8. Капустин М.А. Оценка качества препаратов на основе куркуминоидов и их комплексов с циклодекстринами методом ВЭЖХ/ М.А. Капустин, А.С. Чубарова, В.П. Курченко // *Белорусские лекарства: сб. материалов Междунар. науч. конф., г. Минск, 17–18 ноября 2016 г.*– Минск, 2016. – С. 86–91.
9. Капустин М.А. Выделение куркуминоидов из коневиища *Curcuma longa* L и исследование состава полученного препарата с использованием хроматографических методов анализа / М.А. Капустин, А.С. Чубарова, В.П. Курченко // *Труды Белорусского государственного университета. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем.* – 2016. – Т. 11, ч.2. – С. 248–262.
10. Li C Curcuminoids: Implication for inflammation and oxidative stress in cardiovascular diseases / C. Li, X. Miao, F. Li // *Phytother Res.* – 2019. – Vol. 33, № 5. – P. 1302–1317.
11. Kalaycioğlu Z. Comparison of antioxidant, anticholinesterase, and antidiabetic activities of three curcuminoids isolated from *Curcuma longa* L. / Z. Kalaycioğlu, I. Gazioğlu, F.B. Erim // *Nat Prod Res.* – 2017. – Vol. 31, № 24. – P. 2914–2917.
12. Li H. Curcumin, the golden spice in treating cardiovascular diseases / H. Li, A. Sureda, H.P. Devkota // *Biotechnol Adv.* – 2020. Vol. 38. – P. 107343–107357
13. Amalraj A. Biological activities of curcuminoids, other biomolecules from turmeric and their derivatives – A review / A. Amalraj, A. Pius, S. Gopi // *J. Tradit. Complement. Med.* – 2017. – Vol. 7. – P. 205–233.
14. Nelson K.M. The Essential Medicinal Chemistry of Curcumin: Miniperspective / Nelson, K.M. [et al.] // *J. Med. Chem.* – 2017. Vol. 60. – P. 1620–1637.
15. Lelli D. Curcumin use in pulmonary diseases: State of the art and future perspectives / D. Lelli, A. Sahebkar, T.P Johnston // *Pharmacol. Res.* – 2017. – Vol. 115. – P. 133–148.
16. Stohs S.J. A Comparative Pharmacokinetic Assessment of a Novel Highly Bioavailable Curcumin Formulation with 95% Curcumin: A Randomized, Double-Blind, Crossover Study / S.J. Stohs [et al.] // *J. Am. Coll. Nutr.* – 2018. – Vol. 37. – P. 51–59.
17. Khan S. Curcumin based nanomedicines as efficient nanoplatform for treatment of cancer: New developments in reversing cancer drug resistance, rapid internalization, and improved anticancer efficacy / S. Khan [et al.] // *Trends Food Sci. Technol.* – 2018. – Vol. 80. – P. 8–22.
18. Zhang D. Cyclodextrin-based delivery systems for cancer treatment / D. Zhang [et al.] *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* – 2019. – Vol. 96. – P.872–886.
19. Menezes P.D.P. Advances of nanosystems containing cyclodextrins and their applications in pharmaceuticals / P.D.P. Menezes, T.A. Andrade, L.A. Frank // *Int J Pharm.* – 2019. –Vol. 559. – P. 312–328.
20. Fernández M.A. Complex systems that incorporate cyclodextrins to get materials for some specific applications / M.A. Fernández [et al.] // *Carbohydr Res.* – 2019. – Vol. 480. – P. 12–34.
21. Jansook, P. Cyclodextrins: structure, physicochemical properties and pharmaceutical applications / P. Jansook, N. Ogawa, T. Loftsson // *Int J Pharm.* – 2018. – Vol. 535, № 1–2. – P. 272–284.
22. Капустин М.А. Получение и свойства наноструктур куркуминоидов с нативными и модифицированными циклическими олигосахаридами / М.А. Капустин, А.С. Чубарова, В.П. Курченко // *Инновации в пищевой технологии, биотехнологии и химии: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. г. Саратов 12–16 июня 2017 г.* – Саратов, 2017. – С. 240–246.

23. Капустин М.А. Методы получения нанокомплексов биологически активных веществ с циклическими олигосахаридами, анализ их физико-химических свойств и использование в пищевом производстве / М.А. Капустин и др. // Труды Белорусского государственного университета. – 2016. – Т. 11, ч. 1. – С. 73–100.

24. Капустин М.А. Изучение термостабильности и токсичности наноструктур феруловой кислоты с гидроксипропилированным бета-циклодекстрином / М.А. Капустин и др. // Известия Уфимского научного центра РАН. Биология, биохимия и генетика. – 2018. – №. 3 (4). – С. 44–50.

25. Saokham P. Solubility of Cyclodextrins and Drug/Cyclodextrin Complexes / P. Saokham [et al.] // *Molecules*. – 2018. – Vol. 23, № 5. – P. 1161–1175.

REFERENCES

1. Prasad S. Curcumin, a component of golden spice: From bedside to bench and back / S. Prasad [et al.] // *Biotechnology Advances*. – 2014. – Vol. 32, № 6. – P. 1053–1064.
2. Kotha R.R. Curcumin: Biological, Pharmaceutical, Nutraceutical, and Analytical Aspects / R.R. Kotha, D.L. Luthria // *Molecules*. 2019. – Vol. 24, № 16. – P. 2930–2956.
3. Siviero, A. Curcumin, a golden spice with a low Bioavailability / A. Siviero, E. Gallo, V. Maggini // *J. Herb. Med.* – 2015. – Vol. 5. P. 57–70.
4. Patil S. Extraction of curcuminoids from *Curcuma longa*: comparative study between batch extraction and novel three phase partitioning / S.S. Patil, S. Bhasarkar, V.K. Rathod // *Prep. Biochem. Biotechnol.* – 2019. – Vol. 49, № 4. – P. 407–418.
5. Yadav D.K. Purity Evaluation of Curcuminoids in the Turmeric Extract Obtained by Accelerated Solvent Extraction / D.K. Yadav, K. Sharma, A. Dutta // *J AOAC Int.* – 2017. – Vol 100, № 3. – P. 586–591.
6. Jia S. Identification and characterization of curcuminoids in turmeric using ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole time of flight tandem mass spectrometry / S. Jia [et. al] // *J. Chromatogr. A*. – 2017. – Vol. 1521. – P. 110–122.
7. Kharat M. Recent advances in colloidal delivery systems for nutraceuticals: A case study – Delivery by Design of curcumin / M. Kharat, D.J. McClements // *J Colloid Interface Sci.* – 2019. – Vol. 557. – P. 506–518.
8. Kapustin M.A. Otsenka kachestva preparatov na osnove kurkuminoidov i ikh kompleksov s tsiklodekstrinami metodom VEZHCHKH/ M.A. Kapustin, A.S. Chubarova, V.P. Kurchenko // *Belorusskie lekarstva: sb. materialov Mezhdunar. nauch. konf., g. Minsk, 17–18 noyabrya 2016 g.* – Minsk, 2016. – С. 86–91.
9. Kapustin M.A. Vydelenie kurkuminoidov iz konevishcha *Surcuma longa* L i issledovanie sostava poluchennogo preparata s ispol'zovaniem khromatograficheskikh metodov analiza / M.A. Kapustin, A.S. Chubarova, V.P. Kurchenko // *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Fiziologicheskie, biokhimicheskie i molekulyarnye osnovy funktsionirovaniya biosistem.* – 2016. – Т. 11, ch.2. – S. 248–262.
10. Li C. Curcuminoids: Implication for inflammation and oxidative stress in cardiovascular diseases / C. Li, X. Miao, F. Li // *Phytother Res.* – 2019. – Vol. 33, № 5. – P. 1302–1317.
11. Kalaycıoğlu Z. Comparison of antioxidant, anticholinesterase, and antidiabetic activities of three curcuminoids isolated from *Curcuma longa* L. / Z. Kalaycıoğlu, I. Gazioğlu, F.B. Erim // *Nat Prod Res.* – 2017. – Vol. 31, № 24. – P. 2914–2917.
12. Li H. Curcumin, the golden spice in treating cardiovascular diseases / H. Li, A. Sureda, H.P. Devkota // *Biotechnol Adv.* – 2020. Vol. 38. – P. 107343–107357
13. Amalraj A. Biological activities of curcuminoids, other biomolecules from turmeric and their derivatives – A review / A. Amalraj, A. Pius, S. Gopi // *J. Tradit. Complement. Med.* – 2017. – Vol. 7. – P. 205–233.
14. Nelson K.M. The Essential Medicinal Chemistry of Curcumin: Miniperspective / Nelson, K.M. [et al.] // *J. Med. Chem.* – 2017. Vol. 60. – P. 1620–1637.
15. Lelli D. Curcumin use in pulmonary diseases: State of the art and future perspectives / D. Lelli, A. Sahebkar, T.P Johnston // *Pharmacol. Res.* – 2017. – Vol. 115. – P. 133–148.
16. Stohs S.J. A Comparative Pharmacokinetic Assessment of a Novel Highly Bioavailable Curcumin Formulation with 95% Curcumin: A Randomized, Double-Blind, Crossover Study / S.J. Stohs [et al.] // *J. Am. Coll. Nutr.* – 2018. – Vol. 37. – P. 51–59.
17. Khan S. Curcumin based nanomedicines as efficient nanoplatform for treatment of cancer: New developments in reversing cancer drug resistance, rapid internalization, and improved anticancer efficacy / S. Khan [et al.] // *Trends Food Sci. Technol.* – 2018. – Vol. 80. – P. 8–22.
18. Zhang D. Cyclodextrin-based delivery systems for cancer treatment / D. Zhang [et al.] *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* – 2019. – Vol. 96. – P.872–886.
19. Menezes P.D.P. Advances of nanosystems containing cyclodextrins and their applications in pharmaceuticals / P.D.P. Menezes, T.A. Andrade, L.A. Frank // *Int J Pharm.* – 2019. –Vol. 559. – P. 312–328.
20. Fernández M.A. Complex systems that incorporate cyclodextrins to get materials for some specific applications / M.A. Fernández [et al.] // *Carbohydr Res.* – 2019. – Vol. 480. – P. 12–34.
21. Jansook P. Cyclodextrins: structure, physicochemical properties and pharmaceutical applications / P. Jansook, N. Ogawa, T. Loftsson // *Int J Pharm.* – 2018. – Vol. 535, № 1–2. – P. 272–284.
22. Kapustin M.A. Poluchenie i svoystva nanostруктур kurkuminoidov s nativnymi i modifitsirovannymi tsiklicheskim oligosakhariidami / M.A. Kapustin, A.S. Chubarova, V.P. Kurchenko // *Innovatsii v pishchevoi tekhnologii, biotekhnologii i khimii: sb. materialov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. g. Saratov 12–16 iyunya 2017 g.* – Saratov, 2017. – S. 240–246.

23. Kapustin M.A. Metody polucheniya nanokompleksov biologicheskii aktivnykh veshchestv s tsiklicheskim oligosakharidami, analiz ikh fiziko-khimicheskikh svoistv i ispol'zovanie v pishchevom proizvodstve / M.A. Kapustin i dr. // Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2016. – T. 11, ch. 1. – S. 73–100.

24. Kapustin M.A. Izuchenie termostabil'nosti i toksichnosti nanostruktur ferulovoi kisloty s gidroksipropilirovannym beta-tsiklodekstrinom / M.A. Kapustin i dr. // Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN. Biologiya, biokhimiya i genetika. – 2018. – №. 3 (4). – S. 44–50.

25. Saokham P. Solubility of Cyclodextrins and Drug/Cyclodextrin Complexes / P. Saokham [et al.] // Molecules. – 2018. – Vol. 23, № 5. – P. 1161–1175.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Капустин Максим Александрович, магистр биологических наук, науч. сотр. НИЛ прикладных проблем биологии биологического факультета БГУ, г. Минск; тел.: +37529 7720526, e-mail: maximkapustin84@gmail.com

Kapustin M. A., Master in Biological Sciences, researcher of the Laboratory of Applied Biology, Biology Faculty, Belarusian State University, Biology Faculty, Minsk; Phone: +375297720526, e-mail: maximkapustin84@gmail.com

Чубарова Анна Сергеевна, канд. биол. наук, доцент, ст. науч. сотр. НИЛ прикладных проблем биологии биологического факультета БГУ, г. Минск; тел.: +375295576722, e-mail: chubarova.hanna@gmail.com

Chubarova A. S., PhD in Biological Sciences, Associate Professor, senior researcher of the Laboratory of Applied Biology, Biology Faculty, Belarusian State University, Biology Faculty, Minsk; Phone: +375295576722, e-mail: chubarova.hanna@gmail.com

Евдокимов Иван Алексеевич, док. техн. наук, профессор, зав. базовой кафедрой Технологии молока и молочных продуктов Института живых систем СКФУ, г. Ставрополь; тел.: +79624030847, e-mail: ievdokimov@ncfu.ru

Evdokimov I. A., Doctor in Technical Science, Professor, Head of the Department of milk and dairy products technology, Institute of Living Systems NCFU, Stavropol; Phone: +79624030847, e-mail: ievdokimov@ncfu.ru

Лодыгин Алексей Дмитриевич, док. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной биотехнологии Института живых систем СКФУ, зам. директора Института живых систем СКФУ по научной работе, г. Ставрополь; тел.: +8652330318, e-mail: allodygin@yandex.ru

Lodigin A. D., Doctor in Technical Science, Professor, Head of the Department of applied biotechnology, Institute of Living Systems NCFU, Stavropol; Phone: +8652330318, e-mail: allodygin@yandex.ru

Лодыгина Светлана Валентиновна, канд. техн. наук, доцент кафедры прикладной биотехнологии Института живых систем СКФУ, г. Ставрополь; тел.: +8652330318, e-mail: svetvallod@mail.ru

Lodigina S. V., PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of applied biotechnology, Institute of Living Systems NCFU, Stavropol; Phone: +8652330318, e-mail: svetvallod@mail.ru

Цыганков Василий Георгиевич, канд. мед. наук, доцент, вед. науч. сотр. лаб. комплексных проблем гигиены пищевых продуктов государственного предприятия «Научно-практический центр гигиены», тел.: +375293733551, e-mail: vgz@tut.by.

Cigankov V. G., PhD in Medical Sciences, Associate Professor, leading researcher of laboratory of complex problems of food hygiene of the state enterprise "Scientific and Practical Center for Hygiene". Phone: + 375293733551, e-mail: vgz@tut.by.

Бондарук Алла Михайловна, канд. мед. наук., зав. лаб. комплексных проблем гигиены пищевых продуктов государственного предприятия «Научно-практический центр гигиены», тел.: + 375 17 284-13-84, e-mail: pitanie_b@rspch.by.

Bondaruk A. M., PhD in Medical Sciences, Head of laboratory of complex problems of food hygiene of the state enterprise "Scientific and Practical Center for Hygiene". Phone: + 375 17 284-13-84, e-mail: pitanie_b@rspch.by.

Курченко Владимир Петрович, канд. биол. наук, доцент, зав. НИЛ прикладных проблем биологии биологического факультета БГУ, г. Минск; тел.: +375 29 6630347, e-mail: kurchenko@tut.by

Kurchenko V.P., PhD, Associate Professor, Head of the Laboratory of Applied Biology, Biology Faculty, Belarusian State University, Biology Faculty, Minsk; Phone: +375 29 6630347, e-mail: kurchenko@tut.by.

Дата поступления в редакцию: 15.07.2020

После рецензирования: 03.08.2020

Дата принятия к публикации: 03.09.2020

Н. М. Панова [N. M. Panova]
 О. В. Меркулова [O. V. Merkulova]
 А. Д. Лодыгин [A. D. Lodygin]
 А. Г. Храмцов [A. G. Khramtsov]

УДК 637.344

ВЛИЯНИЕ БИФИДОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ МИКРОФЛОРЫ В ПОДСЫРНОЙ СЫВОРОТКЕ

THE EFFECT OF BIFIDOGENIC FACTORS ON THE PROCESS OF CULTIVATION OF PROBIOTIC MICROFLORA IN WHEY

Северо-Кавказский федеральный университет/ North Caucasus Federal University,
 e-mail: allodygin@yandex.ru

Аннотация. Обоснована актуальность получения кормовых добавок функционального назначения, обогащенных компонентами животного или растительного происхождения. Изучено влияние белково-углеводной добавки и белковых гидролизатов, полученных из обезжиренного молока и соевого молока на процесс культивирования *Lb. bifidum* в подсырной сыворотке. Разработана технология кормовых добавок нового поколения.

Материалы и методы. Цель исследований – изучение влияния бифидогенных факторов на рост бифидобактерий в подсырной сыворотке при разных способах введения лактулозы с состав среды. Изучено влияние белково-углеводного препарата БУД, белковых гидролизатов животного происхождения (гидролизат обезжиренного молока) и растительного происхождения (гидролизат соевого молока). Установлено, что все вышеперечисленные бифидогенные факторы позволяют получить рост бифидобактерий 10^{10} КОЕ/см³, способ введения лактулозы в состав молочной сыворотки в данных экспериментах влияния не оказывал.

Заключение. Подтверждена целесообразность введения вместе с БУД лимоннокислого натрия в концентрации 1 %, так как при его внесении количество бифидобактерий увеличивается до 10^{11} КОЕ/см³. За счет своих хелатных свойств он изменяет количество доступных для бифидобактерий минеральных веществ, присутствующих в обогащенной молочной сыворотке.

Ключевые слова: подсырная сыворотка, бифидогенный фактор, бифидобактерии, кормовые добавки, лактулоза.

Abstract. The relevance of obtaining functional feed additives enriched with components of animal or plant origin is justified. The effect of a protein-carbohydrate Supplement and protein hydrolysates obtained from skimmed milk and soy milk on the cultivation of *Lb. bifidum* in subsurface whey was studied. A new generation of feed additives technology has been developed.

Materials and methods. The aim of the research is to study the influence of bifidogenic factors on the growth of bifidobacteria in the subsurface serum with different methods of lactulose administration with the composition of the medium. The effect of the protein-carbohydrate preparation BUD, protein hydrolysates of animal origin (skim milk hydrolysate) and vegetable origin (soy milk hydrolysate) was studied. It was found that all the above-mentioned bifidogenic factors allow to obtain the growth of bifidobacteria 10^{10} CFU / cm³, the method of introducing lactulose into the composition of whey in these experiments had no effect.

Conclusion. The expediency of introducing sodium citric acid at a concentration of 1% together with WATER was confirmed, since the number of bifidobacteria increases to 10^{11} CFU/cm³ when it is added. Due to its chelating properties, it changes the amount of minerals available to bifidobacteria present in enriched whey.

Key words: whey, bifidogenic factors, bifidobacteria, feed additives, lactulose.

Introduction. In order to correct the microflora of the gastrointestinal tract of young farm animals, disturbed due to dysbiosis, probiotics are used in veterinary medicine in the form of bacterial preparations. Most often they are developed on the basis of *Bed* and *subtilis*, *Bifidobacterium*, lactic acid bacteria such as the *Lb. acidophilus*, *Lb. delbreuckii* subsp. *bulgaricus*, *Lb. plantarum*, *Lb. casei* [6, 8].

Lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus* and bifidobacteria, being probiotic cultures, colonizing the gastrointestinal tract and being constantly present in it, take on the main protective function. They secrete substances into the host organism that inhibit various parasitic microorganisms in the gastrointestinal tract [1].

One of the promising areas in animal husbandry for the prevention and treatment of gastrointestinal diseases is the use of feed additives with functional properties based on secondary milk raw materials, in particular, cheese whey. The use of secondary milk raw materials for feed purposes is not only of economic importance. It enriches the diet of animals with basic nutrients and is a good nutrient medium for the starter microflora, since its components serve as a source of carbohydrate, nitrogen and phosphorus nutrition for it [7].

At the Department of Applied Biotechnology, Sev-KavGTU (now NCFU), work was carried out to develop technologies for synbiotic feed additives, in which lactulose was a prebiotic, and *B. bifidum* was used as a probiotic microflora. Since the milky environment is not a natural habitat for bifidobacteria, bifidogenic factors were used for their cultivation.

Materials and Methods. The objects of research were:

- modeling solutions obtained from dry cheese whey and serum, output of Dairy "Stavropol" Stavropol on TU 10.02.927-91 (Table 1).

As auxiliary raw materials and materials used:

- protein-carbohydrate additives from BUD, depletion at Krasnogvardeysky of "Syrodel" (Table 2);
- skim milk with acidity not more than 19 ° T, density not less than 1028 kg / m³, obtained by separating milk harvested, meeting the requirements of GOST R 52054-2003, not less than 2nd grade;
- milk replacer "Soy milk" according to TU 9146-025-10126558-98;
- the drug "Bifidumbacterin", produced by CJSC "Ecopolis" (Kovrov) according to FSP 42-3532-07. Biopreparate is lyophilized in the culture medium microbial mass of live bifidobacteria strains *B. bifidum* No. 1. One dose of the drug contains at least 10⁸ live bifidobacteria;
- lactulose preparation "Normase" of the Italian company "Inalko" (table 3);
- enzyme preparation "Pancreatin", produced by JSC "Biosintez" according to OST 10-20-86;
- sodium citrate according to GOST 22280-76

Table 1

Main indicators of dry cheese whey

Indicators	Indicator values
Mass fraction of dry substances, %	94.8
Mass fraction of lactose of reduced whey to a mass fraction of solids 5.0%, °T	3.8
Mass fraction of minerals in reduced whey to a mass fraction of dry substances 5.0%, °T	0.5
The titratable acidity of the reduced whey to the mass fraction of dry matter 5.0%, °T	17
pH of the recovered whey to a mass fraction of dry matter 5.0%	5.2
Solubility index, cm ³ crude sediment	0.7

Table 2

The main indicators of the drug BUD

Indicator name	Indicator value
Mass fraction of dry substances, %	94.5
including: β -D-glucose, %	38.4
α -lactose, %	11.8
lactulose, %	16.5
squirrel, %	9.4
mineral substances, %	16.1
Titratable acidity of the product reduced to 6.5% dry matter, °T	46
Solubility, cm ³ wet sediment	1.6

The preparation of bifidobacteria was preliminarily activated in Blaurock's medium at a temperature of 37 °C for 24 hours. The dose of the activated bacteriological preparation in serum was 0.5 doses per 100 cm³. The initial number of bifidobacterial cells in 1 cm³ of the medium was 8x10⁴ CFU. Fermented whey incubated at 37 °C for 20 hours.

Table 3

Chemical composition of the lactulose preparation "Normase"

Indicators	Composition in 100 cm ³ of syrup, in g
Lactulose	66.7
Galactose, no more	8.0
Lactose, no more	5.0
Tagatose, no more	0.5
Citric acid	0.2

To quantify bifidobacteria, the limiting dilution method was used, which is based on the ability of bifidobacteria to grow on nutrient media poured in a tall column in test tubes at a temperature of $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ with the formation of colonies within $(3 \div 5)$ days.

All studies were carried out on model solutions with a mass fraction of dry substances of 5.0%, obtained from dry cheese whey of one production batch, in order to exclude the influence of the chemical composition of raw materials on the research results.

When developing technologies for synbiotic feed additives, a different approach was used to introduce lactulose into the whey composition. In the first case, the development of technology additives "BIKODO +" lactulose-administered by making a syrup "Normase" or as additives ECU introduced in an amount of 1%.

When developing the technology of the feed additive "Profilakt-B", lactulose was obtained directly in milk whey, by performing a technological operation isomerization of lactose into lactulose. Isomerization was carried out in an alkaline medium at a pH (11.0 ± 0.5) , temperature $(85 \pm 5)^\circ\text{C}$ and soak period at this temperature for 20-30 min. Calcium hydroxide in the form of "milk of lime" was used as an alkaline agent.

In order to enrich whey with the sources of nitrogen nutrition necessary for the growth of bifidobacteria, when developing the feed additive "BIKODO +", BUD was also used, and when developing "Profilakt-B", protein hydrolysates obtained by hydrolysis of proteins of skim milk or soy milk with the preparation "Pancreatin".

Results and Discussion. During the development of the "BIKODO +" technology, the previously activated preparation "Bifidumbacterin" was added to the cheese whey enriched with bifidogenic factors at a temperature of $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$. The fermentation was carried out at the indicated temperature for 18 hours. The BUD preparation was preliminarily dissolved in the starting material. BUD is not only a source of lactulose, but it also contains the β -form of lactose, a complex of amino acids obtained as a result of protein hydrolysis, and minerals that pass into it from whey.

Anomer β -forms of lactose formed in the drying process concentrates ECU n ri high temperatures due to the fact that a substantial portion is not subjected to the isomerization of lactose to crystallize β -form, which is absorbed more slowly than the α -form. As a result, parts v β -lactose, passing through the small intestine, it reached flushes the colon and stimulate uet growth of gram-positive microflora, which makes it bifidogenic factor.

The use of sodium citrate is due to the fact that it has chelating properties and, therefore, can change the amount of minerals available to bifidobacteria, which are present in fortified whey.

The results of studies on the influence of bifidogenic factors in the form of "Normase" and BUD preparations on the growth of bifidobacteria are shown in Table 4.

Table 4

Growth of bifidobacteria in serum with the introduction of bifidogenic factors

Serum samples	The number of bifidobacteria in 1 cm ³
Cheese whey (control)	1.3×10^8
Cheese whey + 1% "Normase"	2.6×10^8
Cheese whey + 1% BUD	7.2×10^{10}
Cheese whey + 1% sodium citrate and 1% dietary supplement	2.3×10^{11}

The analysis of Table 4 leads to the following conclusion s

- the introduction of the drug "Normase" in the amount of 1% does not affect the growth of biomass of probiotic microflora during the fermentation process;
- the introduction of the BUD preparation in an amount of 1% increases the biomass growth of bifidobacteria by 2 orders of magnitude relative to the control sample;

- the greatest biomass accumulation bifidobacteria observed in whey by adding it as a bifidogenic factor s 1% sodium citrate, and 1% ECU (3 orders of magnitude relative to the control and gain on the order of 1 with respect to serum enriched ECU) .

When developing the technology of the additive "Profilakt-B" lactose in cheese whey, pre-enriched with protein hydrolyzate of skim milk (GOM) or protein hydrolyzate of soy milk (GSM) was subjected to isomerization. On the basis of previous studies [4] , the optimal conditions were selected to obtain the maximum degree of isomerization of lactose to lactulose. When making a 7.5% GMA or lubricants, temperature 80 isomerisation °C and soak period at this temperature for 30 min (for GOM) or 20 min (for GSM), the degree of isomerization was 37 - 38%.

To study the effect of the type of protein hydrolyzate on the growth of bifidobacteria, 3 samples were prepared: 1 sample - isomerized cheese whey without protein hydrolyzate (control); 2 sample - isomerized cheese whey enriched with GOM, 3 sample - isomerized cheese whey enriched with fuels and lubricants. The modes of isomerization and the amount of added protein hydrolysates are the same, which made it possible to obtain the maximum degree of isomerization. The activated preparation "Bifidumbacterin" was introduced into the prepared serum samples at a temperature of $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$. After the end of fermentation, the samples were inoculated into an elective medium.

The results of studies on the influence of bifidogenic factors on the biochemical activity of bifidobacteria are shown in Table 5

Table 5

Influence of the type of protein hydrolyzate on the biochemical activity of bifidobacteria

Sample number	Titratable acidity, °T				
	at the beginning	across 12 h	across 24 h	across 36 h	increase in acidity in 36 hours
1. Isomerized whey	12	16	29	48	36
2. Isomerized whey fortified with GOM	ten	15	36	60	fifty
3. Isomerized whey enriched with fuels and lubricants	eleven	17	34	56	45

Analysis of the data in Table 5 showed that in the presence of protein hydrolysates as sources of nitrogen nutrition, the biochemical activity of bifidobacteria increases by 15 - 20 ^{about} T for 36 hours of cultivation.

The results of studies on the effect of protein hydrolysates on growth of biomass bifidobacteria in the isomerized cheese whey are shown in Table 6, and Mr. startup image dependence is shown in Figure 1.

Table 6

Influence of the type of protein hydrolyzate on the growth of biomass of bifidobacteria

Sample number	Number of colonies in breeding						Number of bifidobacteria, N, CFU / cm ³	lg N	Average value lg N
	V	VI	VII	VIII	IX	X			
1. Isomerized whey	CP*	CP	ДК	16	5	–	5x10 ⁹	10,70	10,28
	CP	CP	ДК	8	2	–	2x10 ⁹	9,30	
	CP	ДК	ДК	11	7	–	7x10 ⁹	10,85	
2. Isomerized whey fortified with GOM	CP	CP	ДК	ДК	27	16	16x10 ¹⁰	11,20	11,06
	CP	ДК	ДК	32	18	9	9x10 ¹⁰	10,95	
	CP	CP	ДК	ДК	15	11	11x10 ¹⁰	11,04	
3. Isomerized whey, fortified Fuels and lubricants	CP	ДК	ДК	19	13	4	4x10 ¹⁰	10,60	10,50
	CP	ДК	ДК	26	19	1	1x10 ¹⁰	10,00	
	CP	CP	ДК	ДК	21	8	8x10 ¹⁰	10,90	

Note. SR - solid growth, DK - dozens of colonies

Analysis of the experimental data presented in Table 6 and in Figure 1 made it possible to conclude that the introduction of protein hydrolysates in the form of GOM and GSM into isomerized serum stimulates the growth of bifidobacteria by 1 order of magnitude.

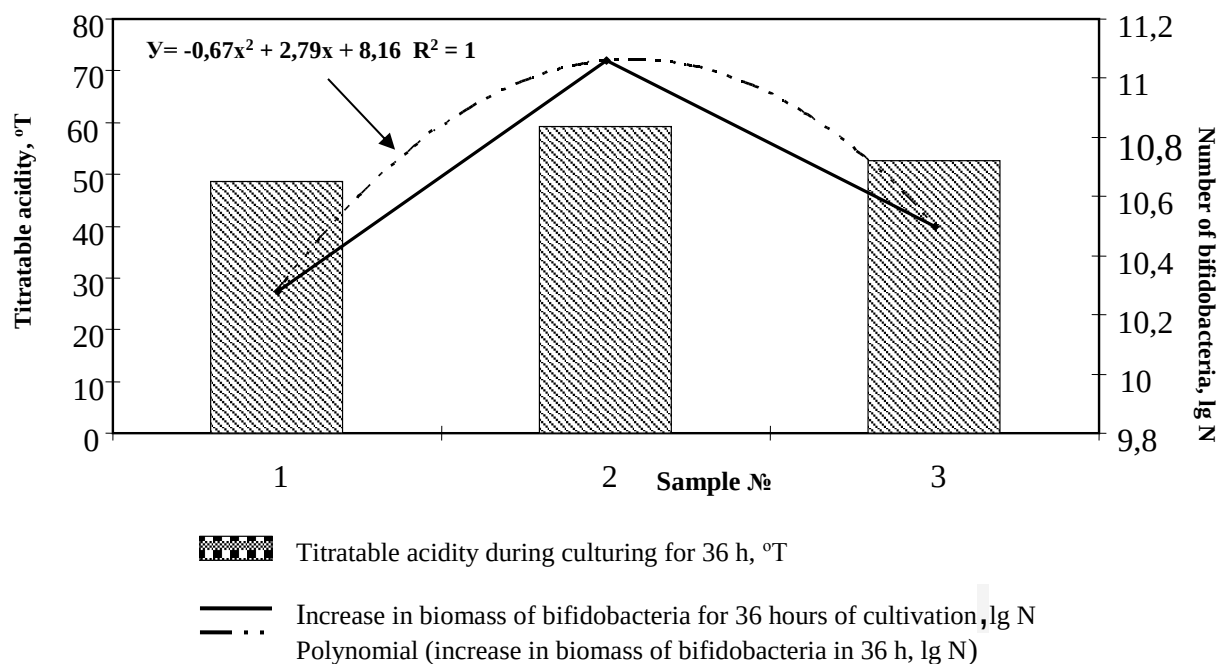


Fig. 1. The influence of the type of protein hydrolyzate on the process of cultivation of bifidobacteria (No. 1 - isomerized serum - control; No. 2 - with GOM; No. 3 - with fuels and lubricants)

Having considered a number of bifidogenic factors, technological methods of introducing lactulose into milk whey (in the form of a BUD preparation or directly by isomerizing lactose into lactulose), it can be concluded that with any of the above methods of administration, the growth of bifidobacteria is 10^{10} CFU / cm³. It is necessary to further check how sodium citrate will affect the growth of probiotic microflora in the presence of protein hydrolysates of animal and plant origin.

Conclusion. The conducted studies on the influence of bifidogenic factors (BUD preparation, protein hydrolysates GOM and HMS, lactulose) formed the basis for the technologies of feed additives for functional purposes "BIKODO +" and "Prophylactic-B".

The technology of the bifidoactive feed additive "BIKODO +" has passed a pilot-industrial test on the basis of CJSC MSZ "Kugultinsky" of the Grachevsky district of the Stavropol Territory and at the private enterprise "Saturn" of the Adyge-Khablsky district of Karachay-Cherkessia. Scientific and economic tests "BIKODO +" were carried out at the JSC "Spitsevskoe" of the Grachevsky district of the Stavropol region. Experimental samples of synbiotic concentrate based on cheese whey enriched with skim milk hydrolyzate ("Profilakt-Bm") and soy milk hydrolyzate ("Profilakt-BS") obtained on the basis of the conducted research have undergone a pilot-industrial test on the basis of FSUE VNIKIM, Stavropol Scientific and economic tests were carried out in the experimental farm GNU SNIIZHK, SPK-collective farm "Novomaryevskoye" and in SGZH "Mikhailovskoye" in Shpakovsky district of the Stavropol Territory. Positive results were obtained in scientific and economic tests of all functional feed additives.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганина В.И. Пробиотики. Назначение, свойства и основы биотехнологии / В.И. Ганина. – М.: МГУПБ, 2001. – 169 с.
2. Лодыгин, А.Д. Разработка безотходной технологии биодогенного концентрата из молочной сыворотки: Автореф. дисс. ... канд.техн.наук. – Ставрополь, 1999. – 24 с.
3. Меркулова О.В. Разработка биотехнологии синбиотического концентрата функционального назначения: Автореф. дисс. ... канд.техн.наук. – Ставрополь, 2009. – 24 с.
4. Меркулова, О.В. Синбиотический концентрат на основе сыворотки / О.В. Меркулова, А.Г. Храмов, А.Д. Лодыгин, Н.М. Панова // Молочная промышленность – № 8. – 2007. – С. 50 – 52.
5. Панова Н.М. Биотехнология синбиотических кормовых добавок из молочной сыворотки: научная монография / Н.М. Панова, С.А. Рябцева, А.Г. Храмов. – LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 131 с.
6. Состояние и перспективы развития функционального питания сельскохозяйственных животных в России: Коллективная монография / А.Г. Храмов, Д.Н. Лодыгин, А.Д. Лодыгин [и др.] // Саратов: ИТЦ «Лидер», 2007. – 127 с.
7. Храмов А.Г. Феномен молочной сыворотки: монография / А. Г. Храмов. – СПб.: Профессия, 2011 – 804 с.

8. Храмцов А.Г. Технология кормовых добавок нового поколения из вторичного молочного сырья / А.Г.Храмцов, И.А. Евдокимов, С.А. Рябцева [и др.]: Учебное пособие, М.: ДеЛи принт. 2006. – 286 С.

REFERENCES

1. Ganina V.I. Probiotki. Naznachenie, svoistva i osnovy biotekhnologii / V.I. Ganina. – М.:MGUPB, 2001. – 169 s.
2. Lodygin, A.D. Razrabotka bezotkhodnoi tekhnologii bifidogennoho kontsentrata iz molochnoi syvorotki: Avtoref. diss. ... kand.tekhn.nauk. – Stavropol', 1999. – 24 s.
3. Merkulova O. V. Razrabotka biotekhnologii sinbioticheskogo kontsentrata funktsional'nogo naznacheniya: Avtoref. diss. ... kand.tekhn.nauk. – Stavropol', 2009. – 24 s.
4. Merkulova, O.V. Sinbioticheskii kontsentrat na osnove syvorotki / O.V. Merkulova, A.G. Khramtsov, A.D. Lodygin, N.M. Panova // Molochnaya promyshlennost' – № 8. – 2007. – S. 50 – 52.
5. Panova, N. M. Biotekhnologiya sinbioticheskikh kormovykh dobavok iz molochnoi syvorotki: nauchnaya monografiya / N. M. Panova, S. A. Ryabtseva, A. G. Khramtsov. – LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 131 s.
6. Sostoyanie i perspektivy razvitiya funktsional'nogo pitaniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh v Rossii: Kollektivnaya monografiya / A. G. Khramtsov, D. N. Lodygin, A. D. Lodygin [i dr.] // Saratov: ITTS «LideR», 2007. – 127 s.
7. Khramtsov, A. G. Fenomen molochnoi syvorotki: monografiya / A. G. Khramtsov. – SPb. : Professiya, 2011 – 804 s.
8. Khramtsov, A. G. Tekhnologiya kormovykh dobavok novogo pokoleniya iz vtorichnogo molochnogo syr'ya / A. G. Khramtsov, I. A. Evdokimov, S. A. Ryabtseva [i dr.]: Uchebnoe posobie, M.: DELi print. 2006. – 286 S.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Панова Нина Михайловна, кандидат технических наук, доцент, кафедры прикладной биотехнологии, Института живых систем, Северо-Кавказского Федерального университета, (8652) 33-03-18, e-mail: allodygin@yandex.ru

Panova Nina Mikhailovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Applied Biotechnology, Institute of Living Systems, North Caucasus Federal University, (8652) 33-03-18, e-mail: allodygin@yandex.ru

Меркулова Ольга Вячеславовна, к.т.н., старший преподаватель кафедры, ведущий специалист отдела международных проектов и программ управления международного сотрудничества, кафедры прикладной биотехнологии, Института живых систем, Северо-Кавказского Федерального университета, (8652) 33-03-18, e-mail: allodygin@yandex.ru

Merkulova Olga Vyacheslavovna, Ph. D., Senior Lecturer of the Department, Leading Specialist of the Department of International Projects and Programs of the Department of International Cooperation, Department of Applied Biotechnology, Institute of Living Systems, North Caucasus Federal University, (8652) 33-03-18, e-mail: allodygin@yandex.ru

Лодыгин Алексей Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной биотехнологии Института живых систем, Северо-Кавказского Федерального университета, (8652) 33-03-18, e-mail: allodygin@yandex.ru

Lodygin Alexey D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Biotechnology, Institute of Living Systems, North Caucasus Federal University, (8652) 33-03-18, e-mail: allodygin@yandex.ru

Храмцов Андрей Георгиевич, доктор технических наук, профессор, академик РАН, профессор кафедры прикладной биотехнологии, Института живых систем, Северо-Кавказского Федерального университета, (8652) 33-03-18, e-mail: allodygin@yandex.ru

Khramtsov Andrey Georgievich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Applied Biotechnology, Institute of Living Systems, North Caucasus Federal University, (8652) 33-03-18, e-mail: allodygin@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 15.07.2020

После рецензирования: 03.08.2020

Дата принятия к публикации: 03.09.2020

А. Г. Гракова [A. G. Grakova]

УДК 628.356

**ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
МЕМБРАННОГО БИОРЕАКТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ****OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE DECISIONS IN DESIGNING A MEMBRANE
BIOREACTOR TO INCREASE THE EFFICIENCY OF TREATMENT WASTE WATER
OF THE DAIRY INDUSTRY**Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Branch of FGBOU VO "NRU" MPEI "in Smolensk, Russia

Аннотация: в данной статье рассматривается способ очистки сточных вод предприятий молочной промышленности, основанный на комбинировании биологических методов очистки и мембранного разделения. Обоснована теоретическая и практическая значимость применения биомембранной технологии. Изучены методы очистки сточных вод с учетом проведенного анализа состава сточных вод молочной промышленности. Представлена конструкция мембранного биореактора, включающая денитрификатор, аэротенк и мембранный резервуар. Описан принцип работы установки, а также ее достоинства и недостатки. Представлены характеристики отдельных элементов конструкции и факторы, оказывающие влияние на правильную работу денитрификатора, аэротенка и мембран. В работе продемонстрированы схема классической аэрации и схема мембранного разделения. Поскольку важную роль при для реализации процесса очистки в мембранном резервуаре играет правильный выбор мембран, в работе представлены характеристики различных типов мембран с их достоинствами и недостатками. Проведено сравнение классической схемы очистки и схемы мембранного разделения. В результате работы были предложены методы оптимизации конструкции мембранного биореактора и биомембранной технологии для повышения эффективности очистки сточных вод, такие как зона с прикрепленной микрофлорой в аэротенке, снижение илового индекса, снижение продолжительности окисления в аэротенке, применение регулируемых центробежных воздуховок, системы контроля массового баланса. В заключении изучен мировой рынок применения мембранных биореакторов и сделан вывод об эффективности их применения.

Ключевые слова: сточные воды, мембранный биореактор, аэротенк, нитрификация, биологическая очистка, активный ил, аэрация.

Abstract: this article discusses a method for wastewater treatment in the dairy industry, based on a combination of biological methods of purification and membrane separation. The theoretical and practical significance of the application of biomembrane technology is substantiated. Methods of waste water treatment are studied taking into account the analysis of the composition of waste water in the dairy industry. The design of a membrane bioreactor is presented, including a denitrifier, an aerotank, and a membrane reservoir. The principle of operation of the installation, as well as its advantages and disadvantages, is described. The characteristics of individual design elements and factors that influence the correct operation of the denitrifier, aeration tank and membranes are presented. The paper demonstrates the scheme of classical aeration and the scheme of membrane separation. Since the correct choice of membranes plays an important role in the implementation of the cleaning process in a membrane tank, the paper presents the characteristics of various types of membranes with their advantages and disadvantages. A comparison of the classical cleaning scheme and the membrane separation scheme is made. As a result, methods were proposed to optimize the design of a membrane bioreactor and biomembrane technology to improve the efficiency of wastewater treatment, such as a zone with attached microflora in the aeration tank, reducing the sludge index, reducing the duration of oxidation in the aeration tank, the use of controlled centrifugal blowers, mass balance control systems. In conclusion, the world market for the use of membrane bioreactors was studied and a conclusion was made about the effectiveness of their application.

Key words: wastewater, membrane bioreactor, aeration tank, nitrification, biological treatment, activated sludge, aeration.

Introduction. Currently, an important environmental challenge is the protection and purification of water bodies. Thanks to the rapidly developing industry, water resources are being polluted rapidly. One of the most common sources of pollution is the food industry, including the dairy industry. Wastewater from dairy products is characterized by a high content of organic contaminants. A promising direction in the treatment of waste water from the dairy industry is the combination of biological and membrane technology, or purification in a membrane bioreactor. Membrane bioreactors have found wide application in the treatment of industrial wastewater with a high content of difficult-to-

oxidize contaminants, since traditional schemes in many cases are not able to provide a high quality of treatment and achieve the required performance. In particular, this technology is effective for wastewater from the food industry, since, along with the removal of suspended solids, disinfection is carried out on the membrane surface [8, 19] .

The aim of the study is to improve the efficiency of the biomembrane technology for purifying wastewater from the dairy industry in a membrane bioreactor.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks:

- 1) analyze the composition of waste water from dairy enterprises;
- 2) provide a description of the membrane bioreactor installation;
- 3) determine the factors that have the greatest impact on the operation of the installation and the quality of cleaning;
- 4) propose new design solutions to improve the efficiency of wastewater treatment and improve the quality indicators of treated water;
- 5) study the global market for the application of biomembrane wastewater treatment technology.

The object of the study is waste water from dairy industry enterprises. The subject of research is purification technology in a membrane bioreactor.

The theoretical and practical significance of the work. As a result of the study, a technology was developed for the purification of wastewater from the dairy industry from organic contamination. The practical significance is as follows:

- 1) n redstavlena mathematical relationship determining the rate of oxidation of organic zagryaz neny and drag coefficient;
- 2) methods for optimizing a membrane bioreactor to increase the purification efficiency are presented ;
- 3) substantiated the effectiveness of the application of biomembrane technology in comparison with the traditional cleaning scheme;
- 4) the possibility of applying the proposed optimization methods in practice.

The scientific novelty lies in the ways of increasing the efficiency of removing organic contaminants in the wastewater of the dairy industry by making changes in the design of the bioreactor and biomembrane technology.

The qualitative and quantitative characteristics of dairy industry effluents depend on the composition of raw materials and technological processes. Distinguish between condensation, washing, household wastewater. The main wastewater pollution from dairy industry enterprises are presented in Table 1 [10] .

Table 1

Dairy industry wastewater contaminants

Contaminating substance	Concentration, mg / l
Suspended substances	350
COD	14 00
BOD	12 00
Total nitrogen	50 -70
Fats	one hundred

Materials and methods. The work uses biological and membrane methods of wastewater treatment. Wastewater treatment in a membrane bioreactor is a combination of biological treatment methods and membrane separation using ultra- or microfiltration membranes. Before entering the bioreactor, wastewater undergoes a mechanical treatment stage.

Methods such as sedimentation, centrifugation, flotation, filtration, etc. are used as preliminary mechanical and physicochemical treatment. Physicochemical methods are divided into regenerative and destructive. Regenerative are associated with the use of physical and chemical processes in which the removed substance does not change the structure and chemical composition. With destructive methods of purification, the removed substance is converted into another compound or passes into another phase state [17] .

Results and its discussion. The principle of operation of a membrane bioreactor is as follows: after the preliminary stage of mechanical treatment, wastewater enters the denitrifier, where organic contaminants are oxidized under anoxic conditions and free nitrogen is released. The sludge mixture is pumped here by pumps; to prevent its sedimentation, a mixer is provided in the design. Then the sludge mixture enters the aerobic zone with a fine-bubble aeration sys-

tem. Redundant first activated sludge is directed to sludge treatment station. The separation of purified water and activated sludge is carried out in membrane tanks equipped with membrane modules. Regeneration of membranes is carried out with the help of constant aeration from blowers in the membrane reservoir, as well as by flushing the membranes [19,21, 25,26] .

The design of the membrane bioreactor includes a denitrifier, aeration tank and a membrane tank. Depending on the location of the membrane module, two types of bioreactor are distinguished : submersible, where the membrane module is immersed in the aeration tank, and external, when the membrane module is located outside the aeration tank and does not directly participate in biological treatment. After the aeration tank, the wastewater mixture enters the membrane tank, where they are subsequently separated. Compared to a submersible reactor of the second type, it has lower energy consumption , high flux and low capital costs, but high operating costs [9] . Scheme outer membrane bioreactor is represented in Figure 1.

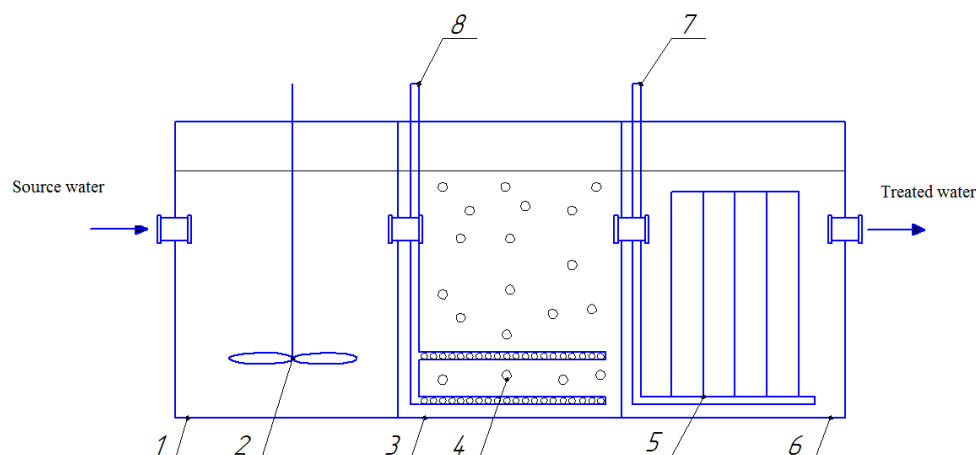


Fig. 1. Membrane bioreactor

1 - denitrifier; 2 - stirrer; 3 - aerobic zone; 4 - aeration system; 5 - membrane module; 6 - membrane reservoir; 7, 8 - blowers

The denitrifier is an anoxic zone of the bioreactor, where organic compounds are oxidized by activated sludge. The design of the denitrifier provides for the presence of an agitator that prevents sedimentation of the sludge mixture. For the correct course of the denitrification process, it is necessary to maintain dissolved oxygen in the range of 0.5-0.8 mg / l, while preventing the deposition of activated sludge on to. In this case, to maintain the activated sludge in suspension, mixing with the help of mechanical stirrers is widely used [6] .

Also, in the denitrifier, it is allowed to carry out pneumatic mixing in the mode of coarse-bubble aeration when air is supplied in the amount necessary to maintain the activated sludge in suspension [6] .

The aeration tank is an aerobic zone where the process of organic matter oxidation and nitrification takes place. By increasing the concentration of sludge in the aeration tank, the oxidizing capacity of the bioreactor increases, and there is no need to use secondary sedimentation tanks.

The operation of the aeration tank is characterized by such indicators as:

- And Intensity aeration - volume of air in the supplied per 1 working volume of the aeration tank for 1 hr. Energy consumption is often associated with the intensity of aeration, since powerful turbo blowers are needed to supply air. Aeration tanks with aeration intensity from 0.8 to 10 are widely used;
- Aeration time. The stay of waste water in the aeration tank should be such that microorganisms completely remove the contaminants contained in the water. The concept of flow rate is often introduced, that is, the value inverse of the duration of aeration and the specific load of the aeration tank for waste water. With an increase in the flow rate, the productivity of the aeration tank increases;
- Concentration of microorganisms. It is accepted that for any degree of water pollution there is an optimal concentration of microorganisms. However, in practice, the value of the optimal and actual concentration does not often coincide. This indicates the insufficient efficiency of the aeration tank [5].

One of the main factors affecting the composition of microorganisms is the qualitative and quantitative ratio of organic pollution of waste water. In the course of biological treatment, microorganisms form spatial structures in the form of flakes, such structures are called activated sludge. The flocculation ability is related to the nutrient content of the

activated sludge. With their high content, colonies scatter, filamentous forms of microorganisms are formed. When there are not enough of them, there is a decrease in sludge flakes and deterioration of its sedimentation properties. An important factor is that the bacteria have a very high speed reproducing with the Twa. So, 1 mg of bacteria can form tens of tons of bacteria per day in the absence of factors inhibiting their growth. Thus, the rapid growth rate of bacteria and the high rate of nutrient intake are fundamental factors in biological treatment [18].

Figure 2 shows a diagram of classical aeration, that is, a diagram of the purification process in a flow-through mode in an aeration tank with sludge return from secondary settling tanks and excess sludge removal for treatment [22].

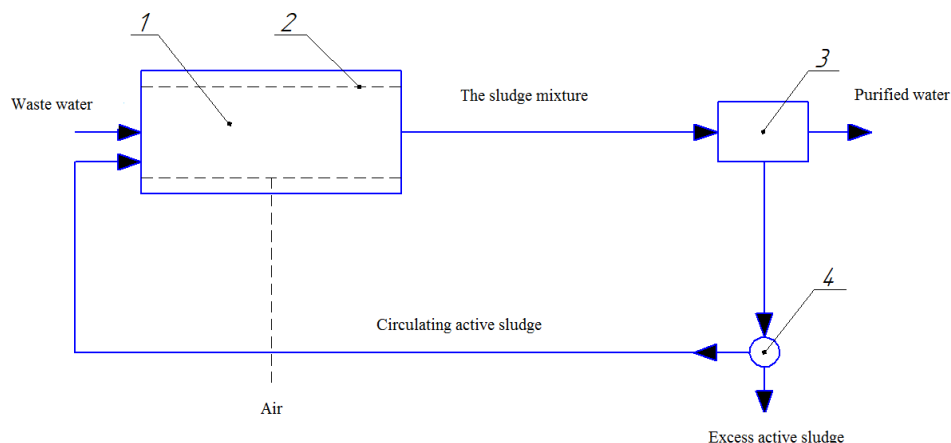


Fig. 2. Scheme of classical aeration

1 - aerotank; 2 - aeration air distribution system; 3 - secondary settling tank; 4 - sludge chamber

The membrane tank contains membrane cassettes for phase separation of purified water and activated sludge. After the aeration tank, the source water enters the membrane module, is filtered through hollow fibers under pressure, and then enters the purified water line. At this stage, purification is carried out due to the presence of a selectively permeable barrier between the phases, namely the membrane. The membrane separation scheme is shown in Figure 3.

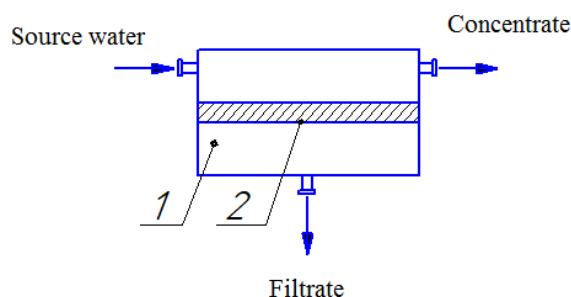


Fig. 3. Scheme of membrane separation. 1 - apparatus; 2 - membrane

At present, membrane technologies are a fairly promising direction in wastewater treatment. They belong to the category of resource-saving technologies, and their application helps to improve the quality of discharged wastewater. They also make it possible to reduce the intake of natural waters by the possibility of reusing treated water in closed water supply systems [14]. The widespread use of membrane technologies in various industries is widespread due to the fact that the properties of membranes are able to adapt to almost all technical requirements necessary for the successful course of a particular process. Depending on the driving force, membrane processes are divided into barometric, diffusion, thermomembrane, and electromembrane processes. The most widespread are barometric processes. Ultra- and microfiltration membranes are widely used in membrane bioreactor installations. The characteristics of barometric processes are shown in Table 2 [1].

Table 2

Characteristics of barometric processes

Membrane process	Pressure, bar	Pore size, μm
Reverse osmosis	15-18	< 0.001
Nanofiltration	5-20	0.001-0.01
Ultrafiltration	1-10	0.001-0.01
Microfiltration	< 2	> 0.1

When choosing a membrane, it is important to take into account that it must have the maximum specific productivity with selectivity capable of providing the required quality of the filtrate at the outlet, namely, the permissible loss of solute and compliance with sanitary standards [1].

The membrane bioreactor technology uses hollow fiber, flat, tubular membrane modules. The most widely used hollow fiber modules are characterized by high packing density, low material consumption and low cost. For the manufacture of membranes, I use materials such as polyvinylidene fluoride, polyethersulfone, polypropylene, polysulfone, polyacrylonitrile, etc. Less commonly, ceramic membranes made of aluminum oxide, titanium, and zirconium are used in the design of membrane bioreactors.

The membrane module includes 2 washing modes: direct and reverse; if necessary, the optimal mode is selected depending on the pollution and operating mode. Direct flushing is carried out with source water, back - with filtered water. Also provides for chemical cleaning with acids and alkalis. One of the disadvantages of membrane reservoirs is the possible development of microorganisms within membrane modules during operation. In this case, it is necessary to disinfect and flush the filtration system. The membrane modules must be replaced every 6 months.

The clear advantages of a membrane bioreactor over traditional purification methods are:

- high efficiency of cleaning both from suspended solids and from microorganisms;
- low sensitivity to flow rate and quality of incoming water;
- the content of activated sludge in the membrane reactor is higher;
- full automation of processes;
- in comparison with common aerotank designs, the size of activated sludge flakes in the bioreactor is 5-10 times smaller, as a result of which the contact area of microorganisms and wastewater increases, which leads to an increase in the efficiency of sorption by active sludge of micro-pollutants, heavy metals;
- smaller installation area compared to the aeration tank and secondary settling tank system, since the high oxidizing capacity allows to reduce the duration of the water stay in the installation.

Despite the many advantages, the installation also has a number of disadvantages, among which are:

- periodic membrane contamination;
- high energy costs;
- high operating costs and membrane replacement;
- difficulties arising in ensuring the required level of aeration due to high concentrations of activated sludge.

Compared to the traditional treatment scheme, which includes mechanical treatment, a primary sedimentation tank, aeration tank, a secondary sedimentation tank, a post-treatment filter and ultraviolet disinfection, in the biomembrane technology, at the exit from the bioreactor, we obtain purified wastewater that meets the standard indicators, thereby eliminating secondary sedimentation. Another important advantage over the traditional cleaning scheme is disinfection on the membrane surface, which in some cases eliminates the need for additional ultraviolet disinfection. Also, the technology of combining biological treatment and membrane separation ensures high efficiency of cleaning from bacteria, viruses, suspended solids and a significant decrease in COD and BOD indicators. The traditional scheme and the scheme of membrane separation are shown in Figures 4 and 5, respectively.

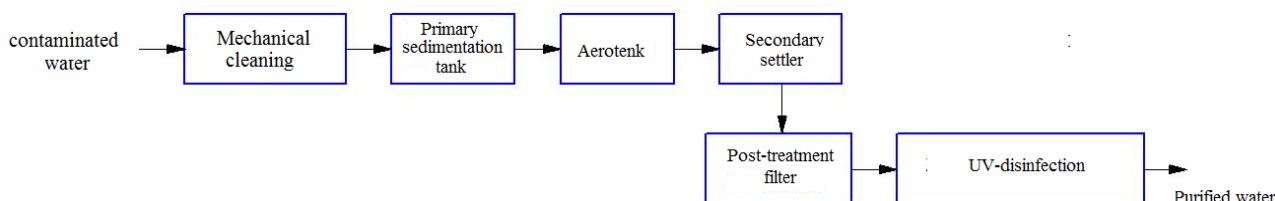


Fig. 4. Traditional cleaning scheme

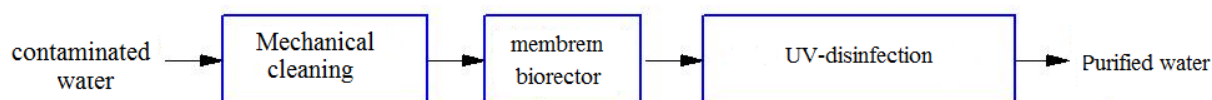


Fig. 5. Scheme using biomembrane technology

Since the membranes are about ne and of the main elements of a membrane bio reactor must carefully monitor their condition, as well as for the presence of membrane contamination. The main factors affecting membrane contamination, the operation of membranes, and, therefore, the entire bioreactor, can be divided into the following:

- membrane characteristics: pore size, material, permeability;
- operating conditions: aeration, operating mode, organic load rate, temperature, hydraulic flushing, flow rate of the filtered liquid;
- x Characteristics incoming water and the biomass: the composition of the initial waste water sludge floc size, salinity, alkalinity, pH [11] .

When choosing the material from which the membranes will be made, attention is paid to its resistance to pollution contained in waste water, as well as to chemical resistance when washing with acids and alkalis. Ceramic membranes have good performance due to their high chemical resistance, high hydrophilicity and ease of cleaning. However, they are rarely used in bioreactors due to their high cost and fragility. Polymer membranes are widely used. Despite the fact that they are mainly hydrophobic, polymer membranes are characterized by high physical and chemical resistance, as well as ease of establishing pore sizes. In terms of pore size, micro- and ultrafiltration membranes are widely used in the design of a membrane bioreactor, capable of completely retaining bacterial flocs. An important factor in the design of a membrane module is the membrane permeability, since the rate of sediment formation depends on it. In this case, the concept of "critical flow" is introduced. If it is exceeded, then the growth of the sediment does not correspond to the normal functioning of the membrane module. Control over the level of permeability can be achieved by hydraulic and chemical flushing [11].

The composition and quality of the water entering the bioreactor also affects the membrane contamination. Thus, the content of readily biodegradable organic compounds in wastewater in large quantities can lead to the formation of extracellular polymeric substances, such as polysaccharides, which, in turn, clog the membranes. It is possible to reduce the degree of membrane fouling and reduce the content of polysaccharides by increasing the age of the sludge.

Aeration plays an important role in aerobic bioreactors. Firstly, it is the supply of oxygen for biological processes. Secondly, it helps to clean the membrane surface. As the aeration rate increases, membrane contamination decreases. But at the same time, a high aeration rate leads to the destruction of sludge flakes, as well as to an increase in energy consumption, and, consequently, costs. Thus, in order to establish a balance, it is important to choose the optimal aeration mode.

During biological purification, microorganisms combine to form flakes, the size of which varies in a wide range of 5-240 microns. The pore size has an effect on membrane fouling: the larger the floc size, the better the filtration process, and therefore less membrane fouling. Mineralization has a negative impact on biological systems. Thus, the high salt content promotes chemical deposition and electrostatic attraction to the membrane surface. Mineralization also affects the biochemical properties of activated sludge, resulting in deterioration of membrane permeability and blockage of pores, and, consequently, an increase in membrane contamination [11].

The rational use of water bodies is one of the most pressing and global problems of our time. The most promising solution to the problems associated with water purification is the introduction of new technologies [14].

By analyzing the composition of the wastewater dairy industry, the operating principle and mounting structure can distinguish the following methods of improving the efficiency of cleaning and until exponent quality of treated water:

1) To increase the purification of ammonium nitrogen, it is possible to install zones with attached microflora in the structure of the aeration tank, since this problem can often be associated with insufficient age of activated sludge [4]. That is, the maintenance of two types of microorganisms is ensured. One of them is free floating, the other is attached to the carrier floating in the activated sludge.

2) Another way to optimize biomembrane technology is to reduce the sludge index. The silt index is understood as its sedimentation capacity. That is, in case of poor sedimentation, sludge will be carried out along with the

stream of purified water. The optimal value of the sludge index is up to 120 mg / l. To reduce the sludge index, selectors can be added to the membrane bioreactor design [22].

3) The use of adjustable centrifugal blowers in the design of the bioreactor to regulate the air supply to the aeration tank.

4) C – Reductions duration of oxidation contaminants, which is defined by the formula:

$$t_i = \frac{C_{i_{en}} - C_{i_{ex}}}{a_i \cdot (1-s) \cdot \omega_i}, \quad (1)$$

where $C_{i_{en}}, C_{i_{ex}}$ – the initial and final concentration of the i -th pollution,

a_i – concentration of activated sludge,

s – ash content,

ω_i – specific rate of oxidation.

Thus, the duration of the oxidation can be reduced by increasing the concentration of activated sludge or decreasing the ash content. In this case, the rate of residence of wastewater in the bioreactor will be lower, and, therefore, the productivity is higher.

Another important point is the analysis of the kinetics of oxidation of components during the purification process, as well as the identification of inhibition mechanisms. The description of the regularities of the course of biochemical processes is based on the application of the equations of enzymatic reactions. The kinetics of enzymatic reactions is associated with the assumption of the existence of an enzyme-substrate complex and the following relationship [16]:



where E - enzyme, S - substrate, P - reaction products, K - rate constants.

The dependence of the reaction rate on the substrate concentration is shown in Fig. 6 [16].

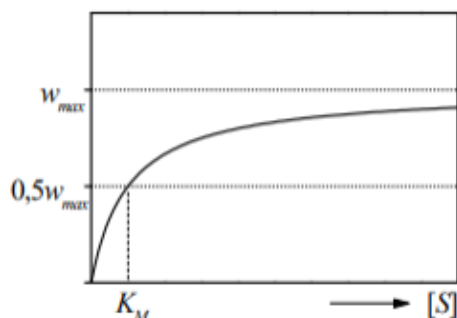


Fig. 6. Dependence of the reaction rate on the concentration of the substrate

The graph shows that with an increase in the substrate concentration, the reaction rate reaches its maximum value; at this moment, all enzyme molecules are bound into the ES complex, and the rate does not increase even with an increase in the substrate concentration. This phenomenon is called substrate saturation. Substrate saturation equation, or Michaelis-Menten equation:

$$\omega = \frac{\omega_{max} [S]}{K_m + [S]} \quad (4)$$

K_m - is the Michaelis constant.

This equation can be written in reciprocal values:

$$\frac{1}{\omega} = \frac{K_m}{\omega_{max} [S]} + \frac{1}{\omega_{max}} \quad (5)$$

This model is described by the Lineweaver- Burk plot presented in Figure 7 [16].

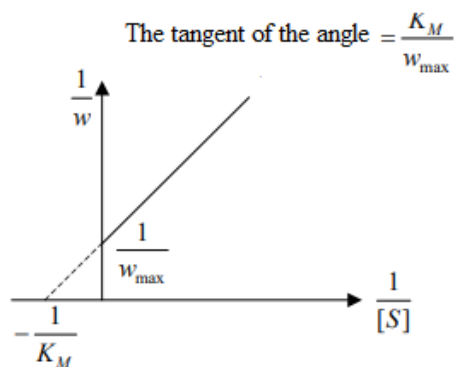


Fig. 7. Lineweaver-Burke Plot

From this graph, you can determine the maximum specific velocity, the Michaelis constant.

During the process of biological purification, substrate inhibition may occur, based on the inhibition of the rate of oxidation by the substrate. It is often observed when there is a high content of organic contaminants typical for dairy effluent. The principle of substrate inhibition is the formation of a negative complex upon binding of enzyme and substrate molecules. The kinetic equation of substrate inhibition is described by the formula:

$$\rho = \frac{\omega_{\max} \cdot S}{K_m + S + S^2 / \alpha K_m}, \quad (3)$$

where α is the braking constant.

The braking constant can be used to determine the type and nature of braking, and, therefore, to take measures to prevent it. At $\alpha > 1$, the deceleration can be reduced by increasing the dose of activated sludge. If $\alpha < 1$, then it is necessary to reduce the content of toxic substrate in wastewater [18].

5) Optimization of mass balance control systems to avoid high moisture content of the dewatered sludge [4].

According to the research results of the analytical company BCC Research:

Market Research Reports & Industry Analysis, the world market of membrane bioreactors shows an annual growth rate.

The world market of membrane bioreactors over the past 10 years is shown in Figure 8 [23, 24].

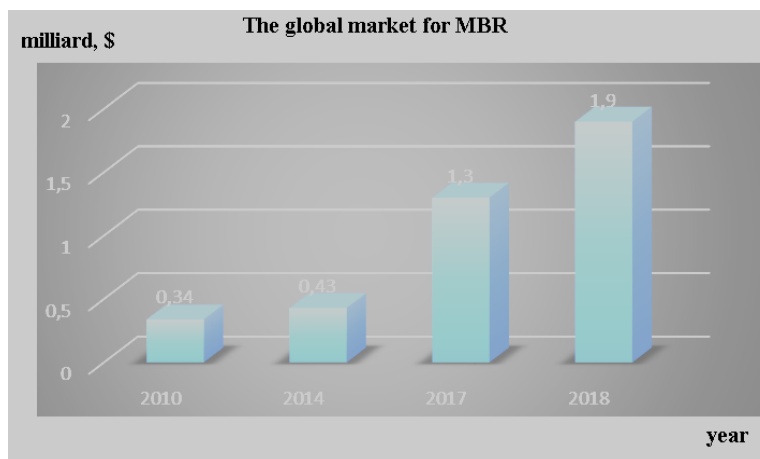


Fig. 8. World market of membrane bioreactors

The intensive growth of the world market indicates the high efficiency of this technology. The widespread use of membrane bioreactors is facilitated by the continuous improvement of their technology.

Conclusion. Taki m, the use of membrane bioreactors in flow diagram purification vysokokontsentrir ovannyh wastewater enterprises dairy industry economically feasible. The beneficial effect of the use of a membrane bioreactor is achieved due to a multiple increase in active biomass, as well as complete retention of microorganisms in the bioreactor, and the absence of the need to use secondary sedimentation tanks. Removal of suspended solids, pathogenic bacteria, viruses allows achieving high quality indicators of purified water. Another important advantage is the production of a

small amount of excess activated sludge, and, consequently, the cost of mechanical dewatering and disposal is reduced [21] .

Membrane technologies are a good alternative to traditional water treatment technologies. The introduction of membrane technologies stimulates increased requirements for the quality of treated water, as well as a rapid increase in water consumption and wastewater disposal.

The installation makes it possible to carry out deep purification of wastewater up to indicators that meet the requirements of regulatory documents, and without additional blocks in the technological scheme [15]

Since the exact waters of the production of dairy products are characterized by a high content of organic contaminants, it can be concluded that the use of this installation is advisable.

The proposed methods will help to optimize the design of already existing membrane bioreactors and increase the efficiency of wastewater treatment.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баромембранные процессы и аппараты: учебное пособие / Под ред. Г.И. Николаева. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2007. – 66 с.
2. Вергунов А.И. Очистка природной воды от органических загрязнений биосорбционно-мембранным методом (на примере реки Дон): дисс. на соискание ученой степени к.т.н./ А.И. Вергунов. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова, 2017. – 120 с.
3. Воропаева Н.Ю. Интенсификация процесса денитрификации при биологической очистке сточных вод / Н.Ю. Воропаева // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2018. – № 2.
4. Данилович Д.А. Справочник наилучших эффективных технологий. Раздел: водоотведение./ Д.А. Данилович. – М., 2015.
5. Гельфанд Е.Д. Основы биологической очистки сточных вод./ Е.Д. Гельфанд. – Архангельск: Северный(Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», 2012.
6. Залетова Н.А. Опыт эксплуатации очистных сооружений с применением двухступенчатой схемы нитри-денитрификации / Н.А. Залетова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 11.
7. Куликова М.Г. Методы усовершенствования очистных сооружений на примере г. Смоленска / М.Г. Куликова, М.А. Новикова // В сборнике: Энергетика, информатика, инновации - 2015. Сборник трудов V Международной научно-технической конференции: в 2 томах. Национальный исследовательский университет «МЭИ» (Московский энергетический институт), филиал в г. Смоленске. – 2015. – С. 37-39.
8. Куликова М.Г. Моделирование технологического оборудования в пищевой промышленности // М.Г. Куликова, Л.В. Кончина / Естественные и технические науки. – Издательство «Спутник+», 2017. – №5. – с.126-127.
9. Максимычев А.В. Отчет по научно-исследовательской работе: «Разработка технологии очистки высококонцентрированных сточных вод в мембранных биореакторах»./ А.В. Максимычев. – М.: МФТИ, 2007;
10. Матейко Н.В. Анализ сточных вод молочной отрасли / Матейко Н.В. – Репозиторий БНТУ. – С. 155-160.
11. Нибусина В.И. Анализ основ мембранного загрязнения и последних достижений в области стратегии смягчения последствий загрязнений в МБР / В.И. Нибусина // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2017. – №1.
12. Новикова М.А. Лабораторно-производственный контроль качества воды в системах хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения / М.А. Новикова, О.Н. Романова, М.Г. Куликова // В сборнике: Информационные технологии, энергетика и экономика Сборник трудов XII Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 3 т.. Филиал МЭИ в г. Смоленске. – 2015. – С. 280-283.
13. Новикова М.А. Особенности очистки промышленных и бытовых стоков / М.А. Новикова, О.Н. Романова // В сборнике: Будущее науки – 2014 Сборник научных статей 2-й Международной молодежной научной конференции: в 3-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А. – 2014. – С.148-150.
14. Новикова М.А. Перспективы создания замкнутого цикла водоснабжения для повышения экологичности очистных сооружений / М.А. Новикова, М.Г. Куликова // В сборнике: Современная наука и инновации. – 2017. – № 3 (19). – С. 212-214.
15. Новикова М.А. Глубокая очистка сточных вод. / М.А. Новикова // В сборнике: Современные технологии и управление Сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции. Филиал ФГБОУ ВПО Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского в р. п. Светлый Яр Волгоградской области. – 2014. С. 378-380.
16. Огурцов А.Н. Кинетика ферментативных реакций: учеб. пособие. / А.Н. Огурцов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. 145 с.
17. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях: информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. – М.: Бюро НДТ, 2015.
18. Свистунов Ю.А. Водоотведение и очистка сточных вод (часть II) Очистка сточных вод / Ю.А. Свистунов / Курс лекций для студентов специальности «Инженерные системы сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водоотведения»: - Краснодар: КубГАУ.-2008.– 133 с.

19. Солкина О.С. Исследование биологической очистки сточных вод молокозавода в мембранном биореакторе / О.С. Солкина // Яковлевские чтения: Сборник докладов XII Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. – 2017. – С.120-127.
20. Степанов С.В. Модульные мембранные биореакторы // Степанов С.В., Степанов А.С., Сташок Ю.Е., Блинкова Л.А. / Очистка сточных вод. 9 с.;
21. Трунов П.В. Особенности процесса очистки сточных вод в погружных мембранных биореакторах / Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». - № 93. – с. 133-137.
22. Яковлев С.В. Водотведение и очистка сточных вод / С.В. Яковлев / Учебник для вузов: – М.: Ассоциации строительных вузов, 2006 – 704 с.;
23. BCC Research: Market Research Reports & Industry Analysis. Global Market for Membrane Bioreactors, 2019.
24. A BCC Research Membrane & Separation Technology Report. Membrane Bioreactors: Global Markets. USA, 2015.
25. Baskaran K. Wastewater reuse and treatment options for dairy industry / K. Baskaran, L.M. Palmowski, B.M. Watson // Water Sypply. – 2003. – V. 3. - P. 85-91.
26. Marshall K.R. and Harper, W.J. (1984). The treatment of wastes from the dairy industry. Surveys in industrial wastewater treatment. Food and Allied Industries, Vol. 1, Pitman Publishing Ltd, London.

REFERENCES

1. Baromembrannyye processy i apparaty: uchebnoe posobie / Pod red. G.I. Nikolaeva. – Ulan-Ude: Izd-vo VSGTU, 2007. – 66 s.
2. Vergunov A.I. Ochistka prirodnoy vody ot organicheskikh zagryaznenij biosorbcionno-membrannym metodom (na primere reki Don): diss. na soiskanie uchenoy stepeni k.t.n./ A.I. Vergunov. – Novocherkassk: YURGPU(NPI) im. M.I. Platova, 2017. – 120 s.
3. Voropaeva N.YU. Intensifikaciya processa denitrifikacii pri biologicheskoy ochistke stochnykh vod / N.YU. Voropaeva // Elektronnyy nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU. – 2018. - № 2.
4. Danilovich D.A. Spravochnik nailuchshih effektivnykh tekhnologij. Razdel: vodootvedenie./ D.A. Danilovich. – М., 2015.
5. Gel'fand E.D. Osnovy biologicheskoy ochistki stochnykh vod./ E.D. Gel'fand. – Arhangel'sk: Severnyj(Arkticheskij) federal'nyj universitet imeni M.V. Lomonosova», 2012.
6. Zaletova N.A. Opyt ekspluatatsii ochistnykh sooruzhenij s primeneniem dvuhstupenchatoj skhemy nitri-denitrifikacii / N.A. Zaletova // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. – 2011. - № 11.
7. Kulikova M.G. Metody usovershenstvovaniya ochistnykh sooruzhenij na primere g. Smolenska / M.G. Kulikova, M.A. Novikova // V sbornike: Energetika, informatika, innovacii - 2015. Sbornik trudov V Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii: v 2 tomah. Nacional'nyy issledovatel'skij universitet «MEI» (Moskovskij energeticheskij institut), filial v g. Smolenske. – 2015. – S. 37-39.
8. Kulikova M.G. Modelirovanie tekhnologicheskogo oborudovaniya v pishchevoj promyshlennosti // M.G. Kulikova, L.V. Konchina / Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – Izdatel'stvo «Sputnik+», 2017. - №5. – s.126-127.
9. Maksimychev A.V. Otchet po nauchno-issledovatel'skoj rabote: «Razrabotka tekhnologii ochistki vysokokontsentririrovannykh stochnykh vod v membrannykh bioreaktorah»./ A.V. Maksimychev. – М.: MFTI, 2007;
10. Matejko N.V. Analiz stochnykh vod molochnoj otrasli / Matejko N.V. – Repozitorij BNTU. – S. 155-160.
11. Nibusina V.I. Analiz osnov membrannogo zagryazneniya i poslednih dostizhenij v oblasti strategii smyagcheniya posledstvij zagryaznenij v MBR / V.I. Nibusina // Elektronnyy nauchno-prakticheskij zhurnal «Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii». – 2017. – №1.
12. Novikova M.A. Laboratorno-proizvodstvennyj kontrol' kachestva vody v sistemah hozyajstvenno-pit'evogo i proizvodstvennogo vodosnabzheniya / M.A. Novikova, O.N. Romanova, M.G. Kulikova // V sbornike: Informacionnye tekhnologii, energetika i ekonomika Sbornik trudov XII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii studentov i aspirantov: v 3 t.. Filial MEI v g. Smolenske. – 2015. – S. 280-283.
13. Novikova M.A. Osobennosti ochistki promyshlennykh i bytovykh stokov / M.A. Novikova, O.N. Romanova // V sbornike: Budushchee nauki – 2014 Sbornik nauchnykh statej 2-j Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii: v 3-h tomah. Otvetstvennyj redaktor: Gorohov A.A. – 2014. – S.148-150.
14. Novikova M.A. Perspektivy sozdaniya zamknutogo cikla vodosnabzheniya dlya povysheniya ekologichnosti ochistnykh sooruzhenij / M.A. Novikova, M.G. Kulikova // V sbornike: Sovremennaya nauka i innovacii. – 2017. – № 3 (19). – S. 212-214.
15. Novikova M.A. Glubokaya ochistka stochnykh vod. / M.A. Novikova // V sbornike: Sovremennye tekhnologii i upravlenie Sbornik nauchnykh trudov III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Filial FGBOU VPO Moskovskij gosudarstvennyj universitet tekhnologii i upravleniya imeni K. G. Razumovskogo v r. p. Svetlyj YAr Volgogradskoj oblasti. – 2014. – S. 378-380.
16. Ogurcov A.N. Kinetika fermentativnykh reakcij: ucheb. posobie. / A.N. Ogurcov. – Har'kov: NTU «HPI», 2007. – 145 s.
17. Ochistka stochnykh vod pri proizvodstve produkcii (tovarov), vypolnenii rabot i okazanii uslug na krupnykh predpriyatiyah: informacionno-tekhnicheskij spravochnik po nailuchshim dostupnykh tekhnologiyam. – М.: Byuro NDT, 2015.
18. Svistunov Yu.A. Vodootvedenie i ochistka stochnykh vod (chast' II) Ochistka stochnykh vod / YU.A. Svistunov / Kurs lekcij dlya studentov special'nosti «Inzhenernye sistemy sel'skohozyajstvennogo vodosnabzheniya, obvodneniya i vodootvedeniya»: - Krasnodar: Kub.GAU.-2008.– 133 s.
19. Solkina O.S. Issledovanie biologicheskoy ochistki stochnykh vod molokozavoda v membrannom bioreaktore / O.S. Solkina // YAKovlevskie chteniya: Sbornik dokladov XII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati akademika RAN S.V. YAKovleva. – 2017. – S.120-127.

20. Stepanov S.V. Modul'nye membrannye bioreaktory // Stepanov S.V., Stepanov A.S., Stashok YU.E., Blinkova L.A. / Ochistka stochnyh vod. 9 s.;
21. Trunov P.V. Osobennosti processa ochistki stochnyh vod v pogruzhnyh membrannyh bioreaktorah / Nauchno-tehnicheskij sbornik «Kommunal'noe hozyajstvo gorodov». - № 93. – s. 133-137.
22. Yakovlev S.V. Vodootvedenie i ochistka stochnyh vod / S.V. YAKovlev / Uchebnik dlya vuzov: – M.: Associacii stroitel'nyh vuzov, 2006 – 704 s.;
23. BCC Research: Market Research Reports & Industry Analysis. Global Market for Membrane Bioreactors, 2019.
24. A BCC Research Membrane & Separation Technology Report. Membrane Bioreactors: Global Markets. USA, 2015.
25. Baskaran K. Wastewater reuse and treatment options for dairy industry / K. Baskaran, L.M. Palmowski, B.M. Watson // Water Supply. – 2003. – V. 3. - P. 85-91.
26. Marshall K.R. and Harper, W.J. (1984). The treatment of wastes from the dairy industry. Surveys in industrial wastewater treatment. Food and Allied Industries, Vol. 1, Pitman Publishing Ltd, London.

ОБ АВТОРЕ | ABOUT AUTHOR

Гракова Анна Геннадьевна, магистрант, магистерская программа «Машины и агрегаты пищевой промышленности», кафедра «Технологические машины и оборудование», Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, тел. 7-900-226-45-62, grakova_anna777@mail.ru
Grakova Anna Gennadiyevna, Master student, Master's program "Machines and units of food industry", Department "Technological machines and equipment", Branch of FSBEI HE "NRU" MPEI "in Smolensk, 7-900-226-45-62, grakova_anna777@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 15.07.2020

После рецензирования: 03.08.2020

Дата принятия к публикации: 03.09.2020

Е. А. Чеботарев [E. A. Chebotarev]
А. Д. Лодыгин [A. D. Lodygin]

УДК 637.232.14.001

ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ОСАДКОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ СЕПАРИРОВАНИИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И ЕЁ КОНЦЕНТРАТОВ

RESEARCH OF PROPERTIES OF SEDIMENTS FORMED IN COURSE OF WHEY AND ITS CONCENTRATES SEPARATION

Северо-Кавказский федеральный университет / North Caucasus Federal University,
e-mail: e-mail: allodygin@yandex.ru

Аннотация. При сепарировании молочной сыворотки и её концентратов можно получить пять видов белкового осадка, которые, в свою очередь, подразделяются на осадки из подсырной и творожной сыворотки.

Основными факторами влияющие на содержание влаги в осадке, являются: структурные свойства, величина центробежного уплотняющего давления, температура сепарирования и время уплотнения. Как показали исследования образцов осадков, получаемых при сепарировании молочной сыворотки и её концентратов, структурные свойства их достаточно схожи.

Экспериментально определены свойства различного белкового осадка: зависимость влажности от уплотняющего давления, влияние скорости деформации на значения коэффициента эффективной вязкости. Полученные данные могут быть использованы для математического моделирования процесса центробежной выгрузки осадка.

Проведено экспериментальное моделирование поведения осадка на конической поверхности шламового пространства, на основании которого определен предельный угол наклона конических поверхностей барабана (шламового пространства, тарелок и др.) к горизонтали. Этот результат также необходимо учитывать при конструировании барабанов сепараторов для молочной сыворотки и её концентратов.

Полученные в работе данные могут использоваться при проектировании элементов специальных сепараторов для сыворотки.

Ключевые слова: белковый осадок, влажность, эффективная вязкость, угол наклона образующей шламового пространства.

Abstract. Five types of protein precipitate can be obtained in the course of whey and its concentrates separation, which, in turn, are divided into precipitates derived from cheese and curd whey.

The main factors affecting the moisture content in the sediment are: structural properties, the magnitude of the centrifugal sealing pressure, separation temperature and compaction time. As shown by studies of sediment samples obtained during the separation of whey and its concentrates, their structural properties are quite similar.

The properties of various protein sediments were experimentally determined: the dependence of humidity on sealing pressure, the influence of strain rate on the coefficient of effective viscosity valuation. The data obtained can be used for mathematical modeling of the centrifugal unloading of sediment.

An experimental modeling of the sediment behavior on the conical surface of the slurry space was carried out, on the basis of which the limiting angle of inclination of the conical surfaces of the drum (slurry space, plates, etc.) to the horizontal line was determined. This result should also be taken into account for design of the separator drums for whey and its concentrates.

The data obtained can be used for special whey separators elements design.

Key words: protein sediment, humidity, effective viscosity, slope angle of sludge space generatrix.

Introduction. When separating whey and its concentrates, the following types of protein sludge can be obtained:

- casein, obtained by separation of natural milk syvoro t ki;
- albumin obtained when separation of whey after to and gulyatsii proteins therein;
- the combined (casein, albumin), obtained by separation of the tension in tral whey;
- the combined (kz einovo albumin) obtained at separation conc and Rowan whey;
- albumin, obtained during the separation of concentrated milk serum from the mouth.

Each, in turn, is divided into the precipitate of whey and sediment from tv about Rozhnev serum , and in some cases, the precipitate obtained by separation of casein whey. Combined and albumin precipitate obtained by separation CONC of bath whey, in turn, depends also on the degree of c y scheniya.

The difference in the types of serum depends primarily on the properties of the casein wasp e ka, as it is manifested in the difference between the curd and the curd clot. Structural and mechanical properties of the albumin precipitate from the curd and cheese syv of Rothko's close enough, as confirmed experimentally [1]. Combined sludge properties can be SPRO g nozirovany with regard to the properties of the individual components.

Materials and Methods. The moisture content of the sediment was determined by drying it with sand to constant weight by analogy with the determination of moisture in protein dairy products.

The effective viscosity was investigated using reoviskozimetra ranging MSE growth d e formation from 10 to 100 s⁻¹.

To study the behavior of sediment on the conical surface was used in special with tang ION as a small rotor with conical inserts mounted on the drive shaft sep as operators. The installation diagram is shown in Figure 3.

Results and Discussion. The main factors, affecting on the moisture content in the precipitate, are struktup properties of, the magnitude of the centrifugal sealing pressure, sealing temperature, separation time. Studies have shown rainfall patterns obtained by separable and tion of whey and its concentrates, the structural properties of their cx enough about Ms.

The results of the study of changes in the moisture content of the sediment, depending on the time of its compaction during centrifugation in a test tube centrifuge , are given in Table 1.

Table 1

Change in moisture precipitate from the centrifugation time

Centrifuged time, min	Moisture,%, sediment			
	Casein from whey		Albumin from whey	
	whey curd	cheese curd	whey curd	cheese curd
5	79.46	5	79.46	5
15	78.10	15	78.10	15
thirty	77.02	thirty	77.02	thirty
fifty	75.36	fifty	75.36	fifty
80	75.01	80	75.01	80

* Mass fraction of dry substances (30 ± 1) %.

The data obtained indicate that sediment compaction occurs most intensively at the beginning of the process, i.e. in the first 15 minutes, then the change in humidity (from 15 to 50 minutes) occurs at a practically constant rate, which then decreases and the humidity becomes practically unchanged. This law of dimension allows us to conclude the following:

- sediments formed during the separation of whey and its concentrates are easily compacted;
- high moisture content of protein particles of the sediment, especially whey proteins, does not allow to reduce the moisture content of the sediment below a certain value, regardless of the compaction time.

As shown by the mathematical treatment of experimental data, changing the sludge humidity W during the entire time range described equalized and eat type:

$$W = a\tau^2 + b\tau + c, \quad (1)$$

where τ – centrifugation time, a, b, c – the coefficients whose values listed in table 2 .

Table 2

The values of I coefficients of equation (1)

Sediment type	Coefficient values		
	a	b	c
Casein from cheese whey	0,0009	- 0,1384	80,1050
Casein from curd whey	0,0008	- 0,1335	82,8600
Albumin from condensed cheese whey	0,0009	- 0,1171	78,5990
Albumin from curd whey	0,0005	- 0,1074	83,6300

If we consider the change in the moisture content of the sediment in the range of 15 ... 50 minutes, i.e. during the almost constant rate of humidity change, the change occurs linearly act to the formula:

$$W = a_1 \tau + b_1, \quad (2)$$

where a_1 and b_1 – are the coefficients, the values of which are given in Table 3.

Table 3

Values of coefficients of equation (2)

Sediment type	Coefficient values	
	a	b
casein sediment from cheese whey	- 0,0785	79,3140
casein sludge from curd whey	- 0,0764	81,9791
albumin sediment from 22% cheese whey thickened to a mass fraction of dry matter	- 0,0576	77,7213
albumin sediment from curd whey	- 0,0772	83,2791

A further increase in the centrifugation time has practically no effect on the moisture content of the sediment.

Thus, it can be concluded that with a certain duration of sediment accumulation, which is used in the separators with tse n trobeznoy periodic discharge of sludge, precipitate acquires properties (moisture), which then changes nezn a considerably.

Since the accumulation of sludge varies radius location in the sludge etc. of space, the sealing pressure in different sediment layers differently. This, in turn, pre d considers the presence of residue humidity, depending on the size of the centrifugal seal Pressure e Nia.

The sealing pressure in the elementary volume of the protein sediment will be equal to :

$$dp = \Delta \rho_l \omega^2 dr, \quad (3)$$

where $\Delta \rho_l$ – is the difference in particle densities of protein and whey, kg / m^3 ; ω – angular speed and the c^{-1} ; r – is the radius of the sediment layer, m.

After integration from $r = 0$ to $r = R$, wherein - the radius of the sludge in the sludge space location n on we obtain:

$$P_{ynl} = \Delta \rho_l \omega^2 \frac{R^2}{2}, \quad (4)$$

where P_{ynl} – is the sealing pressure, Pa.

The influence of the centrifugal sealing pressure in the drum separator vla w NOSTA precipitation was studied experimentally. As a result of mathematical processing of the obtained results, it was found that this influence can be described by the equation:

$$W = a_2 P_{ynl}^{b_2}, \quad (5)$$

where P_{ynl} - is the sealing pressure, MPa; and - coefficients, the values of which are given in table 4.

Table 4

Values I of the coefficients of equation (5)

Sediment type	Coefficient values	
	a_1	b_2
Casein from cheese whey	61,206	-0,101
Casein from curd whey	60,633	-0,089
Albumin from condensed cheese whey	78,283	-0,011
Albumin from curd whey	86,282	-0,010

In turn, equation (5), taking into account formula (4), will take the form:

$$W = a_{21} R^{2b_2}, \quad (6)$$

where $a_{21} = a_2 \left(\Delta \rho_l \frac{\omega^2}{2} \right)^{b_2}$.

Figure 1 shows the obtained dependences of the influence of the moisture content of the protein sediment on the magnitude of the sealing centrifugal pressure.

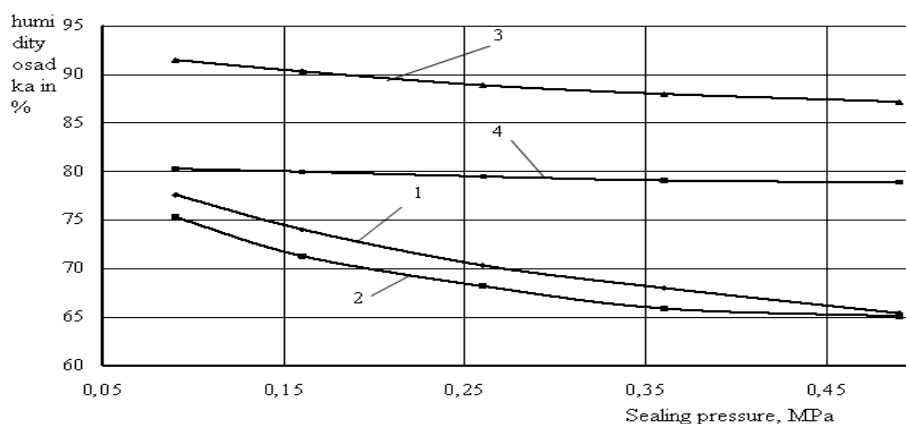


Fig. 1. Dependence of precipitation moisture on the sealing pressure: 1 - casein from cheese whey; 2 - casein from curd whey; 3 - albumin from condensed cheese whey; 4 - albumin from curd whey

Analysis of the data reveals that the primary sludge densification process occurs at relatively low pressures (10⁶ Pa). With a further increase in pressure, the rate of moisture release from the sediment decreases slightly. The moisture content of the casein sludge, for example, does not drop below 60%.

The obtained results are in good agreement with the experimental data on the sludge moisture content from about brine after whey separation in the separators with manual periodic discharge of sediment. In addition, it is necessary to pay attention to the fact that albumin sediment is more water-absorbing than casein sediment, but in condensed whey, apparently due to prolonged heat treatment, it approaches in humidity to case and new sediment.

Results of the study samples of precipitation of the effective viscosity of the breast whey and its concentrates are shown in Figure 2 as a dependency of the magnitude of the strain rate in logarithmic coordinates of a minute.

The effective viscosity, mPa · s

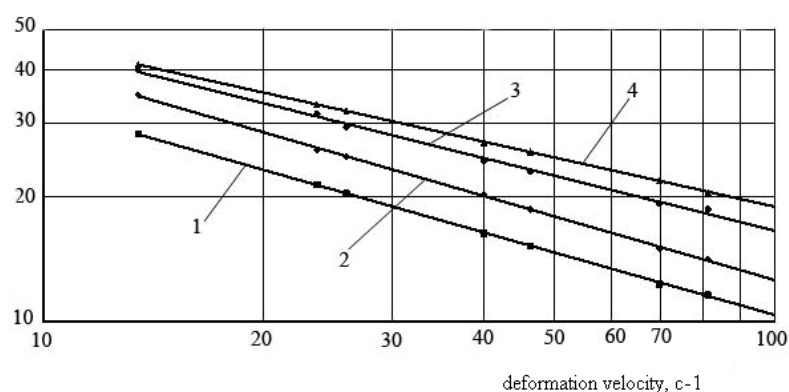


Fig. 2.- Dependence of the effective viscosity of the sediment on the rate of deformation: 1 - casein from cheese whey; 2 - casein from curd whey; 3 - albumin from condensed cheese whey; 4 - albumin from curd whey

In the investigated area of the deformation rates obtained in logarithmic coordinates dependencies are linear, which allows to describe the change of the effective viscosity equation Oswald de Vill 2]:

$$\eta_{\text{eff}} = \eta_0 D_r^{n-1}, \quad (7)$$

where D_r is the strain rate; η_0 and n are coefficients, the values of which are given in table 5.

The data obtained show that protein precipitates from milk whey and its concentrates belong to pseudoplastic fluids with a pronounced non-Newtonian flow ($n < 1$). The degree of non-Newtonian behavior of protein precipitation are significant differences and less than that of thickened whey and several more for precipitation of casein, albumin than in whey.

In the process of forming slurry to the horizontal space affects both the dynamics of sludge accumulation and the rate of moving cake layer along a conical surface. However, it should be borne in mind that the increase in this angle, eventually leading to the cessation of movement was due to the surface of the slurry space.

Table 5

Values of the coefficients in equation Oswald de il for precipitation of a s reversible and its concentrates

Sediment type	Coefficient values	
	η_o	n
Casein from cheese whey	128,62	0,49
Casein from curd whey	103,61	0,50
Albumin from condensed cheese whey	113,95	0,61
Albumin from curd whey	119,01	0,57

This is due to the fact that protein deposits have rather pronounced adhesion properties [3]. Furthermore, it can be assumed that the n of keeping casein or albumin precipitate will depend not only on the angle of inclination of the generatrix of the slurry space, but also on the ra of mers (the radii) of the cone since, protein precipitation have more and cohesive properties and E [4].

Conditions stopping I movement (sliding) along a conical surface of the precipitate sludge space defined by the relation:

$$ctg\alpha < f_d, \quad (8)$$

where α – is the angle of inclination of the generatrix of the conical surface of the slurry space to the horizontal; f_d – dynamic coefficient of friction-sliding on the conical sludge of surface sludge space.

Thus, the choice of quantity α depends on the availability of quantity data f_d . However, to obtain an objective values f_d is problematic, since dynamical coefficient of sliding friction-affected by several factors [5]. Therefore the division limit value α is advantageously carried out by simulation of sediment movement process of conical e tion surface.

We have determined that all of precipitation formed upon separation of whey and its concentrates most pronounced adhesive and cohesive properties of the region and gives a precipitate of casein whey. Such sediment was used in experimental modeling the behavior of precipitation on the conical surface of the slurry space consisting of Properties.

To determine the nature of the sediment sliding along the conical surface, experiments were carried out using a special centrifuge (Figure 3) with a set of conical inserts with different angle of inclination of the generatrix (70 °, 75 ° and 80 °).

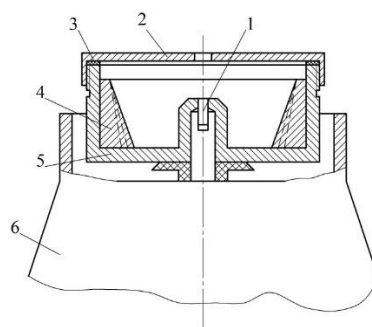


Fig. 3. Installation for modeling the behavior of sludge in the conical pover x NOSTA slurry space: 1 - key; 2 - cover; 3 - gasket; 4 - insert; 5 - to p pus; 6 - drive

The results led to the conclusion that the casein precipitate free n e forcibly relocated along a conical surface with an angle of inclination of the generatrix 70°, some precipitate (at the top) remains on the conical surface with an angle of inclination of the generatrix 75° and substantially uniformly exc and Gaeta on conical surface with an angle of inclination of the generatrix 80°

Wherein the position of sludge in the second insert confirms Suppose e of about influence radius precipitate location on the tapered surface at its dynamic coefficient-of friction, as in the lower part of the insert precipitate offline (smaller radius), and in the upper part of the insert Preece m exists (radius greater) ...

The latter also suggests that it exists in the boundary precipitate 75° state when it ceases to n th travel about a conical surface.

In this case, it can be assumed that:

$$f_d \approx \operatorname{ctg} 75^\circ \approx 0,27, \quad (9)$$

where the angle equal to 75° – the value limiting for the conical surfaces of the separator drum in contact with the sediment, and especially the slurry space.

Conclusion. The properties of various protein sediments are experimentally determined: the dependence of moisture on the sealing pressure, the coefficient of effective viscosity on the rate of deformation. The data obtained can be used for mathematical modeling of the centrifugal sludge discharge process.

Experimental modeling of the sediment behavior on the conical surface of the slurry space was carried out, on the basis of which the limiting angle of inclination of the conical surfaces of the drum (slurry space, trays, etc.) to the horizontal (75°). was determined. This result must also be taken into account when designing separator drums for whey and whey concentrates.

The data obtained in the work can be used in the design of elements of special separators for whey.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбатов А.В. Реология мясных и молочных продуктов / А.В. Горбатов. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 384 с.
2. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник / под ред. Ю. А. Мачихина. М.: Агропромиздат. 1990. – 271 с.
3. Зуев Б.Г. Исследование процессов накопления, уплотнения и механической выгрузки осадка при очистке молока на сепараторах: дис... канд. техн. наук: 05.02.14: утв. 15.03.71./ Б.Г. Зуев. – М., 1971. – 196 с.
4. Жуков В.Г. Влияние реологических свойств сывороточных белков на центробежную выгрузку их осадков / В.Г. Жуков, Ю.Д. Головки // Межвуз. сб. «Модернизация существующего и разработка новых видов оборудования для пищевой промышленности», вып. 3. – М.: МТИПП, 1979. – с. 7-12.
5. Липатов, Н.Н. Производство творога / Н.Н. Липатов. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 272 с.

REFERENCES

1. Gorbatov A.V. Reologiya myasnykh i molochnykh produktov / A.V. Gorbatov. – M.: Pishchevaya promyshlennost', 1980. – 384 s.
2. Reometriya pishchevogo syr'ya i produktov: Spravochnik / pod red. Yu.A. Machikhina. – M.: Agropromizdat. 1990. – 271 s.
3. Zuev B.G. Issledovanie protsessov nakopleniya, uplotneniya i mekhanicheskoi vygruzki osadka pri ochildke moloka na separatorakh: dis... kand. tekhn. nauk: 05.02.14: utv. 15.03.71. – M., 1971. – 196 s.
4. Zhukov V.G. Vliyanie reologicheskikh svoistv syvorotochnykh belkov na tsentrobezhnuyu vygruzku ikh osadkov / V.G. Zhukov, Yu. D. Golovko // Mezhvuz. sb. «Modernizatsiya sushchestvuyushchego i razrabotka novykh vidov oborudovaniya dlya pishchevoi promyshlennosti», vyp. 3. – M.: MTIPP, 1979. – S. 7-12.
5. Lipatov N.N. Proizvodstvo tvoroga / N.N. Lipatov. – M.: Pishchevaya promyshlennost', 1973. – 272 s.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Чеботарев Евгений Алексеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительства, Инженерного института Северо-Кавказского Федерального университета, 7 (8652) 95-68-44, добавочный 55-10, e-mail: allodygin@yandex.ru

Chebotarev Evgeny Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Construction, Engineering Institute of the North Caucasus Federal University, 7 (8652) 95-68-44, extension 55-10, e-mail: allodygin@yandex.ru

Лодыгин Алексей Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной биотехнологии Института живых систем, Северо-Кавказского Федерального университета, (8652) 33-03-18, e-mail: allodygin@yandex.ru

Lodygin Alexey D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Biotechnology, Institute of Living Systems, North Caucasus Federal University, (8652) 33-03-18, e-mail: allodygin@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 15.07.2020

После рецензирования: 03.08.2020

Дата принятия к публикации: 03.09.2020

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ | SHORT REPORTS

Н. Л. Подвойская [N.L. Podvoiskaya]

УДК 32.019.5

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛИТНОГО И ЭЛИТАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Рецензия на монографию «Элитология образования: основы педагогической селекции элит» / Карабущенко П. Л., Подвойский Л. Я., Резаков Р. Г. – М.: Изд-во «Экон-Информ», 2018. – 234 с.

DEVELOPMENT STRATEGY ELITE AND ELITE EDUCATION

Review to the monograph "Elitology of education: fundamentals of pedagogical selection of elites" / Karabushchenko P. L., Podvoysky L. Ya., Rezakov R. G. – Moscow: Ekon-inform publishing house, 2018. – 234 p.

Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", Россия, Москва, e-mail: n.podvoyskaya@misis.ru
National Research Technological University "MISIS", Russia, Moscow, e-mail: n.podvoyskaya@misis.ru

Аннотация. В рецензии сделан вывод, что данная монография это вполне успешная попытка на теоретическом уровне внести вклад в разрешение проблем современной элитологии образования. Этому способствовало то, что ее авторы давно работают по этой проблематике. Отмечены особенности данной работы: а) междисциплинарный характер, что обусловило необходимость нескольких научных измерений и б) акцент на педагогическую селекцию элит.

В качестве положительного аспекта монографии подчеркнуто, что при рассмотрении практически всех вопросов и проблем значительное место авторы уделили их историческим аспектам, современному состоянию и перспективам их развития. Высказана уверенность, что внимательное знакомство с данной монографией будет способствовать пониманию студентами, магистрантами и всеми, кто интересуется данной проблематикой, истории, современного состояния, проблем и перспектив российского образования в целом, и элитного/элитарного образования, в частности.

Ключевые слова: акмеология, аксиология, личность, наука, образование, педагогика, рекрутирование, селекция, университет, элита, элитология, элитное сознание, элитное образование, элитология образования.

Abstract. The review concluded that the given monograph is a quite successful attempt to contribute to solving the problems of modern elitology education at a theoretical level. This was facilitated by the fact that the authors have long been working on this issue. The following features of this work are noted: a) an interdisciplinary nature, which necessitated several scientific measurements, and b) an emphasis on pedagogical selection of elites.

As a positive aspect of the monograph it is emphasized that when considering almost all issues and problems the authors devoted a significant place to their historical aspects, current state, and prospects for their development. The authors expressed confidence that a close acquaintance with this monograph will contribute to understanding of the history, current status, problems, and prospects of Russian education in general, and elite / top-end education in particular by students, undergraduates and everyone who is interested in this issue.

Key words: acmeology, axiology, personality, science, education, pedagogy, recruiting, selection, university, elite, elitology, elite consciousness, elite education, education elitology.

Modern scientists (and not only them) often pay attention to the fact that the level of humanitarian education has already become quite obvious. In this regard, there is growing interest in elite humanitarian education, which is aimed and can form a type of responsible creative personality capable of fully realizing his potential, becoming a real master of his craft, being able to have an effective educational impact on others, standing on different steps of the social ladder. Then it is quite logical that a far from idle question arises: "who will bring up such an educator?", Since as far back as K. Marx, as you know, asserted that an educator must be educated himself.

For the sake of fairness, it should be noted that the role and importance of elite education is more or less adequately understood so far only in the scientific community, while neither society nor the authorities of different levels have such an understanding, and education continues to focus exclusively on pragmatic utility.

In this regard, the following thought of the authors of the monograph under review deserves attention: "Do not save on brains, but, on the contrary, develop your economy on their basis. Therefore, to save sin on the development of the intellect. Those who save on education steal hope from future generations" (p. 91).

The authors of this monograph have long and fruitfully been working on the problems of elitology and education in general, as well as on the problems of elitology in education, in particular. The bibliography speaks volumes about this, from which it follows that the monograph uses 16 works belonging to P.L. Karabuschenko, 6 - L.Ya. Podvoisky, 4 - R.G. Rezakov.

The latter, by the way, defended his doctoral dissertation on the topic "Socio-pedagogical conditions for the formation of the intellectual elite in the system of continuous education" (Moscow, 2002).

The authors state that they are on the methodological positions of the national elitological science. Judging by the use of scientific sources, special attention is paid to the works of one of the founders of the Russian scientific school of elitology, one might say, the patriarch of Russian elitology Gennady Konstantinovich Ashin (1930-2011). In this monograph, the authors used 17 of his scientific works, including those written in co-authorship.

It is noteworthy that P.L. Karabuschenko and R.G. Rezakov are co-authors of G.K. Ashina on the monograph "Theoretical Foundations of Education Elitology" (Moscow, 1998). In addition, P.L. Karabuschenko, in collaboration with G.K. Ashin prepared and published the "Manifesto of Elitology" (Elitological Studies, No. 1, 2000). Another result of their scientific cooperation is the article "Oligarchic and meritocratic tendencies in the assessment of modern elite education", published in the almanac "Questions of elitology: philosophy, culture, politics" (Vol.7-8, 2011).

At the same time, the authors share the views of representatives of Western meritocratic theories regarding increasing the role of the scientific elite and increasing its influence on social and political problems.

Thus, recalling that the term "meritocracy" (from Latin *meritus* - worthy and Greek *kratos* - power) was introduced by Western sociologists M. Young and D. Bell in the middle of the 20th century. to designate the stratum of society that supplies intellectual leaders, the authors of the monograph conclude that Russia needs a meritocratic model of education. And this automatically means elitization of the entire educational and upbringing process as a whole (p. 95).

One of the features of the peer-reviewed work is that it is interdisciplinary in nature and lies at the junction of several social sciences and humanities, which necessitates several scientific measurements that involve a fairly wide range of consideration.

Another feature of the monograph is that it pays attention to the pedagogical selection of elites (this is even included in the subtitle of the title). At the same time, the authors note that this problem is one of the central themes of modern elite studies, since in this case we are talking about the professional selection (election) of the best to elite social groups. One of the goals of this work, as the authors emphasize, is to substantiate the need to introduce into the sphere of pedagogical science such a concept as "selection of elites", which already exists in sociology, political science, acmeology and elitology (pp. 5-6).

Structurally, the monograph includes:

"Introduction: modern humanitarian problems of elite selection",

and three chapters:

1. "Elite and elite education" yesterday, "today", tomorrow".

2. "Pedagogy of the Elite".

3. "University and modern technologies of elite selection".

"Conclusion" titled "Instead of a conclusion: elite spirit and elitization of society."

Obviously, for a successful solution to any problem, a clear definition of the concepts used and the content that the author puts into them is necessary. Guided by this principle of scientific work, the authors reveal the content and essence of the concepts used.

So, in the introduction, they draw attention to the semantic difference between the concepts of "elite" and "elite". At the same time, it is argued that "elite" always indicates meritocracy, while "elite" - oligarchy. The essence of the terminology is as follows: "elite" indicates personal dignity, the superiority of the individual over its status, the domination of content over form. "Elite" is a status advantage, it is an ambitious prestige, the domination of form over content (p. 15).

Such a concept as "pedagogy of the elite" is characterized as the process of the genesis of the elite personality, included in the pedagogical process, i.e. a socially and personally determined process based on sound goal-setting. The subject of the "pedagogy of the elite" is the very process of purposeful elitization of the individual along the paths of his sociocultural development (p. 12).

The introduction sets out the main tasks of monographic research. Here are some of them (abbreviated):

- to comprehensively consider the general characteristics of modern elitological science;
- to reveal the gnoseological essence of elite pedagogy;
- to describe the doctrine of elitology of education about the genesis of the manifestation of elite in a person;

- to draw conclusions about the essence of the elite education system and make a forecast for the prospects for its further development in Russia and the world (p. 13).

The duties of elite education are also indicated here, among which, in an abbreviated form, the following:

- ensuring the initial and subsequent stages of personality elitization;
- ensuring the development of the country's intellectual (scientific) potential;
- ensuring the country's economic independence by training highly qualified specialists (p. 20).

In the first and second paragraphs of the 1st chapter, the history of the development of elite education and the history of classical elite education ("Plato's elite pedagogy") is presented, i.e. elite education "yesterday". The third section examines how the traditions of Plato's elite pedagogy are represented in the Russian philosophical culture of the 20th century, i.e. it is an elite education "today". Here it is concluded that Russian philosophy gave preference to elite education, fully and completely on the side of meritocracy (p. 78-79).

In the fourth paragraph of this chapter (we will dwell on it more than others - N.P.), titled "Elite education" tomorrow": challenges of the XXI ", it is emphasized that the elite education system provides for the effective implementation of advanced scientific technologies into the educational system, passed the world expertise. The data cited by the authors indicate that such technologies are already available, however, even if not all of them can be used in educational processes, the information about their availability itself provides reliable grounds for conducting scientific research in the framework of training professional specialists (p. 85).

Leading Russian politicians (in this case, the authors mean the President of Russia V.V.Putin - N.P.), who have realized that the quality of their elites directly depends on the quality of their professional education, have recently spoken about the high importance of education. It is precisely this that plays an extremely important role in the post-industrial society, being the most important factor in the growth of social consciousness, moral values and the strengthening of democracy. In addition, as technologies improve, the labor market gives preference to more and more qualified specialists (p. 91-92).

It is noted that the issue of elite education and its role in reforming the Russian education system was generally raised at hearings in the State Duma (the authors briefly analyze the results of parliamentary hearings in 1996 and 2000 - N.P.). For the first time, elite education was discussed in the State Duma in May 1996. It is noteworthy that the hearings were called "Education and National Security of Russia".

The authors draw attention to the presence of some confusion regarding the problem of elite education. Moreover, this takes place not only at the level of everyday consciousness, but also in the media (in the Russian media at the turn of the century, the number of publications on the problem of elite and elite education increased significantly), and even in scientific literature. At the same time, the authors point to several points:

- elite education is traditionally linked with the so-called education for the rich, "children of the new Russians" (p. 95);
- direct (and sometimes even hostile) opposition of such concepts as "popular" and "elite" (p. 96);
- Doctor of Pedagogical Sciences V.S. Avanesov believes that elite education is necessary, but not timely. It does not contradict public education, but it must be left for "later" (p. 96).

Criticizing these views convincingly enough, the authors draw conclusions with which it is difficult to disagree:

- the respected professor-consultant of MGIMO forgets that Russia may not have this very "later" (p. 96);
- Russia's leadership has always been in its educational system, where elite forms of education did not compete hostilely, but peacefully coexisted with mass educational institutions (p. 97);
- it's time to understand that in the 21st century elite education will be the most important component in the national security system of any state, especially one that claims to be the leader (p. 98).

Noting that Russia has entered the 21st century with a weakened system of national education, the authors believe that it is possible to get it out of the abyss of the crisis with the help of developments in the field of elite education and point to three main directions:

- 1) genuine elite education for gifted children (the future intellectual potential of the country);
- 2) prestigious education for the children of wealthy parents - let the oligarchs also invest in the education system (at the present time it can be stated that our oligarchs prefer not to invest in the Russian education system, but to educate their children abroad - N.P.);
- 3) retraining of the existing political and business elite of Russia (p. 98).

According to the authors, with whom we are in solidarity, political elites (and not only Russian ones) are sorely lacking in professional training. In this regard, it is proposed to introduce a system of "primary" (political universal education) and "classical" (obtaining professional knowledge at the university level) political education. The Civil Service Academy is cited as an example (p. 99).

The content of the 2nd chapter "Pedagogy of the Elite" is revealed through the analysis of such concepts as "selection", "recruiting", "circulation", "mass and elite consciousness", "psychology of elite", "the problem of elite" (elitological personalism"). Let's pay attention to how some of them are characterized.

The most interesting of them seems to us to be the concept of "selection", which the authors consider from different angles. By the way, even in the introduction it is noted that selection, as modern elitology understands it, is a process of professional selection of the best (worthy) from among the good. At the same time, "good" is understood as the potency of the "best" (p. 5-6).

Here, in the second chapter, it is pointed out the difference between selection and recruiting. So, if recruiting is a process of joining the elite, then selection is a longer and more complex process that precedes recruiting (p. 102).

Here are several characteristics of selection proposed by the authors:

- in selection, clear traces of the transformation of an individual into an individuality, a qualitative growth of individuality into a personality are found;

- selection is a process of gradual separation of the elite quality from mass traits;

- selection allows you to streamline the relationship between mass and elite personality traits;

- any selection is a "campaign for the best", and political selection is also a campaign for power (pp. 107-109).

To this we can add the following thought regarding selection: "... the genesis of personality is the most interesting moment in the selection of elites" (pp. 148-149).

As for the elite / elite consciousness, then, according to the authors, it can be characterized by such qualities as:

(1) consistency; (2) purposefulness and severity of thinking; (3) true knowledge; (4) dominance of theoretical scientific knowledge; the predominance of the theoretical over the mental; (6) creativity (p. 125). The disclosure of these qualities is also presented (p. 125-128).

In the paragraph "Psychology of elite: feeling and living of elite", it is worth considering (1) the psychology of the social elite and (2) the psychology of the cultural (or spiritual) elite. In the first case, the psychology of political elites and the psychology of the business elite (oligarchy) are distinguished (pp. 136-139). In the second - the psychology of the scientific (intellectual) elite and the psychology of the spiritual (cultural and religious) elite (pp. 139-140).

The problem, which is considered in the paragraph "The problem of elite" ("elitological personalism"), the authors consider it quite possible to call "elitology of the free spirit". They emphasize that in their analysis they relied on the personalistic concept of the free spirit of N.A. Berdyaev, who brilliantly linked together the philosophy of personality with the philosophy of the spirit and the concept of spiritual aristocracy (p. 152).

In the first paragraph "The mission of the university and the problems of pedagogical selection of elites" of the 3rd chapter "University and modern technologies of selection of elites", the authors pay special attention to identifying the role of the university as a kind of epicenter of modern technologies of selection of elites. It is emphasized that "in the 21st century the University is the most important mechanism in the selection of elites, since it creates their qualitative superiority" (p. 162).

The issues of the relationship between the State and the University (that is, with a capital letter! - NP), elitization of an educational institution, modern political education, teaching "elitology" in universities and the prospects for its development as an academic discipline are considered.

The other three sections of this chapter are interesting and informative. The second is "Russian Science and Education: Problems and Development Trends", the third is "Acmeology and the Problem of Professional Efficiency of Modern Elites" and the fourth is "Axiology of Elites: Criteria for Evaluating Elite Quality". When considering these problems, the authors analyzed a significant amount of scientific literature, including in a foreign (English) language.

Summing up the results of our review, we note the following:

- it is important that in the context of the analysis done, when considering practically all issues and problems, the authors gave a significant place to their historical aspects, the current state and the prospects for their development. This approach cannot fail to attract approval;

- a brother of the source account to the research base. The authors studied a wide range of domestic and foreign scientific literature. Suffice it to note that the bibliography includes 202 sources of scientific literature, 37 works

from periodicals, 45 sources in a foreign (English) language (it should be noted that the authors used 30 of their scientific works, including 4 in English);

- note the stylistic features of all chapters of the work. They are written in good literary language, moderately emotional, which only helps the reader to assimilate the "academic meaning" of what is written. The general impression is that the work is easy enough to read with interest;

- the authors write simply, easily, sometimes even figuratively, which is very important, since it makes it possible to use the monograph in the educational process in the classroom with bachelor students and, possibly, undergraduates of various faculties, which expands the scope of its practical application.

- undoubtedly, work with this monograph will contribute to the understanding by students and undergraduates of history, the current state, problems and prospects of Russian education in general, and elite / elite education, in particular. It is possible that this may arouse interest among a wide range of readers.

There is no doubt that the monograph meets all the requirements for this kind of scientific research. This is a solid and serious work, written at a very good scientific and theoretical level. In general, the authors have coped with the tasks and the monograph is a fairly significant scientific achievement.

At the same time, some comments and suggestions can be made to the authors of the study under review:

- it is possible that researchers should pay more attention to new and latest developments of Western scientists and, if necessary, constructively argue with them, defending the interests of our, domestic science.

- some of the authors' statements seem to be at least controversial. For example, it is difficult to agree with the following thought: "Morality is always elite, since it strives to achieve perfect forms of being of the spirit" (p. 153). Indeed, one thing is "morality" as a general philosophical and ethical concept, and another - as a concept that determines the behavior of one or another large group of people, not all of which (groups) can be classified as elite, but have their own morality;

- there are technical comments. For example, there are typos (there are not many of them, but they are). And one more thing: in the "Contents" it is indicated that the 3rd paragraph of the 2nd chapter begins from page 145, and the beginning of the 4th paragraph is left without any indication at all. However, as follows from the text of the monograph, the 3rd paragraph starts from 131 pages, and the 4th from 145. It is clear that this, one might say, is a purely technical misunderstanding.

General conclusions:

- it seems that the monograph under review is a completely successful attempt at a theoretical level to make a certain contribution to the solution of a difficult problem regarding the modern elitology of education. It is important to note that throughout the monograph, the authors provide a lot of data in support of their theoretical conclusions;

- the content of this monograph quite convincingly shows that it was prepared by scientists who are well aware of the object of research, and its subject, and its problems. Thus, it can be stated that the domestic elitological science has been supplemented by research that opens up new perspectives and directions in the elitology of education;

- and the second of the reviewed monograph can only wish that they do not stop there, but continue this interesting and promising scientific project;

- this can be hoped for, since the authors themselves notice that many complex and interesting questions remain outside the scope of this study, the resolution of which is waiting in the wings.

Well, let's wait ...

ОБ АВТОРЕ | ABOUT AUTHOR

Подвойская Наталия Леонидовна, кандидат политических наук, директор Института базового образования, доцент кафедры социальных наук и технологий; Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", Российская Федерация, 119049, Москва, Ленинский пр-кт, 4, E-mail: n.podvoyskaya@misis.ru

Podvoiskaya Natalia Leonidovna, Ph.D. (Political Science), Director of the Institute of Basic Education, Associate Professor of Social Sciences and Technology Department, National University of Science and Technology MISIS 4 Leninsky Ave, Moscow, 119049, Russian Federation, E-mail: n.podvoyskaya@misis.ru

Дата поступления в редакцию: 15.07.2020

После рецензирования: 03.08.2020

Дата принятия к публикации: 03.09.2020

М. А. Бояркина [M. A. Boyarkina]
И. А. Прокопенко [I. A. Prokopenko]

УДК 338.48:642.59

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ГАСТРОНОМИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В КРЫМУ

ANALYSIS OF THE MAIN DIRECTIONS OF GASTRONOMIC TOURISM IN THE CRIMEA

Аннотация. В данной статье проведён анализ существующих направлений гастрономического туризма на полуострове Крым. Представлен перечень гастрономических локаций в Крыму за 2019 год. Выявлены основные проблемы развития гастрономического туризма на полуострове.

Ключевые слова: гастрономический туризм, национальная кухня, вино, гастрономический фестиваль, регион, полуостров Крым.

Abstract. This article analyzes the existing directions of gastronomic tourism on the Crimean Peninsula. The list of gastronomic locations in Crimea for 2019 is presented. The main problems of the development of gastronomic tourism on the Peninsula are identified.

Key words: gastronomic tourism, national cuisine, wine, gastronomic festival, region, Crimea Peninsula.

Tourism is one of the main directions of development of the Crimean peninsula.

Tourism is a multifaceted phenomenon that encompasses a huge number of human interests and hobbies. [one]

Today there are many types of tourism that can attract a large number of tourists to the peninsula. One, relatively new, directions is the gastronomic tourism.

Gastronomic (culinary) tourism involves enriching the tourist experience with trips to gastronomic regions that involve any gastronomic tourism activities such as visits to food producers, food festivals, food fairs or farmers' markets. Gastronomy in the context of tourism includes a combination of products, services and activities that emphasize the uniqueness and traditions of a given place, representing typical products and recipes of the region, as well as the talent and creativity of producers and culinary artisans. [one]

The distinctive features of gastronomic tourism include the following factors:

- 1) absolutely all countries have conditions for the development of culinary tourism, and this is a unique distinguishing feature of this type of tourism;
- 2) gastronomic tourism is not seasonal; you can choose a suitable tour for any time of the year;
- 3) gastronomic tourism to one degree or another is a constituent element of all tours. But unlike other types of tourism, acquaintance with the national cuisine becomes the main motive, goal and main element of gastronomic travel;
- 4) the promotion of local farms and food producers is an integral part of any gastronomic tour. [2]

The target audience of food tours includes:

- tourists wishing to join the culture of the country through its national cuisine;
- gourmet tourists - people with high food requirements and exquisite taste;
- tourists using the culinary tour for the purpose of training and obtaining professional skills (chefs, sommeliers, baristas, tasters, restaurateurs);
- representatives of travel companies traveling to study this tourist destination. [one]

In recent years, gastronomic tourism in Crimea is gaining more and more popularity. As a result, more and more gastronomic locations are appearing that can attract tourists.

The most common gastronomic destination in Crimea is **Wine Tourism**. Wine tourism (enoturizm) - hiking, the purpose of which is (or includes) wine consumption, purchase wine directly in the winery (brewery). Wine tourism can include visits to wineries, vineyards, famous restaurants, wine festivals, and other special events. [one]

To visit, for tourists, are open, as already well-known, wineries, such as:

Production and Agricultural Association "Massandra";

Factory of sparkling wines "Novy Svet";
 Inkerman Factory of Vintage Wines;
 Agrofirma "Zolotaya Balka";
 Winery "Solnechnaya Dolina";
 Wine Farm "Manor Perovsky" (winery " Alkadar " they Sophia Perovskoy);
 Factory of Vintage Wines KOKTEBEL;
 and the growing popularity of "young" wineries:
 To the non-commercial enterprise ALMA VALLEY;
 To the foreign farm "House of the Zakharyns";
 VK "SATERA";
 To the foreign farm UPPA Winery.

Wineries located on the entire territory of the peninsula, so the tourist, in gastronomy, not only learns about the history of wine production and technology, but also reveals the splendor and diversity of the nature of the Crimean peninsula.

Ethno- gastronomic tourism in Crimea is another popular direction of gastronomic **tourism**. The purpose of this tourism is acquaintance with the national cuisine of the Crimea, the most vividly represented by dishes of the Greek and Crimean Tatar cuisine, as well as the dishes of the ancient Karaites and Krymchaks.

The emergence in the Crimea small private dairies ("Mountain dairy", farm "Nusia"; with yrovarnya "Tavrika", Etc.) producing crafting cheeses, contributed to the development of **the rural gastronomic tourism**, t.k on many dairies are guided tours followed by a tasting of cheeses.

Event gastronomic tourism is represented in Crimea by various gastronomic festivals. The purpose of these festivals to acquaint guests with meals and drinks from traditional x Krimsky's products: Chernomorsk oh fish's, midi th, Rapan s oysters. Crimean honey and Crimean herbal tea are especially popular with tourists.

In 2019, the following gastronomic events took place on the peninsula:

Table 1

Gastronomic events on the Crimean peninsula for 2019

the date of the	Location	Event	Purpose of the event
February 1 to March 3 November 15 to December 15	Sevastopol	Sevastopol gastronomic festival "Crimea on a plate"	As part of the festival, Sevastopol restaurateurs offer gastronomic sets from the menu of Crimean cuisine for 990 rubles. The purpose of the event is to introduce you to dishes from traditional Crimean products. Development of year-round tourism in Crimea
May 2	Sevastopol . Eco-park "Lukomorye"	V Festival of the national cuisine of the peoples of Crimea and Sevastopol	Popularization of national traditions, cuisine and customs, the formation of mutual interest, respect for other mores, peculiarities of behavior of various peoples and religions
June 15-16	Feodosia	Gastronomic festival "Barabulka-2019"	Within the framework of the festival, master classes by professional chefs are held, who share the secrets of preparing Black Sea fish
July 20-21	Koktebel	Third Crimean Festival of Wine and Gastronomy In Vino Veritas	The goal is to tell a wide audience about Russian wines and Crimean cuisine professionally
17 august	Simferopol	First Crimean Ice Cream Festival "Ice- Crimea - 2019"	The festival is organized with the aim of diversifying the leisure of citizens, to support the cultural development of the peninsula and create a favorable image of Crimea, increase social satisfaction of the population, as well as to support small businesses in the region
September 14-15	Koktebel	Gastronomic Festival "Harvest Festival"	The festival features Crimean agricultural products and a variety of culinary trends of the peoples of Crimea
September 28-29	Sevastopol	Harvest and Wine Festival WineFest - 2019	Popularization of the achievements of Crimean winemakers, farmers and restaurateurs, as well as the promotion of wine and gastronomic tourism on the peninsula

6 october	Eupatoria	Pumpkin festival	Developing of year tourism Crimean
October 25-26	Simferopol	V Crimean Festival of Coffee and Food	Development of year-round tourism in Crimea
October 25-26	Simferopol	Festival of confectionery art "Tortida 2019: Theater of desserts"	Development of year-round tourism in Crimea
November 1-3	Yalta	Crimean festival of wine and gastronomy "Novemberfest"	First place in the final of the National award of event tourism Russian Event Awards 2019 [27]

Conclusion. The peninsula of Crimea has a huge potential for development I gastronomic tourism, as here there is an unique cuisine of the Crimea, which incorporates the best national dishes, the people living on the peninsula; and winery with endless vineyards; and farms that produce natural food and, finally, traditional Crimean products.

But, despite the significant development of gastronomic tourism in Crimea in recent years, for the full disclosure of the existing potential it is necessary:

- to develop work standards in the field of gastronomic tourism in order to obtain better quality gastronomic tourism products;
- make available information on existing gastronomic tours, independent gastronomic locations and event gastronomic events.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энциклопедия туризма: монография / Под общей редакцией доктора исторических наук, профессора А. А. Федулина, научная редакция доктора экономических наук, профессора Н. А. Платоновой. М.: НП «КиТ», ФГБОУ ВО «Российский государственный университет туризма и сервиса», 2017. 496 с
2. Шпенькова К. С. Условия развития гастрономического туризма в России и в мире / К.С. Шпенькова, В.О. Сычева // Концепт. – 2014. – № 07 (июль). [электронный ресурс] URL: <http://e-koncept.ru/2014/14198.htm>. (дата обращения 18.01.20)
3. Официальный сайт Государственное унитарное предприятие Республики Крым "Производственно-аграрное объединение "Массандра" [электронный ресурс] URL: <http://www.massandra.su/degustaciya.html> (дата обращения 18.01.20)
4. Официальный сайт АО "Завод шампанских вин "Новый Свет" [электронный ресурс] URL: <http://nsvet-crimea.ru/vinnyetury-kryma-na-zavod-shampanskix-vin-novyy-svet> (дата обращения 18.01.20)
5. Официальный сайт ПАО «INKERMAN» [электронный ресурс] URL: <http://inkerman.ru/excursions/> (дата обращения 18.01.20)
6. Официальный сайт Винодельческое предприятие "Золотая Балка" [электронный ресурс] URL: <http://zolotaiabalka.ru/ecosystem/> (дата обращения 18.01.20)
7. Официальный сайт Винодельческое хозяйство «Солнечная долина» [электронный ресурс] URL: <https://sunvalley-1888.ru/ekskursii-i-degustatsii> (дата обращения 18.01.20)
8. Официальный сайт Винодельческое хозяйство «Усадьба Перовских» [электронный ресурс] URL: <https://perovsky-winery.ru/ru/tours/> (дата обращения 18.01.20)
9. Официальный сайт Завод Марочных Вин КОКТЕБЕЛЬ [электронный ресурс] URL: <http://vino-koktebel.ru/projects-ekskursii/> (дата обращения 18.01.20)
10. Официальный сайт Винодельческое предприятие ALMA VALLEY [электронный ресурс] URL: <http://alma-valley.ru/tour/> (дата обращения 18.01.20)
11. Официальный сайт Винодельческое хозяйство «Дом Захарьиных» [электронный ресурс] URL: <http://valeryzaharin.com/ru/page/tours> (дата обращения 18.01.20)
12. Официальный сайт ВК «САТЕРА» [электронный ресурс] URL: <http://esewine.com> (дата обращения 18.01.20)
13. Официальный сайт Винодельческое хозяйство UPPA Winery [электронный ресурс] URL: <https://upprawinery.ru/vinnyetur/> (дата обращения 18.01.20)
14. Официальный сайт Горная сыроварня [электронный ресурс] URL: <http://горная-сыроварня.рф> (дата обращения 18.01.20)
15. Ферма «НЮСЯ» [электронный ресурс] URL: <https://vk.com/fermanusya> (дата обращения 18.01.20)
16. Сыроварня Таврика [электронный ресурс] URL: <https://vk.com/tavrikacheese> (дата обращения 18.01.20)
17. Официальный сайт Севастопольский гастрономический фестиваль «Крым на тарелке» [электронный ресурс] URL: <https://sevgastrofest.ru> (дата обращения 18.01.20)
18. В эко-парке «Лукоморье» прошёл V фестиваль национальной кухни народов Крыма и Севастополя [электронный ресурс] // «Севастопольский фарватер добра» Портал информационной поддержки некоммерческих организаций г. Севастополя 2019.02 мая, URL: <http://sevdobro.ru/v-eko-parke-lukomore-proshyol-v-festival-nacionalnoj-kuxni-narodov-kryma-i-sevastopolya/> (дата обращения 18.01.20)

19. В Феодосии состоялось открытие гастрономического фестиваля «Барабулька» (фоторепортаж) [электронный ресурс] // Портал Город 24. Феодосия 2019. 16 июня, URL: https://gorod24.online/feodosiya/news/102087-v_feodosii_sostoyalos_otkrytie_gastronomicheskogo_festivalya_barabulka_fotoreportaj.html (дата обращения 28.01.20)
20. In Vino Veritas Коктебель [электронный ресурс] URL: <https://vk.com/invinoveritas.koktebel> (дата обращения 18.01.20)
21. В Крыму пройдет фестиваль мороженого «Айс-Крым – 2019» [электронный ресурс] // Ежедневная информационная газета «Судакские вести» 2019 16 августа, URL: <http://vesti-sudak.ru/2019/08/v-krymu-projdet-festival-morozhennogo-ajs-krym-2019/> (дата обращения 18.01.20)
22. Официальный сайт Аквапарк «Коктебель» [электронный ресурс] URL: <https://aquapark-koktebel.ru/15-16-sentyabrya-otmechaem-prazdnik-urozhaya/> (дата обращения 18.01.20)
23. Программа фестиваля WineFest-2019 в Севастополе [электронный ресурс] // Средство массовой информации сетевое издание «Севастопольский Корреспондент» 2019. 23 сентября, URL: <https://sevkor.ru/programma-festivalya-winefest-2019-v-sevastopole/> (дата обращения 18.01.20)
24. Фестиваль тыкв пройдет 6 октября в Евпатории [электронный ресурс] //Объявления Крыма - доска бесплатных объявлений 2019 02 октября, URL: <https://ok-crimea.ru/evpatoriya/afisha/2019/5141/festival-tykv-proydet-6-oktyabrya-v-evpatorii/> (дата обращения 18.01.20)
25. Официальный сайт V Крымский фестиваль кофе и еды [электронный ресурс] URL: <https://coffeefestcrimea.ru> (дата обращения 18.01.20)
26. Тортида 2019 Фестиваль кондитерского и пекарского искусства [электронный ресурс] URL: <https://vk.com/tortidafest> (дата обращения 18.01.20)
27. "Ноябрьфест" стал лучшим гастрономическим событием России в 2019 году [электронный ресурс] // Сетевое издание РИА Новости 2019. 17 ноября, URL: <https://ria.ru/20191117/1561044365.html> (дата обращения 18.01.20)

REFERENCES

1. Ehntsiklopediya turizma: monografiya / Pod obshchei redaktsiei doktora istoricheskikh nauk, professora A. A. Fedulina, nauchnaya redaktsiya doktora ehkonomicheskikh nauk, professora N. A. Platonovoi. M.: NP «KIT», FGBOU VO «Rossiiskii gosudarstvennyi universitet turizma i servisA», 2017. 496 s
2. Shpen'kova K.S., Sycheva V.O. Usloviya razvitiya gastronomicheskogo turizma v Rossii i v mire // Kon tsept. – 2014. – № 07 (iyul'). [ehlektronnyi resurs] URL: <http://e-koncept.ru/2014/14198.htm>. (data obrashcheniya 18.01.20)
3. Ofitsial'nyi sait Gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatie Respubliki Krym "Proizvodstvenno-agrarnoe ob"edinenie "Massandra" [ehlektronnyi resurs] URL: <http://www.massandra.su/de gustaciya.html> (data obrashcheniya 18.01.20)
4. Ofitsial'nyi sait AO "Zavod shampanskikh vin "Novyi Svet" [ehlektronnyi resurs] URL: <http://nsvet-crimea.ru/vinnye-tury-kryma-na-zavod-shampanskix-vin-noviy-svet> (data obrashcheniya 18.01.20)
5. Ofitsial'nyi sait PAO «INKERMAN» [ehlektronnyi resurs] URL: <http://inkerman.ru/excursions/> (data obrashcheniya 18.01.20)
6. Ofitsial'nyi sait Vinodel'cheskoe predpriyatie "Zolotaya Balka" [ehlektronnyi resurs] URL: <http://zolotaiabalka.ru/ecosystem/> (data obrashcheniya 18.01.20)
7. Ofitsial'nyi sait Vinodel'cheskoe khozyaistvo «Solnechnaya dolinA» [ehlektronnyi resurs] URL: <https://sunvalley-1888.ru/ekskursii-i-degustatsii> (data obrashcheniya 18.01.20)
8. Ofitsial'nyi sait Vinodel'cheskoe khozyaistvo «Usad'ba PerovskiKH» [ehlektronnyi resurs] URL: <https://perovsky-winery.ru/ru/tours/> (data obrashcheniya 18.01.20)
9. Ofitsial'nyi sait Zavod Marochnykh Vin KOKTEBEL' [ehlektronnyi resurs] URL: <http://vino-koktebel.ru/projects/ekskursii/> (data obrashcheniya 18.01.20)
10. Ofitsial'nyi sait Vinodel'cheskoe predpriyatie ALMA VALLEY [ehlektronnyi resurs] URL: <http://alma-valley.ru/tour/> (data obrashcheniya 18.01.20)
11. Ofitsial'nyi sait Vinodel'cheskoe khozyaistvo «Dom Zakhar'inyKH» [ehlektronnyi resurs] URL: <http://valeryzaharin.com/ru/page/tours> (data obrashcheniya 18.01.20)
12. Ofitsial'nyi sait VK «SATERA» [ehlektronnyi resurs] URL: <http://essewine.com> (data obrashcheniya 18.01.20)
13. Ofitsial'nyi sait Vinodel'cheskoe khozyaistvo UPPA Winery [ehlektronnyi resurs] URL: <https://uppawinery.ru/vinniy-tur/> (data obrashcheniya 18.01.20)
14. Ofitsial'nyi sait Gornaya syrovaryna [ehlektronnyi resurs] URL: <http://gornaya-syrovaryna.rf> (data obrashcheniya 18.01.20)
15. Ferma «NYUSYA» [ehlektronnyi resurs] URL: <https://vk.com/fermanusya> (data obrashcheniya 18.01.20)
16. Syrovaryna Tavrika [ehlektronnyi resurs] URL: <https://vk.com/tavrikacheese> (data obrashcheniya 18.01.20)
17. Ofitsial'nyi sait Sevastopol'skii gastronomicheskii festival' «Krym na tarelke» [ehlektronnyi resurs] URL: <https://sevgastrofest.ru> (data obrashcheniya 18.01.20)
18. V ehko-parke «Lukomor'E» proshel V festival' natsional'noi kukhni narodov Kryma i Sevastopolya [ehlektronnyi resurs] // «Sevastopol'skii farvater dobrA» Portal informatsionnoi podderzhki nekommercheskikh organizatsii g. Sevastopolya 2019.02 maya, URL: <http://sevdobro.ru/v-eko-parke-lukomore-proshyol-v-festival-natsionalnoj-kuxni-narodov-kryma-i-sevastopolya/> (data obrashcheniya 18.01.20)
19. V Feodosii sostoyalos' otkrytie gastronomicheskogo festivalya «Barabul'kA» (fotoreportazh) [ehlektronnyi resurs] // Portal Gorod 24. Feodosiya 2019. 16 iyunya, URL: https://gorod24.online/feodosiya/news/102087-v_feodosii_sostoyalos_otkrytie_gastronomicheskogo_festivalya_barabulka_fotoreportaj.html (data obrashcheniya 28.01.20)

20. In Vino Veritas Koktebel' [ehlektronnyi resurs] URL: <https://vk.com/invinoveritas.koktebel> (data obrashcheniya 18.01.20)
21. V Krymu proidet festival' morozhennogo «Ais-Krym – 2019» [ehlektronnyi resurs] // Ezhenedel'naya informatsionnaya gazeta «Sudakskie vesti» 2019 16 avgusta, URL: <http://vesti-sudak.ru/2019/08/v-krymu-projdet-festival-morozhennogo-ajs-krym-2019/> (data obrashcheniya 18.01.20)
22. Ofitsial'nyi sait Akvapark «Koktebel'» [ehlektronnyi resurs] URL: <https://aquapark-koktebel.ru/15-16-sentyabrya-otmechaem-prazdnik-urozhaya/> (data obrashcheniya 18.01.20)
23. Programma festivalya WineFest-2019 v Sevastopole [ehlektronnyi resurs] // Sredstvo massovoi informatsii setevoe izdanie «Sevastopol'skii Korrespondent» 2019. 23 sentyabrya, URL: <https://sevkor.ru/programma-festivalya-winefest-2019-v-sevastopole/> (data obrashcheniya 18.01.20)
24. Festival' tykv proidet 6 oktyabrya v Evpatorii [ehlektronnyi resurs] // Ob'yavleniya Kryma - doska besplatnykh ob'yavlenii 2019 02 oktyabrya, URL: <https://ok-crimea.ru/evpatoriya/afisha/2019/5141/festival-tykv-projdet-6-oktyabrya-v-evpatorii/> (data obrashcheniya 18.01.20)
25. Ofitsial'nyi sait V Krymskii festival' kofe i edy [ehlektronnyi resurs] URL: <https://coffeefestcrimea.ru> (data obrashcheniya 18.01.20)
26. Tortida 2019 Festival' konditerskogo i pekarskogo iskusstva [ehlektronnyi resurs] URL: <https://vk.com/tortidafest> (data obrashcheniya 18.01.20)
27. "Noyabr'fest" stal luchshim gastronomicheskim sobytiem Rossii v 2019 godu [ehlektronnyi resurs] // Setevoe izdanie RIA Novosti 2019. 17 noyabrya, URL: <https://ria.ru/20191117/1561044365.html> (data obrashcheniya 18.01.20)

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Бояркина Марина Андреевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые технологии и оборудование», ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299011, г. Севастополь, ул. Гоголя, 14. Тел.: +79781319799; E-mail: flower-marina@mail.ru

Boyarkina Marina Andreevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Food Technologies and equipment», Sevastopol State University, 299011, Sevastopol, Gogol Street, 14 Phone: +79781319799; E-mail: flower-marina@mail.ru

Прокопенко Ирина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые технологии и оборудование», ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299011, г. Севастополь, ул. Гоголя, 14. Тел.: +79785753568, E-mail: sevsu.tech@mail.ru

Prokopenko Irina Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Food Technologies and equipment», Sevastopol State University, 299011, Sevastopol, Gogol Street, 14 Phone: +79785753568, E-mail: sevsu.tech@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 15.02.2020

После рецензирования: 24.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020

ПОЛИТИЧЕСКИЕ НАУКИ | POLITICAL SCIENCES

Г. В. Косов [G. V. Kosov]¹Р. Н. Шангараев [R. N. Shangaraev]²

УДК 327

ПЕРЕСЕЧЕНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИНТЕРЕСОВ РОССИИ И ТУРЦИИ
НА ПОСТСОВЕТСКОМ ПРОСТРАНСТВЕTHE INTERSECTION OF RUSSIA – TURKEY STRATEGIC INTERESTS
IN POST-SOVIET SPACE¹Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Республика Крым, Россия
Sevastopol State University kossov1@yandex.ru²Дипломатическая академия МИД России, г. Москва, Россия
Diplomatic Academy of Ministry of Foreign Affairs of Russian Federation iamp.cwe@dipacademy.ru

Аннотация. Россия относит постсоветское пространство к сфере своих стратегических интересов. В свою очередь, Турция также наращивает свое политическое и дипломатическое присутствие на постсоветском пространстве, представляя себя как «старший брат» или как стратегический партнер для тюркских республик для того, чтобы усилить свои позиции в регионе и обеспечить себе роль медиатора в решении проблем и разрешении спорных ситуаций, что способствует усилению ее роли во внешнеполитических процессах и выражается в том числе в экспорте ценностей и культурной экспансии. Потенциал идеологической составляющей внешней политики Турции в значительной степени обусловлен ее стратегическими интересами по расширению своего влияния на постсоветском пространстве. Отдельно выделяются и рассматриваются территории усиленного сопряжения интересов России и Турции – страны Южного Кавказа.

Ключевые слова: Россия, Турция, Центральная Азия, постсоветское пространство, стратегические интересы.

Abstract. Russia refers the post-Soviet space to the sphere of its strategic interests. In turn, Turkey is also building up its political and diplomatic presence in the post-Soviet space, presenting itself as a “big brother” or as a strategic partner for the Turkic republics in order to strengthen its position in the region and secure itself the role of a mediator in solving problems and resolving disputed situations, which enhances its role in foreign policy processes and is expressed, among other things, in the export of values and cultural expansion. The potential of the ideological component of Turkey's foreign policy is largely determined by its strategic interests in expanding its influence in the post-Soviet space. The territories of enhanced conjugation of the interests of Russia and Turkey - the countries of the South Caucasus - are singled out and considered separately.

Key words: Russia, Turkey, Central Asia, post-Soviet space, strategic interests.

Введение. После распада СССР в 1991 году страны Центральной Азии и Кавказа вошли в сферу влияния Турции. В то же время Турция стала первой страной, установившей дипломатические отношения со странами Центральной Азии, отметив, что расценивает их как равных партнеров [1]. В 1992 году премьер-министр Турции Демирель заявил, что Узбекистан, Казахстан, Таджикистан, Туркмения и Киргизия заинтересованы в Турции. Это позволило бы расширить влияние Турции при неизменности границ. Другими словами, Турция могла бы расширить свое влияние от Адриатики до Великой Китайской стены. Премьер-министр отметил также, что все нации на Кавказе являются братьями турецкого народа [2].

Материалы, методы, результаты и обсуждения. Для развития межгосударственных связей в разных областях в регион были направлены специальные делегации и использованы такие внешнеполитические институты, как Турецкое агентство по международному сотрудничеству и координации, Совет по внешним экономическим отношениям. Кроме того, с 1992 года Турецкая Республика начала проводить саммиты глав тюркоязычных стран в целях создания новых условий для сотрудничества. В странах Центральной Азии начали активно открываться культурные центры, различные образовательные программы для школьников и студентов с последующим обучением в турецких вузах. В 1985 году эти страны вступили в Организацию экономического сотруд-

ничества (ОЭС), куда входят Турция, Иран и Пакистан. Включение новых членов в ОЭС дает новые возможности развития экономических отношений. Что касается народов, проживающих на Кавказе, Турция делала упор на схожие этническую и культурную составляющие. Однако подход так называемой турецкой «мягкой силы» подействовал не на все страны по причине нерешенных вопросов двустороннего формата. Например, в отношениях между Турцией и Арменией до сих пор остается острый вопрос признания геноцида армян. Украина рассматривается руководством Турции в качестве важного партнера, поскольку занимает геополитическую позицию между Россией и Европейским союзом (ЕС). Страны взаимодействуют также на площадках Организации Объединенных Наций (ООН), Организации по безопасности и сотрудничеству в Европе (ОБСЕ), Совета Европы и Организации черноморского экономического сотрудничества (ОЧЭС) [3].

В связи с приобретением Турцией социально-политического и экономического баланса для распространения своего влияния Турецкая Республика создала ряд институтов. Часть из них получила государственную поддержку, а другие стали каналами воздействия через неправительственные организации. Учитывая, что с приходом к власти Партии справедливости и развития так называемый умеренный ислам превратился в канал идеологического влияния, современная Турция взяла курс на утверждение своего авторитета во всем исламском ареале, тем самым как бы позиционируя себя выразителем интересов мусульманской уммы. Среди этих институтов существенную роль играют Турецкое агентство по сотрудничеству и координации (ТИКА), Ассоциация турецких промышленников и бизнесменов, Фонд им. Юнуса Эмре, Международная организация тюркской культуры, Совет Турции по научно-техническим исследованиям [4].

Турция была первой страной, признавшей независимость новых государств Средней Азии. В начале 90-х турецкие политики восторженно обсуждали возможности для «восстановления тюркского единства», а в СМИ появлялись новые термины: «узбекские турки», «киргизские турки», «татарские турки» или просто – «внешние турки». Для таких «внешних турков» активно создавались образовательные программы, на которых молодым выходцам из Средней Азии и Азербайджана рассказывали о преимуществах турецкого пути развития. За последние 20 лет турки предоставили 26 тысяч стипендий для тюркоязычных студентов как на территории самой Турции, так и в местных филиалов. Кроме того, во всех тюркоязычных республиках на постсоветском пространстве действуют турецкие спутниковые каналы. В начале 90-х экс-премьер-министр Турции Сулейман Демирель говорил, что у его страны появилась уникальная перспектива «определять политическое будущее мусульманских республик СНГ». Для реализации этой цели при турецком МИД даже было создано Агентство тюркского сотрудничества и развития (ТИКА), цель которого заключается в развитии отношений с тюркоязычными странами бывшего СССР [5].

Турецкое агентство по сотрудничеству и координации (ТИКА) было образовано в 1992 году. Оно функционирует как структурное подразделение аппарата премьер-министра Турции, регулярно занимается популяризацией учебно-образовательных и научных достижений Анкары и развитием тесного сотрудничества с тюркскими народами. Большие затраты и усилия прилагаются в области формирования совместного культурного и информационного пространства тюркских народов путем оказания дипломатического влияния, многосторонней помощи тюркским братьям, поддержания их стремлений по установлению более тесного контакта. Например, Турецкое агентство по сотрудничеству и координации организует конференции, концерты, выставки, фестивали, которые, в свою очередь, связаны с турецким языком, культурой и искусством, финансирует исследования и открытия в этих областях, открывает тюркологические центры в образовательных учреждениях тюркских республик, проводит учебные программы, консультации, направляет исследователей в тюркские республики и приглашает специалистов из-за рубежа. Среди вышеперечисленных функций в задачи ТИКА входит также содействие структурным преобразованиям, создание условий для быстрой интеграции государств и мест компактного проживания тюрков в мировое хозяйство. При выполнении этих функций представители ТИКА могут привлекать к участию в отдельных проектах государственные министерства, предприятия и банки, сотрудничать с международными организациями, включая ООН, и структурами отдельных зарубежных стран. Вместе с официальными турецкими организациями в процесс расширения зоны влияния государства активно включился частный торгово-промышленный капитал Турции.

В зону интересов ТИКА входят страны, расположенные в основном на евразийском пространстве, помимо этого имеются также координационные центры на Ближнем Востоке и в Африке. Среди стран Средней Азии выделяются: Кыргызстан, Казахстан, Узбекистан, Туркменистан, Таджикистан и Монголия; на Кавказе: Азербайджан и Грузия; среди стран Черного моря: Россия, Украина и Молдова; на Балканах: Румыния, Болга-

рия, Македония, Албания, Босния и Герцеговина, Косово; среди стран Средиземного моря: Турецкая Республика Северного Кипра; среди стран Африки: Нигер, Тунис, Ливия, Египет, Судан, Кения, Эфиопия, Сомали; в Южной Азии: Афганистан и Пакистан; на Ближнем Востоке: Йемен и Палестина. В вышеуказанных странах ТКА осуществляет свою деятельность посредством создания координационных центров, а в тех странах, где нет возможности или необходимости их создания, – посредством деятельности Посольства Турецкой Республики. На данный момент в 32 странах мира существуют координационные центры ТКА, из офисов которых турецкие программные координаторы руководят реализацией целей организации. Среди стран, где осуществляются указанные программы, реализуются преимущественно проекты, связанные со сферой развития человеческого капитала, путем предоставления финансовой, социальной и технической помощи.

Техническая помощь включает проведение специальных подготовительных программ, а также предоставление оборудования и услуг специалистов. Кроме того, ТКА продолжает реализовывать проекты, целью которых является развитие двусторонних отношений и расширения сотрудничества в сфере культуры.

Приступив к своей деятельности в 1992 году, в настоящее время ТКА превратилось в один из основных инструментов реализации «мягкой силы» Анкары на территории постсоветского пространства. В число главных задач Турецкого агентства по сотрудничеству и координации входят содействие социально-экономическому развитию стран – получателей помощи и продвижение положительного имиджа Турции, ее языка и культуры. Кроме того, ТКА выступает в качестве координатора совокупной международной помощи Турции, выделяемой по линии турецких министерств и ведомств, фондов, вузов, НПО и частного сектора. Общее число координационных офисов этой структуры за рубежом достигло 35 (в 32 странах мира), из них 9 расположены в СНГ (Украина, Молдавия, Грузия, Азербайджан, республики Центральной Азии).

Примечательно, что с 2002 года стоимость реализованных проектов в указанной страновой категории увеличилась в 7 раз, что наглядно свидетельствует о повышенном внимании к странам СНГ со стороны правящей Партии справедливости и развития.

Из конкретных примеров можно привести следующие.

1. Образование. «Большой учебный проект» – предоставление Анкарой стипендий для студентов из тюркоязычных стран и так называемых тюркских сообществ за рубежом (курировался Министерством образования с начала 1990-х гг. до 2010 г., сейчас находится в компетенции Управления по делам турок за рубежом и родственным общинам). За всё время существования данного проекта выделено 40 тысяч стипендий (ежегодный спрос на участие в нем составляет 45 тысяч человек, причем заявки подаются, как правило, через Интернет). Для всех зарубежных студентов действует общая медицинская страховка.

Отдельная программа предоставления стипендий в аспирантуре и докторантуре реализуется при содействии ТКА и Совета Турции по научно-техническим исследованиям.

2. Здравоохранение. Отдельным вектором оказания содействия странам СНГ в сфере здравоохранения стала организация стажировок в ведущих медицинских центрах Турции. В частности, подобные стажировки были устроены для врачей и медперсонала из Азербайджана (43 доктора и 29 медсестер), Казахстана (64 доктора) и Грузии (13 докторов и 7 медсестер).

3. Госуправление. Одним из направлений деятельности ТКА является отбор в странах-реципиентах и направление в Турцию сотрудников разных органов исполнительной, законодательной и судебной ветвей власти в целях повышения их профессиональной квалификации.

4. Экономика. Турция активно использует успехи туристической индустрии для обмена опытом в этой области со странами СНГ. Наиболее значительный проект – проведение обучающих тренингов для 360 сотрудников отелей, входящих в туристическую зону «Аваза» в Туркменистане.

5. СМИ. При содействии ТКА турецкая гостелерадиокомпания ТРТ запустила канал «ТРТ-Аваз» с вещанием на родных языках стран Центральной Азии. В рамках развития данного проекта Анкара организовала стажировку для сотрудников киргизского филиала телеканала. Кроме того, турки оказывают содействие в оснащении местных телеканалов необходимым оборудованием.

6. Водопользование. Одно из направлений деятельности ТКА – сооружение скважин, колодцев и труб для подачи питьевой воды.

7. Религия. При координации ТКА осуществляется распределение средств по линии Фонда Управления по делам религии Турции. Объекты получения такого рода помощи – исламские образовательные учре-

ждения (в том числе выплата заработной платы для преподавателей-теологов) стран СНГ, прежде всего теологические факультеты и созданные при них лицеи в вузах Азербайджана, Киргизии и Казахстана.

В целом, как представляется, все вышеперечисленные проекты, реализованные при прямом либо косвенном содействии ТІКА, наглядно демонстрируют ту значимость, которую Турция придает закреплению своего гуманитарного влияния на постсоветском пространстве и возможности потеснить Россию в сфере геополитического влияния в данном регионе.

Следует отметить тот факт, что нынешний глава турецкой разведки Хакан Фидан возглавлял ТІКА в период с 2003 по 2007 год [6].

С 2000-х годов ТІКА реализует проект «Тюркология». В проект включена 21 страна: Афганистан, Албания, Белоруссия, Босния и Герцеговина, Эстония, Палестина, Грузия, Индия, Казахстан, Киргизия, Косово, Латвия, Литва, Македония, Монголия, Узбекистан, Словакия, Сирия, Россия, Украина и Йемен. Согласно проекту в разных университетах мира были открыты кафедры по изучению Турции и тюркской культуры в целях повышения уровня заинтересованности Турцией у иностранных граждан. Например, в Лондонской школе экономики функционирует кафедра современных исследований Турции. Культурная дипломатия, проводимая ТІКА, находится в юрисдикции Министерства иностранных дел Турции. Министерство туризма и культуры также оказывает содействие и помощь в деятельности организации[7].

Ассоциация турецких промышленников и бизнесменов (TÜSİAD) была основана в 1971 году. TÜSİAD поддерживает независимое исследование и стратегические обсуждения важных социально-экономических проблем в Турции и за границей. Как и американский «Деловой круглый стол», TÜSİAD в основном состоит из генеральных директоров и руководителей крупных промышленных компаний и компаний сферы обслуживания в Турции. Основными задачами организации являются повышение квалификации предпринимателей, развитие малых, средних и крупных предприятий, а также развитие внутреннего и внешнего рынков во всех секторах.

Главный офис TÜSİAD расположен в Стамбуле (Турция), другие шесть представительств в Анкаре, Берлине, Брюсселе, Вашингтоне, округ Колумбия, Париже и Пекине.

Фонд им. Юнуса Эмре был создан в 2007 году при правительстве Турецкой Республики. Название Фонд получил в честь поэта периода Османской империи. Фонд предоставляет стипендии на летние курсы изучения турецкого языка. В рамках стипендиальной программы Фонда студенты изучают турецкий язык, посещают культурные достопримечательности страны и участвуют в социальных и культурных мероприятиях. Кроме того, студенты ежемесячно получают пособия на карманные расходы. На базе Фонда функционирует одноименный Институт им. Юнуса Эмре, который по своему подобию напоминает Институт Конфуция в Китае, Институт имени Паскаля во Франции или Институт имени Гёте в Германии, целью которых является популяризация культуры своей страны за рубежом. Были открыты 27 центров по всему миру, которые входят в Институт им. Юнуса Эмре.

Стоит отметить, что с 2012 года в России функционировали два таких центра: в Москве и Казани. Однако 3 декабря 2015 года центры при Институте им. Юнуса Эмре были закрыты [8]. Официальные причины названы не были. Есть вероятность, что такие меры были предприняты в качестве ответных действий Правительства РФ на сбитый турецкими военными в Сирии российский самолет.

Международная организация тюркской культуры (ТЮРКСОЙ) была создана по инициативе Турции как один из инструментов ее новой политики после распада СССР в целях продвижения и укрепления своего влияния в тюркском мире, обеспечения культурной интеграции тюркоязычных стран под эгидой Анкары. Организация позиционируется как тюркский аналог ЮНЕСКО, с которой у ТЮРКСОЙ имеется документ о сотрудничестве.

Учредительный договор о создании и принципах деятельности ТЮРКСОЙ был подписан 12 июня 1993 года в Нурсултане министрами культуры Азербайджана, Казахстана, Кыргызстана, Узбекистана, Туркменистана и Турецкой Республики. В качестве наблюдателей в организацию вошел ряд субъектов России: Татарстан, Башкортостан, Алтай, Саха, Тува, Хакасия. В перечень главных задач организации входят духовное укрепление и сближение тюркских народов и распространение тюркской культуры по всему миру. Деятельность организации координируется лидерами стран – членов ТЮРКСОЙ. Решения и программу организации определяет Постоянный совет министров культуры. ТЮРКСОЙ – сердце культурной жизни тюркского мира.

В декабре 2016 года было принято решение о создании в составе ТЮРКСОЙ Международного центра культурного наследия тюркских народов и об организации его главного офиса в Баку.

Организация ставит перед собой следующие цели:

- 1) признание и утверждение на региональном и международном уровнях приоритета духовного развития мирового сообщества, направленного на гуманизацию и стабилизацию международных отношений;
- 2) развитие и укрепление связей между тюркоязычными странами в сфере культуры и искусства, совместное осуществление в этих целях разных программ и проектов;
- 3) углубление научных исследований в области изучения истории, культуры и искусства тюркоязычных народов;
- 4) поддержка изучения молодым поколением национальной истории, родного языка, культуры и традиций своих народов.

ТЮРКСОЙ проводит музыкальные, театральные и фольклорные фестивали, конкурсы, научно-практические конференции, ведет издательскую деятельность и работу по созданию коллекции произведений современных художников тюркоговорящих государств.

Вопросы, касающиеся развития связей субъектов Российской Федерации с ТЮРКСОЙ и их участия в организации, представляются неоднозначными. ТЮРКСОЙ задумывалась в качестве одного из инструментов турецкой «мягкой силы» во вновь образовавшихся после распада СССР тюркоязычных странах СНГ [9]. В дальнейшем к ее работе был подключен ряд субъектов Российской Федерации с компактным проживанием тюркоязычных этносов. В последнее время деятельность организации смещается в сторону активной интеграции субъектов Российской Федерации в сообщество стран «тюркского мира». Как представляется, при взаимодействии российских регионов с ТЮРКСОЙ необходимо различать естественное стремление этнически близких народов к культурному сотрудничеству, с одной стороны, и прямую или косвенную пропаганду идей пантюркизма, попытки усиления здесь турецкого политического влияния, с другой стороны.

Совет Турции по научно-техническим исследованиям (ТЮБИТАК) был основан в 1963 году для оказания содействия развитию науки и передовых технологий и поддержку молодым ученым и исследователям. Руководящий научный совет состоит из известных турецких ученых. Основными задачами структуры являются выработка рекомендаций правительству по научным и исследовательским работам и разработка политики государства в области науки и инноваций.

ТЮБИТАК курирует различные инновационные и исследовательские работы и проекты, занимается их финансированием, изданием научных трудов, книг и журналов, выделяет стипендии отличившимся студентам и награждает ученых за заслуги в области науки. На сегодняшний день Турция осуществляет политику возвращения в страну ученых, которые живут и работают за границей, и в этом ей помогает ТЮБИТАК. Кроме того, в Турции функционирует Национальный исследовательский центр нанотехнологий. Турецкие ученые надеются, что исследования в этой области дадут серьезный толчок в развитии турецкой науки и техники.

Помимо всего прочего открываются турецкие культурные центры за рубежом. Их открытие находится в ведении Министерства иностранных дел и Министерства туризма и культуры Турецкой Республики. Задачами культурных центров являются распространение турецкой культуры, искусства и языка, взаимодействие с соотечественниками, которые проживают за границей, а также на основе культурной дипломатии создание двусторонних отношений между Турцией и другими государствами. На сегодняшний день культурные центры Турции открыты в Нурсултане, Аммане, Ашхабаде, Багдаде, Берлине, Ганновере, Дамаске, Иерусалиме, Сараеве, Тегеране и Франкфурте.

Отдельно стоит рассмотреть взаимоотношения Турции и Азербайджана на современном этапе. Стратегические партнеры Москвы – Анкара и Баку, которые выстраивают свои отношения в соответствии с провозглашенным третьим президентом Азербайджана Гейдаром Алиевым принципом «Одна нация – два государства», являются эталонный пример реализации турецкой внешнеполитической доктрины на постсоветском пространстве. Такое плотное сотрудничество Азербайджана и Турции может представлять угрозу для России. В Баку и других азербайджанских городах на проходящих в последнее время митингах в поддержку армии и войны можно услышать уже классический для Азербайджана политический лозунг: «Rus-fars Ermeni – bunlar Türkün-düşmeni», что переводится как «Русские, иранцы и армяне – враги тюрков» [10]. Риторика уличных активистов показывает, что вековое противостояние России и Турции вовсе никуда не исчезло, а лишь обрело

новые формы. Главное пересечение стратегических интересов между Москвой и Анкарой разворачивается уже больше в умах и сердцах граждан бывших советских республик.

Помимо очевидной претензии на роль регионального лидера, которую Анкара пытается претворить в жизнь, вмешиваясь в многочисленные военные конфликты на Ближнем Востоке, руководство страны ставит перед собой еще одну важную цель. Турция рассчитывает стать безусловным лидером среди стран с тюркоязычным населением. Именно здесь интересы Анкары напрямую сталкиваются с интересами Москвы. Ведь тюркоязычные страны – Азербайджан, Узбекистан, Казахстан, Киргизия и Туркменистан – это пространство геополитических интересов России, которая надеется сохранить свое влияние и усилить его в регионе.

Амбиции Анкары воплощаются через созданный в 2009 году Тюркский совет – организацию всех, за исключением Туркменистана, современных представителей тюркского мира. Показательным является высказывания Эрдогана после прошедшего в октябре 2019 года очередного заседания совета: «До сегодняшнего дня мы говорили «Одна нация – два государства». Вчера я заявил, что теперь мы стали одной нацией, пятью государствами. Дай Бог, Туркменистан тоже примкнет к нам, и таким образом мы станем одной нацией, шестью государствами, усилим совместное сотрудничество в регионе» [10].

Очевидно, предполагая, что рано или поздно политика нео-османизма может столкнуться с противодействием со стороны России, Турция внимательно следит за реакцией Москвы по наиболее чувствительным для нее точкам. Речь идет как о выстраивании гуманитарных контактов с тюркоязычными коренными народами России – татарами, башкирами, якутами и т.д., так и о наращивании влияния в странах, с которыми отношения у Москвы не сложились.

Так, например, активно развиваются отношения Турции и Грузии. Последняя уже принимает участие в совместных азербайджано-турецких военных маневрах. Растет и экономическое сотрудничество: здесь можно вспомнить о нефтепроводе Баку – Тбилиси – Джейхан, а также о массивных турецких инвестициях в мусульманский регион Грузии Аджарию. В конце концов, именно Турция сейчас занимает место главного торгового партнера и инвестора Грузии.

С 2014 года укрепляются отношения Анкары и Киева. Турция отказывается признавать итоги референдума, по итогам которого Крымский полуостров стал частью России. А крымско-татарская диаспора на Украине до сих пор играет ключевую роль в налаживании украинско-турецких отношений.

Между тем Азербайджано-армянский конфликт, давно позабытый мировым сообществом, неожиданно вспыхнул вооруженным противоборством, самым серьезным с апреля 2016-го года. Новая эскалация конфликта между Арменией и Азербайджаном 2020 г., отличается от предыдущих резкой активизацией Турции [11], которая заявила о готовности полностью поддерживать Азербайджан в реальных боях с Арменией. О готовности турецких сил заявил министр национальной обороны Хулуси Акар, его слова приводит агентство «Анадолу» [12]. Данное обстоятельство является прямым вмешательством в российские стратегические интересы, потому что регион является приграничной территорией России и находится в зоне особого внимания Москвы, которая традиционно являлась медиатором в карабахском кризисе.

Впрочем, говорить о безоговорочных успехах турецкой внешней политики на постсоветском пространстве пока не приходится. Страны Средней Азии сохраняют прочные связи с Россией, и даже наиболее близкие к Турции Азербайджан и Казахстан стараются выстраивать внешнюю политику, балансируя между интересами Анкары и Москвы. Тем не менее, от своих попыток по построению тюркского мира Турция вряд ли когда-нибудь откажется. Особенно при том империалистически настроенном руководстве, которое возглавляет республику на современном этапе.

В заключении можно отметить, что Турция, обладая достаточно динамично развивающейся региональной и мировой экономикой, является соседом России и более 20 лет была ее важным внешнеторговым, а значит и политическим партнером.

Последствия кризиса в отношениях с Россией, которые уже выразились в прямых расчетах стоимости аннулированных контрактов, нужно экстраполировать на средне- и долгосрочную перспективу. Турция уже потеряла значительную долю российского рынка, который являлся для нее приоритетным по официально принятой долгосрочной экспортной стратегии страны. Для дальнего экономического развития и усиления своих позиций в регионе Турции необходимо продолжать сотрудничество с Россией.

Изменения миропорядка открывают для России и Турции новые перспективы взаимовыгодного многоуровневого сотрудничества в различных сферах (энергетической, политической, торгово-экономической), но

турбулентная система международных отношений, политические амбиции Турции, расстановка сил и активное вмешательство в двусторонние отношения США, которые в свою очередь все еще стремятся укрепить свое влияние в регионе путем ослабления региональных игроков, являются стратегическими препятствиями для полноценного партнерства.

Будучи членом военно-политического блока НАТО и опираясь на поддержку США[13], Турция принимает самое деятельное участие в большинстве региональных политических и экономических проектов, активно вмешивается в дела Ближневосточного, Южно-Кавказского, Центрально-Азиатского и Североафриканского регионов, пытается усилить свою роль и за их пределами, что зачастую пересекается с национальными интересами России[14].

Однако на фоне усиления роли энергетического фактора в международной политике партнерство в топливно-энергетической сфере, безусловно, является ключевым направлением в российско-турецких отношениях на протяжении многих лет, и, несмотря на происшедшие события, остается таковой. Примечательно, что принципиальные параметры и стратегические цели секционного сотрудничества России и Турции сохранились. Несмотря на кризисы в двусторонних отношениях, «Голубой поток» не переставал работать, а турецкая сторона в четвертом квартале 2015 года даже увеличила объемы закупок российского газа на 1 млрд куб. м по сравнению с декабрем 2014 года.

Заключение. В заключение можно сказать, что мир очень изменился, страны несравнимо более сильно взаимосвязаны, чем сто лет назад, поэтому проблема согласования национальных и глобальных интересов актуальна как никогда. Необходимость, прежде всего для лидеров государств, тщательно взвешивать каждый шаг на международной арене, избегая скоропалительных решений авантюристического характера и принимать во внимание те потери, которые может вызвать втягивание страны в любой кризис и противостояние. Однако необходимо понимать, что, у каждого государства существуют национальные и стратегические интересы, которые лидеры этих стран должны проводить и защищать прежде всего, даже несмотря на дружественные отношения между ними [14].

ЛИТЕРАТУРА

1. Шлыков П.В. Национальная модель демократии и гражданского общества в Турции: динамика и основные детерминанты/ П.В. Шлыков // Ислам на Ближнем и Среднем Востоке. – 2015. – № 9. – С. 246.
2. Мозлов А.Т. Координаты сотрудничества России и Турции в современных условиях / А.Т. Мозлов // Турция: новые реалии во внутренней политике и участие в региональных геополитических процессах. – М., 2014. – С. 137. (Сер. «Книги и брошюры ИМИ»).
3. Сафонкина Е.А. Турция как новый актер политики «мягкой силы» / Е.А. Сафонкина / Материалы конференции «Турецкое влияние на постсоветском пространстве» // Мусульманский мир. – 2014. – № 3. – С. 113.
4. Обыграть Москву: как Анкара строит тюркский мир // https://www.gazeta.ru/politics/2020/07/18_a_13157329.shtml
5. Шеф национальной разведывательной организации (МИТ) Турции Хакан Фидан. URL: <http://www.fssb.su/foreign-special-services/2654-shef-nacionalnoy-razvedyvatelnoy-organizacii-mit-turcii-hakan-fidan.html>.
6. Мухаметдинов Р.Ф. Идеино-политические течения в постсоветском Татарстане (1991–2006 гг.). / Р.Ф. Мухаметдинов. – Казань: Тамга, 2006. – С. 50.
7. Семягин Д. Первая жертва турецкого кризиса в РТ: в КФУ приостановлена работа Института Юнуса Эмре / Д. Семягин, Г. Зарипова, М. Матвеев // Реальное время. – 2015. – 3 дек. URL: <http://realnoevremya.ru/today/18992>.
8. Белякова Н.С. Динамика изменения российского вектора внешней политики в официальных документах Турецкой Республики / Н.С. Белякова // Актуальные проблемы и достижения в общественных науках: сб. науч. трудов по итогам Междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 31-33.
9. Обыграть Москву: как Анкара строит тюркский мир // https://www.gazeta.ru/politics/2020/07/18_a_13157329.shtml
10. Турция подталкивает Азербайджан к войне с Арменией – российский востоковед // <https://eadaily.com/ru/news/2020/07/22/turciya-podtalkivaet-azerbaydzhan-k-voynе-s-armeniy-rossiyskiy-vostokoved>
11. Турецкая армия заявила о готовности поддерживать Азербайджан в боях с Арменией // https://lenta.ru/news/2020/07/15/tyrki_s_az/
12. Иванов О.П. Россия и НАТО: точка невозврата / О.П. Иванов // Научно-аналитический журнал «Обозреватель Observer». – 2015. – № 1(300). – С. 5-16.
13. Шангараев Р.Н. – "Мутализм" или особенности внешней политики Турции в отношении России / Р.Н. Шангараев // Вопросы безопасности. – 2017. – № 1. – С. 45-54. DOI: 10.7256/2409-7543.2017.1.21840 URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=21840

REFERENCES

1. Shlykov P.V. Nacional'naya model' demokratii i grazhdanskogo obshchestva v Turcii: dinamika i osnovnye determinanty / P.V. Shlykov // Islam na Blizhnem i Srednem Vostoke. – 2015. – № 9. – S. 246.
2. Mozloev A.T. Koordinaty sotrudnichestva Rossii i Turcii v sovremennykh usloviyakh / A.T. Mozloev // Turkiya: novye realii vo vnutrennej politike i uchastie v regional'nykh geopoliticheskikh processakh. – M., 2014. – S. 137. (Ser. «Knigi i broshyury IMI»).
3. Safonkina E.A. Turkiya kak novyj aktor politiki «myagkoj sily» / E.A. Safonkina / Materialy konferencii «Tureckoe vliyanie na postsovet'skom prostranstve» // Musul'manskij mir. – 2014. – № 3. – S. 113.
4. Obygrat' Moskvu: kak Ankara stroit tyurkskij mir // https://www.gazeta.ru/politics/2020/07/18_a_13157329.shtml
5. SHef nacional'noj razvedyvatel'noj organizacii (MIT) Turcii Hakan Fidan. URL: <http://www.fsb.su/foreign-special-services/2654-shef-nacionalnoy-razvedyvatel'noj-organizacii-mit-turcii-hakan-fidan.html>.
6. Muhametdinov R.F. Idejno-politicheskie techeniya v postsovet'skom Tatarstane (1991–2006 gg.). / R.F. Muhametdinov. – Kazan': Tamga, 2006. – S. 50.
7. Semyagin D. Pervaya zhertva tureckogo krizisa v RT: v KFU prirestanovlena rabota Instituta YUnusa Emre / D. Semyagin, G. Zaripova, M. Matveev // Real'noe vremya. – 2015. – 3 dek. URL: <http://realnoevremya.ru/today/18992>.
8. Belyakova N.S. Dinamika izmeneniya rossijskogo vektora vneshnej politiki v oficial'nykh dokumentakh Tureckoj Respubliki / N.S. Belyakova // Aktual'nye problemy i dostizheniya v obshchestvennykh naukah: sb. nauch. trudov po itogam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – 2016. – S. 31-33.
9. Obygrat' Moskvu: kak Ankara stroit tyurkskij mir // https://www.gazeta.ru/politics/2020/07/18_a_13157329.shtml
10. Turkiya podtalkivaet Azerbaydzhan k vojne s Armeniej – rossijskij vostokoved // <https://eadaily.com/ru/news/-2020/07/22/turciya-podtalkivaet-azerbaydzhan-k-vojne-s-armeniey-rossiyskiy-vostokoved>
11. Tureckaya armiya zayavila o gotovnosti podderzhivat' Azerbaydzhan v boyah s Armeniej // https://lenta.ru/news/2020/07/15/tyrki_s_az/
12. Ivanov O.P. Rossiya i NATO: tochka nevozvrata / O.P. Ivanov // Nauchno-analiticheskij zhurnal «Obozrevatel'-Observer». – 2015. – № 1(300). – S. 5-16.
13. Shangaraev R.N. – "Mutalizm" ili osobennosti vneshnej politiki Turcii v otnoshenii Rossii / R.N. Shangaraev // Voprosy bezopasnosti. – 2017. – № 1. – S. 45-54. DOI: 10.7256/2409-7543.2017.1.21840 URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=21840

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Косов Геннадий Владимирович, доктор политических наук, профессор, заведующий кафедрой «Международные отношения и зарубежное регионоведение», Севастопольского государственного университета, kossov1@yandex.ru

Kosov Gennady V., Doctor of Political Science, Professor, Head of the Department of International Relations and Foreign Regional Studies, Sevastopol State University, kossov1@yandex.ru

Шангараяев Руслан Насимович, кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного управления во внешнеполитической деятельности, Дипломатической академии МИД России, iamp.cwe@dipacademy.ru

Shangaraev Ruslan N., PhD in Economics, Associate Professor, Department of Public Administration in Foreign Policy, Diplomatic Academy of Ministry of Foreign Affairs of Russian Federation, iamp.cwe@dipacademy.ru

Дата поступления в редакцию: 15.02.2020

После рецензирования: 24.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020

А. С. Константинова [A. S. Konstantinova]¹М. М. Абазалиева [M. M. Abazalieva]²

УДК 327

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ КАК ГЛАВНЫЙ РЕСУРС
И КОНСТРУКТ ПОЛИТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ****INFORMATION COMPONENT AS THE MAIN RESOURCE AND CONSTRUCT
OF POLITICAL MANAGEMENT**¹Пятигорский государственный университет; E-mail: konst_2002@rambler.ru
Pyatigorsk State University; E-mail: konst_2002@rambler.ru²Северо-Кавказская государственная академия; E-mail: abazalieva@mail.ru
North Caucasus State Academy; E-mail: abazalieva@mail.ru

Аннотация. Современное понимание информационной безопасности в качестве категории политологической науки должно детерминироваться своеобразием политических событий, которые отражают связь трансформационных процессов не только через призму политической власти, но и относительно тех субъектов политики, действия которых не вписываются в институциональные рамки политического процесса. Термин «информационная безопасность» – принципиально более широкое понятие, чем распространенный синоним «защита информации», поскольку информационную безопасность необходимо рассматривать на микроуровне и макроуровне. Под первым справедливо подразумевается механизм контроля над соблюдением баланса равноправия в обществе, под вторым – использование информационного оружия в целях информационного превосходства.

Ключевые слова: информационная безопасность, политика государства, безопасность личности, информационное общество.

The modern understanding of information security as a category of political science should be determined by the peculiarity of political events that reflect the connection of transformational processes not only through the prism of political power, but also in relation to those political actors whose actions do not fit into the institutional framework of the political process. The term "information security" is a fundamentally broader concept than the common synonym "information security", since information security must be considered at the micro and macro levels. The first is rightly understood as a mechanism for monitoring the balance of equality in society, while the second is the use of information weapons for the purpose of information superiority.

Key words: information security, state policy, personal security, information society.

The concept of the information society was continued in political science, political practice and enriched the theory of political security, which received a new sound from the end of the 20th century, due to the increased threat of terrorism and the escalation of the ethnic component of political conflicts. For example, Pentagon analysts were forced to state that information war methods were used in the terrorist attacks carried out in the autumn of 2001 [1, 43]. Researchers in the context of the issue under discussion under information confrontation traditionally mean “inflicting damage on the enemy (rival, competitor) through the use of information technology (information technology) and protection from such enemy actions, counteracting them” [4, 206].

In our opinion, the creation of an information advantage remains the strategic goal of information warfare. And in the broadest sense, information war is an integral part of information confrontation, since the actions of the participants in the confrontation can take an offensive nature (in the form of war or other aggression). It turns out that information war is the most acute form of information confrontation and confrontation, when media forces are used, the purpose of which is through media types of weapons (these can be satellite transmitters, digital cameras, the Internet, journalists serving propaganda platforms, etc.) - to ensure the passage and / or a stakeholder policy victory.

As Russian scientists write, “the introduction of new technologies in all spheres of human activity is rightly perceived by the scientific community as a qualitative leap in the development of human civilization” [5]. But information confrontation and information wars neutralize a qualitative leap in the development of modern society, since broad informatization and flexibility, the dynamism of the structures of using information resources have created a qualitatively different situation when the course and outcome of political clashes both within the state and at the inter-

national level are predetermined by the art of information management. confrontation. As a result, as the researchers note, “another paradox of the political agenda is revealed: wishing to preserve liberal values, democracy loses its position” [2, 142].

As a result, at present, a geostrategic information confrontation has developed between the leading powers of the world for the priority in the possession of information potential, in ideological-political, military-informational and political-economic influence in the world. This aspect was noted in the President of Russia V.V. Putin, who called the risk of a large-scale confrontation in the digital environment as one of the strategic challenges of our time, and in September 2020 made a statement on a comprehensive program of measures to restore Russian-American cooperation in the field of international information security. The President noted that a special responsibility for its prevention lies with the key players in the field of international information security [3]. Thus, having studied the new views of the leaders of globalization on the possibilities of using the technologies of the information society, we can conclude that information resources are political resources that play a special role in modern international relations. And national security, in turn, is closely related to the information strategy of countries at the national and international levels.

Information confrontation has become an effective tool for achieving strategic goals in completely different spheres of life of the state and society, which at first glance are very far from politics. For example, it can be computer games, learning which users learn a lot of knowingly distorted information about the history of Russia. Such information “shifters” are carried out through activities that are aimed at preparing the consciousness of young people for the moral superiority of other countries, and are designed to form a favorable information environment for further ideological expansion. Consequently, the objects of influence in the information confrontation can become not only the top political leadership, as it is traditionally believed, but public consciousness and opinion in general, the political resources of society, which greatly facilitates further “perception management”.

The above allows you to determine the main range of information security objects:

- firstly, it is a separate individual (ideological foundations, as well as the rights and freedoms of an individual);
- society (ideological foundations, material and spiritual values);
- the state (national security: the integrity of the state, the inviolability of its foundations, the protection of its population);
- the international community (global security), etc.

Further classification of information security implies the consideration of subjects that infringe on the information security of an individual or society:

1) on the scale of the nation state:

- the state represented by the media, QMS,
- organizations,
- an individual, etc.

2) on an interstate scale:

- government organizations,
- non-governmental organizations, etc.

3) on an international scale:

- transnational corporations and organizations,
- international government organizations,
- international non-governmental organizations of various orientations, etc.

It is possible to classify information security according to demand in the following areas:

- socio-cultural,
- political and economic,
- military-strategic,
- industrial,
- in the field of scientific research in various fields, etc.

The proposed classifications indicate that information threats are divided into three large categories by the methods of impact on the security object:

1) political and ideological (aimed at a negative impact on the individual and collective consciousness, as, for example, in the case of recruitment by religious radical organizations),

2) political and economic (intended for the purpose of economic pressure in order to undermine the stability of political governance and / or the acquisition of economic benefits, etc.),

3) information technology (hacking and deformation of information technology systems).

The last category of information security considered by us serves for the collection of information with subsequent use in the interests of the first two categories of threats and, accordingly, should additionally reflect a direct connection with such global areas as:

- political and economic,
- geopolitical,
- military intelligence,
- military-political, etc.

As a result, modernity states the growth in the world of political problems of various levels and scales, determined by the information confrontation of countries, which has intensified in recent decades and the intensity of which will only increase in parallel with further advances in science and technology in the field of information technology. Hence the meaning that is traditionally invested in the term "information security" is outdated, since the information sphere has begun to play a key role in ensuring political stability in the country, which corresponds to the course of defense and national security of any state. The information component has become one of the main resources and constructs of political control and influence at different levels and scales.

The entire history of human development speaks of the growing importance of the role of information in ensuring the safety of the individual and society. But in the era of globalization, security at all levels and spheres of human life has become increasingly dependent on the targeted generation of certain information, on the content and direction of its flow, on the demand and goals of the actors who create or use it. The interests of civil society require the observance of fundamental rights and freedoms both in the field of obtaining and using various information, as well as protection against information attacks that accompany the activities of criminal organizations, such as terrorist organizations, or other illegal entities that use the communication capabilities of the information space for mercenary purposes. An equally urgent problem remains the use of modern political technologies with the use of an information block to destabilize the internal political and social situation in other countries, to undermine the territorial integrity or spiritual sphere of the opposing side.

Stating the phenomenon of the information society, accompanied by stable changes in the information component of political processes and starting from the system analysis of the concept of security, we assume that in the conditions of the information society the concept of security has transformed as a whole: all aspects of security, including national security, began to depend on the properties of information and information technology. Having supplemented the Braudel paradigm, based on the "time of long duration" with the paradigm of the quantitative increase in elements affecting the security of political systems, political regimes, etc., we can conclude that there is an unstable, poorly predictable environment in the information society due to the action of policy actors whose goal-setting is not transparent, moreover, it is criminal. This role can be played, for example, by terrorist organizations or cartels that are part of organized crime of various, including international, level.

Therefore, the new security paradigm, based on the environmental basis, reveals, on the one hand, the contradictions that arise in the study of an unexpressed, but objectively existing sphere of danger, on the other hand, indicates that contradictions arise, including as a result of a qualitative change in the object itself. danger, its forms and functions, structures and purposes. The thesis of the new security paradigm has a direct connection with the "society of changing the direction and content of the flow of information", which can be both national states and international organizations. These can be subjects of geopolitical interests, international governmental and non-governmental organizations, separate organizations or states, it can be artificially caused migration processes or a protest situation, etc. At the same time, there is not only a certain risk of impossibility to predict new threats in dynamic and chaotic information environments, but also events in the political component of the "society of changing the direction and content of information flow".

The essence of the new information paradigm lies in the fact that not a single area of modern life can do without a developed information component, and the information component has become one of the main resources and constructs of political control and influence at different levels and scales. The essence of information, as an integral part or component of political events, should be reflected in the understanding of information security, which makes it relevant to consider information security as a political category. The information component of the modern era transforms

not only political institutions with political relations, but also the forms, mechanisms, technologies of influencing the political world, society as a whole, determining new aspects of the study of political reality, closely related in all respects to the realities of the information society.

Thus, information security from a political science perspective can be characterized as a phenomenon of security in society, changing the direction and content of the flow of information towards the desired mobilization, transforming events on the political stage in the right direction. And one of the conditions for optimal consideration of information security is the ability to deeply study various types of threats to national security, in which there is an information aspect.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонова Я.С. Информационная безопасность российского общества: теоретические основания и практика политического обеспечения: автореф. дис. ... д. полит. наук. / Я.С. Артамонова. – М., 2014. – 359 с.
2. Боташева А.К. Теория хаоса и политический анализ: взгляд сквозь призму непредсказуемости политических событий / А.К. Боташева // Современная наука и инновации. – 2018. – № 2(22). – С. 142-145.
3. Латухина К. Путин предложил США обмен гарантиями невмешательства во внутренние дела. URL: <https://rg.ru/2020/09/25/putin-predlozhl-ssha-obmen-garantiiami-nevmeshatelstva-vo-vnutrennie-dela.html>
4. Шевцов В.С. Информационное противоборство в глобализирующемся мире: актуальность, дифференциация понятий, угрозы политической стабильности / В.С. Шевцов // Вестник университета. – 2015. – № 5. – С. 206-211.
5. Botasheva A.K. Digital Environment, Information Systems and Robotics: an absolute Benefit or a new Economic and Political Threat? / A.K. Botasheva, S.V. Anufrienko, I.B. Andish, O.V. Yefimova, M.A. Dyakonova // Iop Conference series: Materials Science and Engineering. – 2020. – С. 012003. DOI: 10.1088/1757-899X/828/1/012003

REFERENCES

1. Artamonova Ya.S. Informacionnaya bezopasnost' rossijskogo obshchestva: teoreticheskie osnovaniya i praktika politicheskogo obespecheniya: avtoref. dis. ... d. polit. nauk. / YA.S. Artamonova. – M., 2014. – 359 s.
2. Botasheva A.K. Teoriya haosa i politicheskij analiz: vzglyad skvoz' prizmu nepredskazuemosti politicheskikh sobytij / A.K. Botasheva // Sovremennaya nauka i innovacii. – 2018. – № 2(22). – S. 142-145.
3. Latuhina K. Putin predlozhl SSHA obmen garantiyami nevmeshatel'stva vo vnutrennie dela. URL: <https://rg.ru/2020/09/25/putin-predlozhl-ssha-obmen-garantiiami-nevmeshatelstva-vo-vnutrennie-dela.html>
4. Shevcov V.S. Informacionnoe protivoborstvo v globaliziruyushchemsya mire: aktual'nost', differenciaciya ponyatij, ugrozy politicheskoy stabil'nosti / V.S. Shevcov // Vestnik universiteta. – 2015. – № 5. – S. 206-211.
5. Botasheva A.K. Digital Environment, Information Systems and Robotics: an absolute Benefit or a new Economic and Political Threat? / A.K. Botasheva, S.V. Anufrienko, I.B. Andish, O.V. Yefimova, M.A. Dyakonova // Iop Conference series: Materials Science and Engineering. – 2020. – S. 012003. DOI: 10.1088/1757-899X/828/1/012003

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Константинова Анна Сергеевна, кандидат филологических наук, доцент кафедры журналистики, медиакоммуникаций и связей с общественностью Пятигорского государственного университета; тел.: 89283777906; E-mail: konst_2002@rambler.ru

Konstantinova Anna Sergeevna, Candidate of Philological Sciences, associate Professor of the Department of Journalism, Media Communications and Public Relations of Pyatigorsk State University; Phone: 89283777906; E-mail: konst_2002@rambler.ru

Абазалиева Мадина Мухтаровна, кандидат политических наук, доцент, доцент кафедры философии и гуманитарных дисциплин Северо-Кавказской государственной академии; тел.: 89283921456; E-mail: abazalieva@mail.ru

Abazalieva Madina Mukhtarovna, Candidate of Political Sciences, Associate Professor, Professor of Philosophy and Humanitarian Disciplines Department of North Caucasus State Academy; Phone: 89614833806; E-mail: abazalieva@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 15.02.2020

После рецензирования: 24.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020

А. А. Албогачиев [A. A. Albogachiev]¹
 М. М. Хаматханова [M. M. Khamatkhanova]¹
 Р. Б. Гандалоев [R. B. Gandaloev]^{1,2}

УДК 340.12

СУЩНОСТЬ И СОВРЕМЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПОНЯТИЯ «ПОЛИТИЧЕСКОЕ ЕДИНСТВО»

THE ESSENCE AND MODERN CONTENT OF THE «POLITICAL UNITY» CONCEPT

¹Ингушский государственный университет, Республика Ингушетия, Россия, e-mail: ing-gu@mail.ru

¹Ingush State University, Republic of Ingushetia, Russia, e-mail: ing-gu@mail.ru ing-gu@mail.ru

²Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Москва, Россия, e-mail: RusSud@bk.ru

²Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Moscow, Russia, e-mail: RusSud@bk.ru

Аннотация. В статье рассматривается понятие политического единства в рамках диалектического понимания сути единства как процесса внутренней интеграции основ политической и национальной безопасности. В рамках традиционных научных подходов само понятие «единство» может представлять собой многозначную функциональную категорию исследования, которая условно политизирует практически все происходящие в России процессы. Выделены типы политического и социального взаимодействия как основа для формирования содержания политического единства в контексте разработки стратегий национальной безопасности России. Авторами представлен обзор концептуальных особенностей трансформации категорий политического единства в рамках происходящих социально-экономических процессов общества, политизирующих все сферы жизнедеятельности современной России. Выводом статьи является обоснование содержания политического единства как фактора национальной безопасности, позволяющего регулировать внутренние политические процессы в достаточно нестабильный период ускоряющихся политических реформ.

Ключевые слова: единство, борьба противоположностей, политическое единство, политическая безопасность, национальная безопасность.

Annotation. The article actualizes the concept of political unity within the framework of a dialectical understanding of the essence of unity as a process of internal integration of the foundations of political and national security. Within the framework of traditional scientific approaches, the very concept of "unity" can represent a multi-valued functional category of research, which conditionally politicizes almost all the processes taking place in Russia. The types of political and social interaction are identified as the basis for forming the content of political unity in the context of developing national security strategies in Russia. The author presents an overview of the conceptual features of the transformation of categories of political unity within the framework of ongoing socio-economic processes of society that politicize all spheres of life in modern Russia. The conclusion of the article is the substantiation of the content of political unity as a factor of national security, which allows regulating internal political processes in a rather unstable period of accelerating political reforms.

Key words: unity, struggle of opposites, political unity, political security, national security.

Введение. Актуальность темы понимания в научном аспекте такой категории как «политическое единство» на современном этапе претерпевает значительные изменения и характеризуется трансформацией не только политических вопросов, но и интеграцией данного понятия в различные сферы жизнедеятельности современной России (от государственной до социально-экономической структуры любого политического явления).

Научное объяснение различных сторон общественной жизни и закономерностей их взаимосвязей в традиционной интерпретации на междисциплинарном уровне использует методологию «парных категорий». Концептуальные основы понятия «единство» как полного схождения политических взглядов, общности позиций, политической сплоченности партии, движений, народа и т.д. [9], в современной научной школе трансформируются как трактовка «единство и борьба противоположностей», или состоянию общества, при котором различные социальные группы достигают консенсуса, сбалансированности по политическим вопросам. Универсальность

данного подхода заключается в том, что методологически любое явление находится в биполярном ракурсе процесса непрерывного развития, при этом изменяясь на любых стадиях данного процесса в противоположности моментов, в противоречивости или единства между ними.

Методы, результаты и обсуждения. В политических дискуссиях почти всегда доминируют вопросы общности – что мы должны иметь общего в лучшем государстве, но также и то, что мы не должны разделять. То, что у нас есть общего, делает нас одинаковыми в некотором отношении, а то, что у нас нет общего, делает нас разными. Еще Аристотель высказывал мнение о том, что равенство и неравенство следуют за одинаковостью и различием, то, что у нас есть общего, делает нас равными (в некотором отношении), а то, что у нас нет общего, делает нас неравными. Аристотель считал политическое единство полезным и полагал, что оно поощряется, когда мы обмениваемся благами (которые не обязательно должны быть материальными). Поэтому, чтобы создать единство, мы должны иметь различные товары для обмена, а это значит, что у нас не будет всего общего. Поскольку то, что мы не разделяем (или разделяем меньше), делает нас разными и неравными, мы должны вступать в отношения обмена как неравные в некоторых отношениях.

Если, например, мы не разделяем поровну богатства, мы будем экономически неравны, а если мы не разделяем поровну добродетели, мы будем морально неравны. Аристотель считал, что некоторые формы неравенства ведут к фракционности и угрожают единству и выступал за сохранение определенных неравенств [1].

Таким образом, в некотором диссонансе может быть представлена такая точка зрения – создание политического единства через неравенство, и в частности через неравенство добродетели, которое Аристотель приписывает тем, кто правит, и тем, кем управляют. В центре дискуссии находятся три вопроса: какое единство выгодно политической общности, почему государство должен иметь меньшую степень единства, чем отдельный человек и какого рода неравенство должно служить основой политического единства [1, там же].

Именно в рамках данного рассуждения мы можем выделить основную **проблему исследования** – в отсутствии формальных условий категоризации понятия политического единства, выделения специфики взаимосвязей общественных процессов, формирующих политическую безопасность в политическом единстве, либо, наоборот, создающих угрозу национальной безопасности.

Анализ последних публикаций, рассматривающих категорию единства в политическом аспекте, позволил выделить то, что на современном этапе обнаруживается незначительное количество исследований в рамках выделения сущности и содержания понятия политического единства, и все они рассматривают данную категорию как некоторую политическую трансформацию партийных систем России с советского периода по развития современной России. Однако нам представляется, что данное понятие гораздо глубже рассматриваются социальными науками, философией и психологией, результаты исследований которых используются в современных политических науках в том числе. Особенно важно выделить суть политического единства в структуре политической безопасности. В рамках рассматриваемого вопроса интересно исследование А.В. Возженикова, Д.Л. Цыбакова, В.И. Филонова [5], в котором они определяют характер изменений политики военно-политических стратегий мировых держав в условиях глобализации. В аспекте соотношения политического единства с политическими реформами интересны работы Р.Б. Гандолоева [6], в которых раскрывается политико-правовой анализ института гражданства в РФ, который мы можем рассматривать в контексте с государственным единством А.Н. Аверьянов [2] рассматривает системное познание мира в аспекте соотношения его с социальным единством, на основе данного анализа представляется возможным выделить формы политического единства по типу взаимодействия. В то же время, некоторые авторы в своих исследованиях характеризуют политическое единство как результат достижения внутриэлитного консенсуса, с предпосылкой идеи, что элитные группы являются основным социальным субъектом власти и управления в современном российском обществе [8].

Выделение нерешенных вопросов проблемы понимания сущности и содержания понятия политического единства как категории современной политологии позволяет определить невозможность отделения данного понятия от общей структуры политической безопасности, государственного единства, целостности и других категорий.

Более глубинное осознание современной общественной динамики может представляться различными понятиями на стыке различных смежных областей знания (истории, политологии, социологии и др.), что позволяет рассматривать изучаемую категорию «политическое единство» как междисциплинарное понятие. К таким понятиям могут соотноситься следующие дефиниции: «политическое единство – политическая дополнительность – политическая оппозиционность – политическая напряженность».

Вышесказанное позволяет обосновать основную **цель исследования** – анализ специфики научного содержания и практической альтернативности понятия политического единства в рамках происходящих в современной России динамичных общественных процессов, вовлекающих в государственный и общественный сектор все больше политики, приводя к некоторому условному знаменателю единства и противоположности различные структуры и слои общества (от политических партий до простых граждан России).

Основная часть. Представляемое в основных теоретических подходах понятие единства как состояние общественной системы, создающей стабильность и устойчивость ее функционирования, динамичного развития в конкретном социально-экономическом или историческом периоде невозможно без понимания данной категории вне политических изменений. Это приводит к мысли о том, что само политическое единство является достаточно многозначным термином современного научного дискурса, представляющим собой взаимосвязанные между собой концептуально тенденции определения такого единства как залога внутренней безопасности государства.

Социальные науки и философия достаточно долгое время разрабатывала концепцию единства как основы материалистической диалектики в таких формах как: «объединение», «содружество», «притяжение». Однако данные понятия всегда были связаны с «борьбой», характеризующей основные направления на целевую сущность единства. Единство как единение воспринимается как нечто устойчивое и стабильное, без внутренних регуляторов, более выраженное в некоторой статичности, тогда как борьба рассматривается как некоторый кризисный элемент. С одной стороны, борьба разрушает единство, а с другой стороны, борьба часто является средством для формирования единства.

Согласимся с точкой зрения Р.И. Косолапова в том, что отрицание динамичной сущности единства в таком случае – это ограниченность сознания, нивелирование самой сути развития и прогресса, упрощающее сами тенденции познания и методологии этой категории [9]. Многими современными отечественными исследователями [6, 9] такой подход определяется как политизированная (или идеологизированная) модель диалектики. Если наложить данную модель на современные политические системы, то она в разрезе указывает на формализованность и догматичность политического процесса, не позволяющего выделять противоположность политических взглядов, отрицающих саму суть политического единства.

Выделяя системный подход как основной к познанию социального единства (А.Н. Аверьянов [2]), мы можем представить формы политического единства по видам взаимодействия (см. рис. 1).



Рис. 1. Формы политического единства

Как можно видеть из данных рис. 1, само единство не может всегда выражаться в одной определенной форме, такой как содействие, притяжение или объединение. Например, в политической оппозиции, даже в мо-

менты острого противостояния бывают моменты тождественности или совпадения противоположных тенденций, никоим образом не разрушающие саму суть единства, а лишь выражающие ту или иную ее форму. То есть такая форма на тот момент выражает определенное состояние самой системы политического единства, в конкретном проявлении, даже если и противостоянии.

Спустя почти 20 лет остается актуальной точка зрения А.В. Возженикова [4], который в контексте современного политического процесса России выделил методологические положения стратегии формирования национальной безопасности на основе нерешенных проблем «социального реализма» в противоречивости политических реформ, глобальных тенденций усиления традиционных проблем существования человечества (войны, природные катаклизмы, терроризм), политической нестабильностью и другими рисками, трансформирующимися в глобальные угрозы. На современном этапе такие политические риски являются не только угрозой безопасности, но и стимулируют создание новых стратегий ее предотвращения.

Разбалансированность внутренних реформ Российской Федерации, неоднозначность воздействия на них внешних факторов, особых национальных условий сдерживания целостности и единства территории России – все это достаточно серьезно осложняет проблему формирования политического единства в аспекте геополитических тенденций и выработки концептуальных основ политики обеспечения национальной безопасности. Достаточно тонко отмечено А.В. Возжениковым то, что «по существу, вся сложность процесса политических и социально-экономических преобразований в Российской Федерации сфокусировалась в единой комплексной задаче обеспечения ее национальной безопасности» [3, С. 122]. Согласимся с тем, что для того, чтобы комплексно решить эту задачу необходимо актуальное реформирование политической системы, одновременно это и условие, и цель решения проблемы.

К сожалению, нужно отметить, что отсутствуют актуальные подходы к разработке стратегий национальной безопасности в рамках выделения сути политического единства как основного фактора такой стратегии. По настоящее время остаются неохваченными проблемы волюнтаризма в сфере управленческой деятельности обеспечения безопасности, отсутствует критериальная система оценки угроз как личности, так и самому российскому обществу, в политическом сегменте до сих пор игнорируются научные и методологические подходы к формированию и реализации политики безопасности, в рамках развития государственного единства.

Неслучайно в данном аспекте упомянуто понятие государства, так как априори во всех концептуальных системах государство воспринимается как понятие политического. Государство отражает определенный политический статус народа, который по своей сути организован в некоторой территориальной замкнутости. Р.Б.Гандалоевым [7] как раз уточняется такой вопрос как этнические перемещения и проблемы гражданства в современной России, что указывает на определенный нераскрытый момент выделения статуса и политического единства в рамках территориального перемещения граждан.

Ст. 8 Конституции Российской Федерации определяет гарантию единства «экономического пространства, свободное перемещение товаров, услуг и финансовых средств, поддержке конкуренции, свободе экономической деятельности». Соотнося категорию конституционно определенной тенденции единства с политическим единством можно выделить его как необходимое условие преодоления кризиса во всех сферах. В политическом единстве выражается востребованность формирования условия стабильной политической системы, а также гарантия сохранения данной стабильности, устойчивость дальнейшего развития всех процессов общественной жизни. Политическое единство невозможно без достижения внутриэлитного ценностного консенсуса, который также будет воспринят подавляющей частью населения.

То есть, возлагая на государство как на некоторое организованное политическое единство определенные обязательства сохранения этого единства, мы, в сущности и содержании его приравняем к государственному единству. Концепт «единство» в России используется различными политическими партиями как аналог силы объединения, значимости национального самосознания и сохранения этой традиции единства на самом высшем уровне (Единство, Единая Россия). Синонимы единства используются политическими партиями не только в связи с территориальной целостностью и указанием на унитарность характера России, но и с намерением указать на единомыслие и согласие. В этом понимании как раз и раскрывается суть политического единства – не только как фактора единомыслящего политического аппарата, а как своеобразный политический институт, формирующий во всех сферах одинаково направленные тенденции объединения. Ведь даже в борьбе противоположностей (в примере той же оппозиционной структуры) достигается определенный баланс политического единства внутри государства (разумеется, релятивированный существованием государства как охваты-

вающего все противоположности политического единства). Такая противоположность в любой сфере жизнедеятельности гражданского общества всегда приходит к политической противоположности, так как именно она формирует определенные границы политического единства, не в рамках разрушения или напряжения, а в смысле реальной позиции поддержания противоположные стороны в тонусе. Излишне говорить, что вышеуказанное единство и согласие должно достигаться консенсусом.

Конечно, такие политические величины рассматриваются в положительном аспекте политического единства только если они не создают угрозу безопасности государства. Во всех других случаях они базируются на социально-политическом фундаменте объединения различных групп людей, лоббирующих собственную идеологию как наиболее значимую и актуальную.

Выводы/заключение. Рассмотрев основные подходы к сущности и современному содержанию понятия «политическое единство» можно обобщить следующие **выводы**:

1. Политическое единство рассматривается во многих подходах как форма или условие государственного единства, формирующего определенный политический результат в виде определенных убеждений, идеологии и общественной деятельности.

2. При этом, необходимо отметить, что данное единство не означает централизованный формальный контроль стабильной и устойчивой системы государственного управления, скорее, наоборот, единство рассматривается в диалектическом понимании универсалий борьбы противоположностей, оппозиционного противостояния.

3. При условии сохранения легализованного типа такого взаимодействия противоположностей политическое единство в данном аспекте является залогом национальной безопасности России. В случае выхода за границы политических договоренностей, создания социально-политической напряженности одной из сторон, политическое единство нивелируется созданным кризисом в государстве, равном военным, что означает разрушение устойчивой и стабильной системы взаимодействия во всех сферах общественной жизни и является угрозой национальной безопасности.

Перспективность исследования категории «политическое единство» в современной науке заключается в том, что необходимо создание критериев понимания такого регулятивного механизма борьбы противоположностей, развивающих, стимулирующих меры предупреждения угрозы национальной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристотель. Политика // Соч.: в 4 т. / пер. С.А. Жебелева. – М.: АСТ, 2010. – 400 с.
2. Аверьянов А.Н. Системное познание мира: Методологические проблемы. / А.Н. Аверьянов – М.: Политиздат, 1985. – 263 с.
3. Возжеников А.В. Национальная безопасность России: методология комплексного исследования и политика обеспечения: [Монография] / А. В. Возжеников. – М.: РАГС, 2002. – 423 с.
4. Возжеников А.В. Национальная безопасность в контексте современного политического процесса России: Теория и политика обеспечения: дисс. ... доктора политических наук: 23.00.02./ А.В. Возжеников. – Москва, 2002.– 391 с.
5. Возжеников А.В. Ремилитаризация мировой политики в контексте национальной безопасности современной России / А.В. Возжеников, Д.Л. Цыбаков, В.И. Филонов// Управленческое консультирование. 2018 – № 1. – С. 16-22.
6. Гандалоев Р.Б. Институт гражданства в Российской Федерации: политико-правовой анализ: дисс. к.пол.н.: 23.00.02 / Р.Б. Гандалоев. – М., 2014. – 206 с.
7. Гандалоев Р.Б. Этнические перемещения и проблемы гражданства в современной России /Р.Б. Гандалоев// «Образование. Наука. Научные кадры». – 2013. – №6. – С 215-217.
8. Кожина Ю.В. Факторы политического единства в России: элитный консенсус и поддержка власти народом. / Ю.В. Кожина // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. Тамбов: Грамота, 2015. – № 5. – Ч. 1. – С. 90-93.
9. Косолапов Р.И. Свобода и ответственность / Р.И. Косолапов, В.С. Марков.– М.: Политиздат, 1969. – 96 с.
10. Халипов В.Ф. Власть. Политика. Государственная служба. Словарь / В.Ф. Халипов, Е.В. Халипова. – М.: Луч, 1996.

REFERENCES

1. Aristotel'. Politika // Soch.: v 4 t. / per. S.A. Zhebeleva. – M.: AST, 2010. – 400 s.
2. Aver'yanov A.N. Sistemnoe poznanie mira: Metodologicheskie problemy. / A.N. Aver'yanov – M.: Politizdat, 1985. – 263 s.
3. Vozzhenikov A.V. Nacional'naya bezopasnost' Rossii: metodologiya kompleksnogo issledovaniya i politika obespecheniya: [Monografiya] / A. V. Vozzhenikov. – M.: RAGS, 2002. – 423 s.
4. Vozzhenikov A.V. Nacional'naya bezopasnost' v kontekste sovremennogo politicheskogo processa Rossii: Teoriya i politika obespecheniya: diss. ... doktora politicheskikh nauk: 23.00.02./ A.V. Vozzhenikov. – Moskva, 2002.– 391 s.

5. Vozzhenikov A.V. Remilitarizaciya mirovoj politiki v kontekste nacional'noj bezopasnosti sovremennoj Rossii / A.V. Vozzhenikov, D.L. Cybakov, V.I. Filonov// Upravlencheskoe konsul'tirovanie. 2018 – № 1. – S. 16-22.
6. Gandaloev R.B. Institut grazhdanstva v Rossijskoj Federacii: politiko-pravovoj analiz: diss. k.pol.n.: 23.00.02 / R.B. Gandaloev. – M., 2014. – 206 s.
7. Gandaloev R.B. Etnicheskie peremeshcheniya i problemy grazhdanstva v sovremennoj Rossii /R.B. Gandaloev// «Obrazovanie. Nauka. Nauchnye kadry». – 2013. – №6. – S 215-217.
8. Kozhina Yu.V. Faktory politicheskogo edinstva v Rossii: elitnyj konsensus i podderzhka vlasti narodom. / YU.V. Kozhina // Istoriicheskie, filosofskie, politicheskie i yuridicheskie nauki, kul'turologiya i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki. Tambov: Gramota, 2015. – № 5. – CH. 1. – S. 90-93.
9. Kosolapov R.I. Svoboda i otvetstvennost' / R.I. Kosolapov, V.S. Markov.– M.: Politizdat, 1969. – 96 s.
10. Khalipov V.F. Vlast'. Politika. Gosudarstvennaya sluzhba. Slovar' / V.F. Khalipov, E.V. Halipova. – M.: Luch, 1996.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Албогачиев Азамат Ахметович, кандидат политических наук, проректор по информационно-методической работе, Ингушского государственного университета, тел. 8 960 433-22-99, e-mail: ing-gu@mail.ru
Albogachiev Azamat Akhmetovich, Candidate of Political Sciences, Vice-rector for Information and Methodological Work of Ingush State University, tel. 8 960 433-22-99, e-mail: ing-gu@mail.ru

Хаматханова Мадина Макшариповна, ст. преподаватель кафедры социологии и политологии Ингушского государственного университета, тел. 8 (964) 059-69-91, e-mail: meddina17mail.ru.
Khamatkhanova Madina Maksharipovna, Assistant Professor, Department of Sociology and Political Science, Ingush State University, tel. 8 (964) 059-69-91, e-mail: meddina17mail.ru

Гандалоев Руслан Баширович, кандидат политических наук, старший научный сотрудник Научного исследовательского сектора Ингушского государственного университета, докторант кафедры национальных федеративных отношений, Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, тел. 8 (928) 097-21-51, e-mail: RusSud@bk.ru
Gandaloev Ruslan Bashirovich, Candidate of Political Sciences, Senior Researcher; Research Sector, Ingush State University, Doctoral Student of the National Federative Relations Department, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, tel. 8 (928) 097-21-51, e-mail: RusSud@bk.ru

Дата поступления в редакцию: 15.01.2020

После рецензирования: 13.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020

Е. А. Шабанова [E. A. Shabanova]
М. М. Абазалиева [M. M. Abazalieva]

УДК 323.22/28
327.5:339.9

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО И ПАРАДИГМА ИНФОРМАЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОЛИТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

THE INFORMATION SOCIETY AND THE PARADIGM OF THE INFORMATION COMPONENT OF POLITICAL SECURITY

Северо-Кавказская государственная академия, e-mail: abazalieva@mail.ru
North Caucasian State Academy, e-mail: abazalieva@mail.ru

Аннотация. Переход человечества из этапа индустриального общества, где ведущую роль играло производство, к информационному обществу постиндустриального типа, где главная роль принадлежит информации, охарактеризовал наш век как «информационный век». Особенностью цивилизационного развития стали информационный обмен, информационная экономика, цифровые города и в целом дальнейшее развитие электронно-информационных технологий. Вместе с перечисленным растет озабоченность человечества защитой персональных данных, качеством защищенности критически важных атомных и иных стратегически значимых объектов, сохранностью информации о ресурсах государства и т.д. Следовательно, рост угроз со стороны информационной составляющей политической безопасности говорит о том, что нужна новая концепция и система обеспечения государственной безопасности, по всем характеристикам тесно связанная с информационной безопасностью.

Ключевые слова: информационная безопасность, политика государства, безопасность личности, информационное общество.

Abstract. The transition of humanity from the stage of industrial society, where production played a leading role, to the information society of the post-industrial type, where the main role belongs to information, characterized our century as the "information age". Information exchange, information economy, digital cities, and in General the further development of electronic information technologies became a feature of civilizational development. Along with the above, humanity is increasingly concerned about the protection of personal data, the quality of security of critical nuclear and other strategically important facilities, the safety of information about state resources, etc. Consequently, the growth of threats from the information component of political security suggests that a new concept and system for ensuring state security is needed, which is closely related to information security in all its characteristics.

Key words: information security, state policy, personal security, information society.

Исследование информационной безопасности как важного компонента современного политического процесса предполагает использование общенаучных методов вкупе с формулировкой теоретических гипотез и построением абстрактно-логических цепочек, позволит рассмотреть информационную безопасность не только с точки зрения ее места и роли в политическом процессе ряда стран, но и в системе национальной безопасности Российской Федерации.

Начнем с рассмотрения понятия «безопасность», имеющего ключевое значение для нашего исследования, которое в самом широком понимании рассматривается как потребность в состоянии защищенности, «состояние, при котором есть защита от опасности, безвредность, устойчивость» [11]. Исторически всем формам безопасности придавалось большое значение, учитывая готовность государств к территориальным войнам. Так, кардинал Франции Ришелье называл безопасность категорией «неизмеримо более высокой, чем величие».

Ряд современных исследователей связывают понятие «безопасность» с системообразующим контекстом, определяя его как такое состояние сложной системы, когда действие разных факторов: как внутренних, так и внешних, не приводит к негативным последствиям для системы или к невозможности её функционирования и развития [10, 78]. Более развернутая трактовка безопасности дается в Законе Российской Федерации «О безопасности»: «безопасность – это состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз» [7].

На наш взгляд, данную модификацию можно сделать более универсальной, обозначив безопасность как «состояние защищенности любого субъекта и объекта», поскольку любой субъект/объект может обладать жиз-

ненно важным функциональным потенциалом, что подразумевает защиту как функционирования в настоящее время, так и потенциала, обеспечивающего функционирование в дальнейшем. В то же время расширяется рискообразующий спектр как со стороны субъектов, так и объектов, несущих угрозу окружающей живой и неживой среде. Последнее предположение является подтверждением базисной основы появления новой парадигмы безопасности, так как в предшествующей, традиционной парадигме безопасности тщательно не рассматривалось влияние нестабильной, плохо предсказуемой среды. В этой связи мы можем полагать, что нельзя упускать из зрения научного сообщества сферу, угрожающую безопасности и потенциалу безопасности, но «которая осталась необозначенной, невыраженной, неосознанной, неартикулированной» [8, 43]. В нашем исследовании данный тезис означает готовность использовать информационный потенциал современного общества субъектами политики, целеполагание которых не прозрачно, более того, преступно. В такой роли могут выступать, например, глобальные игроки геополитического противостояния, государства при переделе ресурсов в свою пользу, террористические организации или картели, входящие в состав организованной преступности разного, в том числе и международного уровня, конкурирующие фирмы и т.д.

Новая парадигма безопасности, опирающаяся на средовый базис, выявляет, с одной стороны, противоречия, которые возникают при исследовании невыраженной, но объективно существующей сферы опасности, а с другой стороны свидетельствует о том, что противоречия возникают в том числе и в результате качественного изменения самого объекта опасности, его форм и функций, структур и целей. Тезис новой парадигмы безопасности имеет непосредственное значение при рассмотрении информационной безопасности, так как существует не только определенный риск невозможности предсказать новые угрозы в динамичных и хаотичных информационных средах, но и события в политической составляющей нового информационного общества. Например, феномен «цветных революций», который опирается на активную дискредитацию решений и имиджа силовых структур, правоохранительных органов, проведение акций саботажа решений правительства, дискредитацию действий государственного аппарата и агитацию к непослушанию и вредительству, - в полной мере зависит от информационного потока и эверсионных технологий, базовую часть которых составляет интернет.

Подобный потенциал цифровых технологий актуализирует востребованность общения и информации не только со стороны тех, кто заинтересован общаться в интернете вследствие удобства или неудовлетворенности другими средствами массовой информации, но и политтехнологов, которые путем изменения направления и контента потока информации воздействуют на массовое сознание в сторону нужной мобилизации, трансформируя в нужном русле события на политической сцене.

Следуя справедливому замечанию Н. Винера, информация становится «мерой организации» [5], что позволяет нам говорить о смене парадигмы концепции демократии эры индустриализма концепцией демократии эры информации, в которой особое место отдадим интернету, наиболее сильно влияющему на новые способы коллективной мобилизации. Данный этап - новый в истории, и его можно назвать не только непредвиденным предвестником разного рода цветных революций, но и предвестником массового манипулирования сознанием больших масс.

Актуальность темы информационной безопасности, несомненно, возросла, и определена в первую очередь с тем, что наступила эра «информационного общества», определяющим фактором которого выступают развитие телекоммуникаций и цифровых технологий, а так же перелом к информационной составляющей всех сфер жизнедеятельности стран и народов. Одним из условий оптимального рассмотрения информационной безопасности является возможность глубоко изучить различные виды угроз национальной безопасности, в компоненте которых присутствует информационный аспект. Поэтому часть авторов, полагаясь на такие основания, как отсутствие физических границ информационного пространства и наличие слоя реципиентов в определенных границах отдельных наций-государств, - предполагает, что информационную безопасность надо воспринимать как феномен, связанный с функционированием гражданской нации (civic nation), нации-государства [1].

Акцентирует свое внимание на ведущей роли государства в ракурсе рассмотрения информационных ресурсов, обеспечивающих функционирование политической власти и Т.А. Телятник, подчеркивая, что «для каждого государства сохранение политической безопасности является приоритетом» [1, 8]. Учитывая максимально возможный спектр информационных угроз национальной безопасности, нельзя обойти вниманием понятие «политическая безопасность», так как оно тесно сопряжено с информационной безопасностью по всем параметрам. Подразумевается, что фактически любая система «всегда находится в состоянии перманентного соперничества,

конкуренции с множеством угроз, значительная часть которых остается неидентифицированными» [9], и проявления которых особенно опасны со стороны информационной составляющей мира политики.

Большинство трактовок политическую безопасность традиционно раскрывают как безопасность высших должностных лиц и государственных органов. На наш взгляд, более правы исследователи, которые понимают политические интересы как часть совокупности национальных интересов, а политическую безопасность рассматривают как самостоятельную политическую категории, охватывающей все виды угроз политической системе и политическому процессу данного общества: угрозы политическим целям общества, политическим ценностям, устойчивости и стабильности политических развития и т.д. [3, 351]. Все перечисленное находится в тесной зависимости от информационной компоненты, роль которой стала ведущей в политическом функционировании любого общества.

Следовательно, рост угроз со стороны информационной составляющей политической безопасности говорит о том, что нужна новая концепция и система обеспечения политической безопасности, по всем характеристикам тесно связанной с информационной безопасностью, учитывая рост информационного натиска, ориентиром которого являются политические цели и ценности, устойчивое развитие определенного государства. Заметим при этом, что не цели, взятые по отдельности или ценности являются объектом политической безопасности. Речь идет о совокупности категорий, входящих в понятие политических: речь идет о безопасности политической системы, политической власти в целом. Отсюда следует, что в динамично изменяющихся условиях с возрастанием роли информации в жизни обществ остается актуальной дальнейшая разработка мер против разрушающих процессов, угрожающих основам государственного и общественно-политического строя, и имеющие при этом базовую опору в информационной среде. Таким образом, информационная безопасность стала занимать ведущее место в современных политических процессах, что делает ее ведущим конструктом национальной безопасности, в том числе и ее подсистемы - политической безопасности.

Учитывая, что политическая безопасность как категория объединяет в себе два начала: государственную и общественную безопасность, следует уделить повышенное внимание к дискурсу информационного общества. «Информационное общество» как термин не имеет окончательного определения, но исследователи, обращаясь к парадигме «информационного общества», чаще обращают внимание на рост информационных технологий. Так, О.Ф. Волочаева предполагает тесную связь информационного общества с информационными технологиями, когда под воздействием последних трансформируются и меняются политические институты, политические отношения, формы политического воздействия на общество, формы политического участия, общественно-политическое сознание, а также способы постижения политических реалий» [6].

Концепция информационного общества затрагивает такие ключевые моменты, как управление информационными потоками, создание новых технологий, и, главное – использование информационных достижений как инструмент политической власти. По мнению немецкого социолога Ульриха Бека, современное общество сопровождается множеством систематически воспроизводящихся опасностей, угроз и рисков. Согласно Беку, социальный порядок, отвечающий основам безопасности, станет приближенным от теории к практике при условии перехода социальных слоев общества к более развитой стадии – часто непостижимой рефлексивной современности (*reflexive modernity*) [2, 59]. Брайан Тернер называет «сильной программой» теорию реальных социальных проблем, предполагая, что их можно объединить под совокупностью концептуальных положений, суть которых заключается в качественном изменении обществ, бытия и сознания [15, 18]. В этом же русле предлагают рассматривать модернизированное общество социологи Роберт Парк [14] и Мирра Комаровски [13], учитывая невозможность исчерпывающего объяснения динамично меняющейся действительности. В результате технологический прогресс приносит не столько сознательный прогресс, как предполагает А.К. Боташева, сколько «Свойство непредсказуемости все более становится свойством политики на всех уровнях и масштабах событийного поля» [4, 142].

Соглашаясь с исследователями, добавим, что политологическое осмысление современного общества информатизации и риска пришло позже. Параллельно пришло понимание того, что отныне все более четко проявляется разделение между «идеальным» и «материальным» в мировом масштабе, так как в век интернета все более явно и зримо проявляется разрыв между супердержавами и остальным миром, между державами, которые могут обеспечить фундаментальные тенденции информационной безопасности и остальным миром, отстающим в информационно-когнитивном противоборстве. В информационном обществе, несмотря на измене-

ние в сфере цифровых и других технологий, остались в цене прежние приоритеты: политическая власть, экономическая мощь, военное и информационное превосходство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонова Я.С. Информационная безопасность российского общества: теоретические основания и практика политических обеспечения: автореф. дис. ... д. полит. наук. / Я.С. Артамонова. – М., 2014. – 56 с.
2. Бек У. Общество риска. На пути к модерну. / У. Бек. – М., 2000. – 381 с.
3. Боташева А.К. Векторы развития и социокультурные факторы информационной политики в условиях политических рисков национальной безопасности / А.К.Боташева, Е.С.Данилова // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. 2015. – № 2. – С. 351-354.
4. Боташева А.К. Теория хаоса и политический анализ: взгляд сквозь призму непредсказуемости политических событий / А.К. Боташева // Современная наука и инновации. 2018. – № 2(22). – С. 142-145.
5. Винер Н. Кибернетика и общество. / Н. Винер – М.: Изд-во ИЛ, 1958. – 200 с.
6. Волочаева О.Ф. Политические процессы в современном информационном обществе: новые акторы и векторы развития: автореф. дис. ... д. полит. наук. / О.Ф. Волочаева. – Пятигорск, 2015. – 48с.
7. Закон о безопасности от 5 марта 1992 года № 2446-1 (в ред. Закона РФ от 25.12.1992 № 4235-1, Указа Президента РФ от 24.12.1993 № 2288, Федеральных законов от 25.07.2002 № 116-ФЗ, от 07.03.2005 № 15-ФЗ, от 25.07.2006 № 128-ФЗ, от 02.03.2007 № 24-ФЗ, от 26.06.2008 № 103-ФЗ). URL: http://www.fstec.ru/_docs/doc_1_2_002.htm
8. Кононов А.А. К новой парадигме безопасности: безопасность как конкурентоспособность / А.А. Кононов // Сборник материалов научно-практической конференции «Общественная и государственная безопасность в условиях мирового экономического кризиса». – М.: «Интерполитекс», 2009. – С. 43-47.
9. Кононов А.А. Задача неуничтожимости цивилизации в катастрофически нестабильной среде / А.А. Кононов // Проблемы управления рисками и безопасностью: Труды Института системного анализа Российской академии наук. Т. 31 – М.: Издательство ЛКИ, 2007. – С. 272 – 284.
10. Логинова Т.Д. К вопросу о понятии «информационная безопасность» / Т.Д. Логинова // Вестник Барнаульского юридического института МВД России. – 2016. – № 1(3). С. 78-80.
11. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова. – М., 2010. – 907 с.
12. Телятник Т.А. Информационные ресурсы как инструмент обеспечения политической безопасности России (на материалах Южного Федерального округа): автореф. дис. ... канд. полит. наук. / Т.А. Телятник. – Краснодар, 2012. – 28 с.
13. Komarovski M. A Note on a New Field Course / M. A Komarovski // American Sociological Review. – 1945. – Vol. 9. – P. 194-196.
14. Park R. A Memorandum on Rote Learning / R. Park // American Journal of Sociology. – 1937. – Vol. 43. – P. 23-36.
15. Turner B. Intriduction // Blackwell companion to social theory. / B.Turner. Oxford: Blackwell, 1996. – P. 1-19.

REFERENCES

1. Artamonova YA.S. Informacionnaya bezopasnost' rossijskogo obshchestva: teoreticheskie osnovaniya i praktika politicheskikh obespecheniya: avtoref. dis. ... d. polit. nauk. / YA.S. Artamonova. – M., 2014. – 56 s.
2. Bek U. Obshchestvo riska. Na puti k modernu. / U. Bek. – M., 2000. – 381 s.
3. Botasheva A.K. Vektory razvitiya i sociokul'turnye faktory informacionnoj politiki v usloviyah politicheskikh riskov nacional'noj bezopasnosti / A.K.Botasheva, E.S.Danilova // Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta. 2015. – № 2. – S. 351-354.
4. Botasheva A.K. Teoriya haosa i politicheskij analiz: vzglyad skvoz' prizmu nepredskazuemosti politicheskikh sobytij / A.K. Botasheva // Sovremennaya nauka i innovacii. 2018. – № 2(22). – S. 142-145.
5. Viner N. Kibernetika i obshchestvo. / N. Viner – M.: Izd-vo IL, 1958. – 200 s.
6. Volochaeva O.F. Politicheskie processy v sovremennom informacionnom obshchestve: novye aktory i vektory razvitiya: avtoref. dis. ... d. polit. nauk. / O.F. Volochaeva. – Pyatigorsk, 2015. – 48s.
7. Zakon o bezopasnosti ot 5 marta 1992 goda № 2446-1 (v red. Zakona RF ot 25.12.1992 № 4235-1, Ukaza Prezidenta RF ot 24.12.1993 № 2288, Federal'nyh zakonov ot 25.07.2002 № 116-FZ, ot 07.03.2005 № 15-FZ, ot 25.07.2006 № 128-FZ, ot 02.03.2007 № 24-FZ, ot 26.06.2008 № 103-FZ). URL: http://www.fstec.ru/_docs/doc_1_2_002.htm
8. Kononov A.A. K novej paradigme bezopasnosti: bezopasnost' kak konkurentosposobnost' / A.A. Kononov // Sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferencii «Obshchestvennaya i gosudarstvennaya bezopasnost' v usloviyah mirovogo ekonomicheskogo krizisa». – M.: «Interpoliteks», 2009. – S. 43-47.
9. Kononov A.A. Zadacha neunichtozhimosti civilizacii v katastroficheski nestabil'noj srede / A.A. Kononov // Problemy upravleniya riskami i bezopasnost'yu: Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossijskoj akademii nauk. T. 31 – M.: Izdatel'stvo LKI, 2007. – S. 272 – 284.
10. Loginova T.D. K voprosu o ponyatii «informacionnaya bezopasnost'» / T.D. Loginova // Vestnik Barnaul'skogo yuridicheskogo instituta MVD Rossii. – 2016. – № 1(3). S. 78-80.
11. Ozhegov S.I. Tolkovyj slovar' russkogo yazyka / S.I. Ozhegov, N.YU. SHvedova. – M., 2010. – 907 s.

12. Telyatnik T.A. Informacionnye resursy kak instrument obespecheniya politicheskoy bezopasnosti Rossii (na materialah YU-zhnogo Federal'nogo okruga): avtoref. dis. ... kand. polit. nauk. / T.A. Telyatnik. – Krasnodar, 2012. – 28 s.
13. Komarovski M. A Note on a New Field Course / M. A Komarovski // American Sociological Review. – 1945. – Vol. 9. – P. 194-196.
14. Park R. A Memorandum on Rote Learning / R. Park // American Journal of Sociology. – 1937. – Vol. 43. – P. 23-36.
15. Turner B. Intriduction // Blackwell companion to social theory. / B.Turner. Oxford: Blackwell, 1996. – P. 1-19.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Абазалиева Мадина Мухтаровна, кандидат политических наук, доцент, доцент кафедры философии и гуманитарных дисциплин Северо-Кавказской государственной академии; тел.: 89283921456;
E-mail: abazalieva@mail.ru

Abazalieva Madina Mukhtarovna, Candidate of Political Sciences, Associate Professor, Professor of Philosophy and Humanitarian Disciplines Department of North Caucasian State Academy;
Phone: 89614833806; E-mail: abazalieva@mail.ru

Шабанова Елена Александровна, старший преподаватель кафедры журналистики, медиакоммуникаций и связей с общественностью Пятигорского государственного университета; тел.: 89187432037; E-mail: lenskay639@yandex.ru

Shabanova Elena Alexandrovna, Senior Lecturer, Department of Journalism, Media Communications and Public Relations, Pyatigorsk State University; tel.: 89187432037; E-mail: lenskay639@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 15.01.2020

После рецензирования: 13.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020

УДК 327

Ю. И. Крючков [Yu. I. Kryuchkov]

ОСОБЕННОСТИ РОССИЙСКО - ПОЛЬСКОГО НЕФТЯНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА: ГЕОПОЛИТИЧЕСКИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ**FEATURES OF RUSSIAN-POLISH OIL COOPERATION: GEOPOLITICAL AND ECONOMIC ASPECTS**

Российский Государственный Гуманитарный Университет, e-mail: ab-ww@mail.ru
 Russian State University for the Humanities, e-mail: ab-ww@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются геополитические и экономические особенности нефтяного сотрудничества России и Польши. Контекстом, обуславливающим современное состояние российско-польской нефтяной торговли, послужил краткий исторический экскурс в развитие энергетической дипломатии двух стран со второй половины XX в.

Автор приходит к выводу, что разрыв нефтяного сотрудничества может обернуться большими экономическими потерями для обеих стран. Для России очень важно адаптировать нефтяной рынок к биржевым сделкам, диверсифицируя сотрудничество с Польшей, что позволит в итоге преодолеть габитус недоверия Польши в отношении долгосрочных поставок нефти из РФ. В свою очередь для Польши не представляется возможным отказ от импорта российской нефти, так как другие поставщики и добытая в Польше нефть не способны обеспечить потребности развивающейся польской экономики.

Ключевые слова: нефть, торговля, Польша, Россия, геополитика, экономика.

Abstract. Geopolitical and economic peculiarities of Russian-Polish oil cooperation are considered in the article. A short historical background of energy diplomacy of both countries since the second half of XX century was a context leading to a contemporary state of Russian-Polish oil trade.

The author concludes that severance of oil cooperation can result in heavy economic losses for both states. It is very important to Russia to adapt its oil market to stock trades diversifying cooperation with Poland that will finally allow to overcome habitus of mistrust of Poland concerning long-term supply of Russian oil. In its turn, it is not possible for Poland to reject import of Russian oil as other suppliers and oil produced in Poland are not able to provide for the needs of developing Polish economy.

Key words: oil, trade, Poland, Russia, geopolitics, economy.

Введение. «Нефтяная индустрия никогда не была в таком кризисе как сейчас, и многие производители его не переживут» [12]. Именно так характеризуют ситуацию на международном нефтяном рынке сотрудники одного из самых влиятельных энергетических агентств CERA.

Тема данной статьи сопряжена с драматичными событиями, происходящими в энергетической отрасли в связи с сокращением производства, вызванным неожиданным всплеском пандемии; и, конечно, те выводы по данной проблематике, которые могли быть сделаны буквально несколько месяцев назад, нуждаются теперь в особом осмыслении с учетом новой политической и экономической нефтяной повестки.

Россия как одна из ведущих стран-производителей и экспортеров нефти тяжело переживает современный энергетический кризис. На ситуацию с обвалом цен на нефть повлияли многие факторы. Главный, конечно, экономический: сокращение объемов добычи нефти. Сделка ОПЕК+ должна была выработать общую стратегию поведения на рынке сбыта нефтепродуктов стран ОПЕК и России. Однако здесь сыграл роль и политический фактор. Сложность с выполнением условий сделки со странами Ближнего Востока можно объяснить через призму геополитики. Для понимания общего энергетического контекста следует обратить внимание на аспект борьбы за влияние на европейском нефтяном рынке.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. События конца апреля 2020 г. наглядно продемонстрировали стремление Саудовской Аравии – одной из ведущих стран-экспортеров нефти – укрепить позиции на европейском рынке сбыта и сместить Россию, считавшейся до этого главным нефтяным партнером большинства стран ЕС, с лидерских позиций. Энергетические компании Саудовской Аравии воспользовались ситуацией с обвалом стоимости нефти, предложив двузначные скидки по поставкам нефти в страны ЕС и вложив

около 1 млрд. долларов в покупку акций европейских энергетических компаний [9]. Подобная ситуация наблюдается и на польском рынке.

Поставки российского сорта Urals в Польшу резко сократились на 41% по сравнению с апрелем 2020 г. При этом поставки аравийской нефти увеличились на четверть: с 398 до 500 тысяч тонн [9]. Для России это может обернуться неприятными последствиями.

Данные события можно рассматривать как лакмусовую бумажку политических и экономических отношений Польши и России. Конечно, авторы докладов CERA (сюда же можно отнести и заголовки статей международного энергетического агентства) правы, указывая на всеобъемлющий, даже структурный кризис современного нефтяного рынка. Но даже в этом случае можно заметить, что даже такая тяжелая ситуация на нефтяном рынке дает некоторым странам определенные геополитические преимущества. Этим же решила воспользоваться и Польша, активизировав поставки аравийской нефти.

Данная ситуация показательна во многом в том, что, беря даже, казалось бы, сугубо экономический аспект нефтяного сотрудничества России и Польши, мы сталкиваемся с необходимостью понимания политических обстоятельств энергетического сотрудничества двух стран. Сама необходимость ответа на вопрос, почему Польша так настойчиво ищет новых партнеров-экспортеров нефти, несмотря на соседство России и Польши, наличие транзитного магистрального нефтепровода «Дружба», обеспечивающего около 20% российского экспорта нефти и очевидно являющегося экономически более выгодным вариантом для импорта нефтепродуктов в Польшу, отдаляет исследователя от экономики в сторону геополитики.

Вообще, тема энергетики тесно связана с политикой и экономикой. Растущая потребность современного промышленного рынка в углеводородах (сегодня нефть, газ и уголь обеспечивают около 80% всей вырабатываемой в мире энергии) составляет экономическую и политическую повестку современных стран [1; 10]. Вопрос энергетической безопасности, разрабатываемых в энергетических стратегиях ЕС, отражает обеспокоенность ЕС, что европейский энергетический рынок может быть монополизирован. Под этим подразумевается прежде всего страх попасть в зависимость от российского экспорта энергоресурсов.

Несмотря на то, что мы несколько отделились от проблемы экономических рисков прекращения сотрудничества с российскими энергетическими компаниями, это введение может создать необходимый контекст современной ситуации в польско-российских нефтяных отношениях, наметить направление решения столь сложной задачи как выявление экономических рисков сокращения российского импорта нефти и показать сложность изучения энергетических проблем, требующих от исследователя умения разделять экономические особенности от геополитических или наоборот синтезировать данные направления, указывая на невозможность разделения экономических интересов от политических.

Начало «Дружбы». Анализ современных российско-польских отношений в нефтяном секторе нуждается в кратком обзоре истории формирования внешнеэкономического сотрудничества между Польшей и Россией. Та ситуация на нефтяном рынке Польши, которая сложилась к началу XXI в., является результатом причинно-следственных связей взаимоотношений с российской стороной на политическом и экономическом уровнях.

Нас интересует именно нефтяная отрасль экономического взаимодействия двух государств. Активная добыча нефти началась в СССР еще в 50-е гг. XX в. К середине 60-х гг. руководства Советского Союза начало активно осваивать нефтегазовые месторождения Западной Сибири. И осознав, что страна обладает внушительными объемами углеводородов, руководство начало претворять амбициозные планы по созданию надежной системы экспорта энергетических ресурсов в страны Западной Европы. Цель была вполне очевидна – получать от стран-партнеров твердую валюту в связи с нестабильной ситуацией в экономике СССР.

Польша в свою очередь после Второй мировой войны присоединилась к социалистическому блоку и стала политическим и экономическим сателлитом СССР. В 1949 г. Польша вступает в Совет экономической взаимопомощи, а в 1955 г. – в Организацию Варшавского договора.

Особенностью социалистической системы заключалась в том, что важнейшие политические и экономические решения в соцблоке принимались именно партийным руководством СССР: торговая деятельность, как следствие, также согласовывалась с министерствами СССР. Конечно, растущая польская экономика нуждалась в развитии энергетического сегмента, и несмотря на развитую угледобывающую промышленность, польское руководство искало альтернативные возможности энергообеспечения.

До середины 60-х гг. поставки нефти в страны Восточной Европы осуществлялись железнодорожным сообщением. Однако вскоре стало ясно, что данный вид трансфера был далек от совершенства. Во-первых, ко-

личество экспортируемой нефти не соответствовало нуждам растущей экономики стран Восточной Европы, а во-вторых, не могло идти и речи об экспорте в Западную Европу. Решение было вскоре найдено. 15 октября 1964 г. был запущен нефтепровод «Дружба», одна из ветвей которого проходила через территорию Беларуси и Польши. Этот нефтепровод должен был связать Восточную Европу стабильными поставками советской нефти.

Благоприятные условия для экспорта советской нефти создали энергетические кризисы в связи с ситуацией на Ближнем Востоке в 1973 и 1979 гг. Цены на нефть резко выросли, и приток твердой валюты в советскую экономику поставил нефтяную и газовую промышленность СССР в фокус внимания партийного руководства. Егор Гайдар – российский экономист и премьер-министр России в 1992 г. – вспоминал, что поток твердой валюты от продажи нефти помог остановить продовольственный кризис в СССР [1; 29].

Однако несмотря на тесное экономическое сотрудничество с Польской Народной Республикой, политическая обстановка к 80-м гг. резко накалилась. Польша находилась в субординационном положении по отношению к СССР, польское руководство не могло осуществлять самостоятельную экономическую и социальную политику. Росло недоверие граждан к политике польского и советского руководства. Исторически Польша воспринимала себя как ущемленное в правах и свободе государство, которое было сначала захвачено Российской империей, а затем и СССР. Подобное самовосприятие оказывало влияние на формирование образа «свой» и «чужой». Россия воспринималась как антипод, как крайнее противопоставление «своему»-поляку. И конечно, даже стабильные поставки советской нефти не могли радикально повлиять на последующую эскалацию российско-польских отношений.

Поиск новых союзников. После распада СССР и падения коммунистических режимов в странах Восточной Европы к началу 90-х гг. Польша стала перед выбором дальнейшего курса политического и экономического развития. Страны Восточной и Центрально-Восточной Европы рефлексировали над социалистическим наследием и итогами Холодной войны. Результат этих рефлексий был довольно очевиден – поиск новых союзников и переориентация на евроатлантическое сближение. Россия стала правопреемницей СССР, и ей в наследство досталась развитая система нефтепроводов и нефтедобывающая промышленность. Несмотря на политическое отдаление Восточной и Центрально-Восточной Европы от России, бывшие соцстраны оставались экономически тесно связаны с Россией. Рос энергетический рынок, росли потребности в нефти. Россия продолжила активно экспортировать нефть в эти страны.

Однако с Польшей дела обстояли несколько сложнее. События 1980 г. в Польше, когда для удержания власти и влияния СССР было введено военное положение, были свежи в памяти поляков и новой политической элиты Польши. Как следствие, формирование новой польской идентичности напрямую зависело от выбора дальнейшего курса взаимоотношений с Россией. И Польша выбрала курс на евроатлантизм: сближение с ЕС и НАТО, а затем и вступление в эти структуры. Геополитически Россия воспринималась как угроза национальной безопасности нового польского государства.

Однако в измерении энергетического сотрудничества ситуация была не столь очевидна. Тесное энергетическое сотрудничество Польши с СССР поставило новое государство в зависимое от российских поставок положение. Геополитически было необходимо переориентироваться в сторону сокращения импорта российской нефти, однако ситуация была такова, что к началу 90-х гг., доля российского экспорта составляла около 95%: говорить о мгновенной переориентации польской экономики на новых партнеров не приходилось [2; 4]. Основным опасением для Польши являлся вопрос энергетической безопасности (впрочем, как практически и для всей Европы). Главным страхом являлось то, что Россия может использовать зависимое положение польской экономики от импорта российского газа и нефти как политический инструмент манипулирования. Вследствие этого возник страх нестабильности российских поставок, в то время как потребление нефти в Польше возросло с 16 млн. т. в 1990 г. до 20 млн. т. к 2000 г.

Ситуация сегодня. Итогом опасений Польши и стран ЕС послужила выработка новых стратегий энергетической безопасности. Особенностью новых стратегий являлась диверсификация поставок энергоресурсов. Понятие «диверсификация» подразумевала как развитие альтернативных (точнее, возобновляемых) источников энергии, снижение выбросов CO₂, так и снижение российской монополии на экспорт посредством расширения списка стран-партнеров по экспорту нефти и газа.

Для Польши подобная стратегия является особенно актуальной. Впоследствии Польша заблокирует не один проект по прокладке российских газопроводов и будет активно на международной политической арене выступать против развития энергетического сотрудничества с Россией.

Крупнейшими игроками на международном нефтяном рынке помимо России традиционно являются страны ОПЕК (Саудовская Аравия, ОАЭ, Алжир, Нигерия, Венесуэла и т.д.). И именно эти страны постепенно начинают играть большую роль на европейском рынке. Польша начинает более активно вовлекаться в энергетическое сотрудничество со странами ОПЕК (Саудовская Аравия, Нигерия), Норвегией, Казахстаном, Ираном, Ираком, а с 2017 г. резко увеличились поставки нефти из США с 1,25 млн. т. до 4,25 млн. т. в 2019 г [3].

Главной задачей подобного расширения стран-партнеров для Польши являлось постепенное снижение зависимости польского потребления нефти от российских поставок. И действительно, достигнув пика в 2012 г. (96% импортируемой нефти приходилось на российские нефтяные компании), объемы поставок нефти из России начали постепенно снижаться. В 2017 г. доля российского импорта составляла 77%, а в следующем году – упала еще на 10% [11].

Однако данная тенденция указывает на то, что несмотря на амбициозные заявления польских правительственных кругов сократить до минимума энергетическое сотрудничество с Россией, доля российских нефтяных компаний по-прежнему составляет более половины всего импорта в Польшу. Польское руководство всегда открыто поддерживало принятие европейских энергетических стратегий, направленных на диверсификацию импорта энергоресурсов, начиная с середины 2000-х гг, и тем не менее говорить о радикальных изменениях в нефтяной политике Польши пока не приходится. Проблема заключается снова как в экономических, так и политических факторах.

Уже было сказано о том, что самый дешевый способ транзита нефти (как и газа) является транзит через нефтепроводы, позволяющий сэкономить на людских ресурсах, сухопутных и морских перевозках. И географическая близость одной из крупнейших нефтяных держав, позволяющая обеспечить подобный транзит жидкого топлива, безусловно экономически выгодна для польского государства.

Растет и потребление нефти в Польше. В качестве примера мы приведем следующую таблицу:

Таблица 1

Потребление нефти в Польше, млн т. (источник: МЭА [10])

Год	Объемы (в млн. т.)
2000	20
2004	22
2008	26
2012	26.5
2016	28
2018	32

Из таблицы видно, что объемы потребляемой нефти в Польше возросли более чем в полтора раза. На польские нефтяные компании это налагает обязанности увеличения импорта нефти. Стоит отметить, что большие усилия для решения вопроса обеспечения польской экономики необходимыми энергоресурсами Польша тратит на развитие добычи собственной нефти. Польша не обладает большими запасами нефти, однако она активно инвестирует в развитие технологий по обнаружению месторождений нефти на территории Польши и ее добычи. С 2000 г. добыча нефти в Польше составляла около 420 тыс. т., а уже к 2016 г. достигла отметки в 1 млн. т., впрочем, оставшись на этом уровне [3].

Однако с растущим спросом на нефть собственная добыча не играет существенной роли, и Польша по-прежнему нуждается в увеличении контрактов на поставки.

Беларусь в центре конфликта поставок. Стоит более подробно остановиться на одном из последних конфликтов, произошедших еще в конце 2019 г. Показателен он и тем, что вопрос нефтяного сотрудничества может иметь определяющее значение на расклад экономических и политических сил в восточноевропейском регионе. Как уже было сказано, одна из веток нефтепровода «Дружба» проходит через территории Беларуси и Польши. Подобное обстоятельство тесно связывает энергетические рынки этих стран между собой и Россией.

Сначала можно вспомнить ситуацию с загрязнением участков нефтепровода «Дружба» хлорорганикой в первой половине 2019 г., когда в Польшу поступила партия загрязненной нефти. Данное обстоятельство вызвало большой резонанс в мире, а в Польше вновь разгорелись ожесточенные дискуссии о невозможности нефтяного сотрудничества с Россией из-за того, что российские нефтяные компании угрожают европейской стратегии энергетической безопасности. За время приостановления передачи нефти по «Дружбе» Польша была вынуждена потратить 1,1 млн. т. нефти из собственных стратегических запасов [4].

Однако и в Беларуси эта ситуация вызвала негативный отклик. Минск обвинил Россию в поставках некачественной нефти и заявил, что Беларусь будет искать альтернативные способы импорта сырья. Этот пример наиболее ярко характеризует общность восточноевропейского рынка сырья из-за географического соседства этих стран и связывания их общим нефтепроводом.

Для Беларуси представляется менее вероятной диверсификация импорта сырья, поскольку для этого нет развитой энергетической стратегии как в странах ЕС, к тому же Беларусь осознанно лавирует между ЕС и Россией в отношении политического и экономического сближения. Тем не менее недавний скандал между Беларусью и Россией, вызванный спором о ценах за поставку нефти по «Дружбе», вновь обострил ситуацию в Восточной Европе. Для Польши подобная ситуация могла бы иметь большое геополитическое значение, так как поиск новых нефтяных партнеров для Беларуси в первую очередь начинался с Польши как непосредственного соседа и нефтяного игрока. Предложение Минска заключалось в том, чтобы Польша поставляла реверсным путем импортируемую Польшей нефть по «Дружбе».

Для Польши это могло бы стать серьезным инструментом влияния на энергетическое партнерство Польши и России, однако в начале 2020 г. польская сторона заявила о невозможности таких поставок в связи с неразвитой инфраструктурой нефтепровода.

Но данная ситуация проиллюстрировала геополитическую и во многом экономическую важность регионального энергетического сотрудничества в Восточной Европе. Смещение акцентов в региональной торговле нефтью может повлиять на расклад сил на международной арене. Для России это риск понести убытки и потерять лидирующие позиции на нефтяном рынке. Но и для Польши эскалация энергетического конфликта чревата серьезными экономическими убытками, поскольку Россия по-прежнему является ключевым нефтяным партнером. Данный конфликт показал нежелание Польши искать возможные пути решения проблемы обеспечения Беларуси поставками польской нефти. Впрочем, 4 мая 2020 вновь появилась информация, что Польша ищет пути решения вопроса осуществления поставок нефти реверсом по магистральному нефтепроводу [5].

Будущее российских долгосрочных поставок. В наследство от СССР России досталась система добычи нефти, а также механизмы экспорта в страны Европы. Для энергетического рынка середины 50-х гг. XX в. была характерна система долгосрочных контрактов на поставку нефти. Обусловлена такая система была монополизацией крупнейшими мировыми энергетическими компаниями нефтяного рынка. Как следствие, компании-монополисты могли установить фиксированную стоимость нефти, основываясь на том, что нефть является стратегически важным ресурсом для растущего производства европейских государств.

Ситуация начала меняться с 70-х гг., когда страны Ближнего Востока объединили свои усилия по борьбе с монополизацией крупнейших европейских и американских нефтяных компаний в сфере добычи и продажи ближневосточной нефти. Так возникла ОПЕК (Организация стран-экспортеров нефти). Данное обстоятельство в корне изменило положение дел на международном энергетическом рынке. Стала развиваться конкуренция, и ценообразование перестало носить фиксированный характер. В результате стала развиваться биржевая торговля энергоресурсами.

Для плановой советской экономики, осваивавшей нефтяной рынок, долгосрочные контракты представлялись оптимальным механизмом развития надежных торговых отношений со странами Европы. Они обеспечивали стабильный приток твердой валюты и рынок сбыта нефти. Подобная система энергетического сотрудничества и перешла в наследство России.

Уже было отмечено, что основу экспорта российской нефти в Польшу составляет транзит по нефтепроводу «Дружба» (около 80%). Система долгосрочных контрактов по сути осталась прежней: увеличилось число российских нефтяных компаний (Транснефть, Лукойл, Роснефть, Сургутнефтегаз).

Так, в 2019 г. российская компания «Роснефть» заключила двухлетний контракт с польской компанией «PKN Orlen» на поставку по нефтепроводу «Дружба», тем самым пролонгировав предыдущее долгосрочное соглашение 2013 и 2016 гг. [8]. Для польской экономики выгода подобных соглашений заключена в стабильности поставок нефти.

Однако современный энергетический рынок все сильнее отдаляется от долгосрочных соглашений в сторону биржевой торговли, в особенности фьючерсной. Рыночные механизмы ценообразования для нефтяного рынка определили и характер торговых соглашений, основывающихся теперь на волатильности цен на нефть и, как результат более краткосрочных торговых соглашений. Более популярными становятся и спотовые (разовые) контракты с энергетическими компаниями.

Для Польши подобные механизмы импорта нефти представляются эффективными для решения задачи диверсификации стран-экспортеров. Акцент делается на увеличении нефтяных компаний-партнеров, а не на стабильных долгосрочных поставках одного государства. В данной работе уже было отмечено, что за последние годы Польша значительно увеличило количество стран-экспортеров. Хотя в то же время Россия по-прежнему контролирует более половины импорта нефти в Польшу.

Прекратив энергетическое сотрудничество с Россией, Польша рискует лишиться себя стабильных долгосрочных поставок нефти. Несмотря на заявления польских энергетических компаний и политического руководства о планах прекращения энергетического сотрудничества с Россией, проекты диверсификации импорта пока находятся в стадии развития. Сложен как поиск партнеров, так и договоры о наземных поставках нефти в связи со спецификой того или иного нефтяного маршрута и затратами на транспортировку нефти.

Тем не менее Россия осознает важность развития внутреннего топливно-сырьевого биржевого рынка. Начиная с середины 2010-х начинает активно развиваться секция «Нефтепродукты» на Санкт-Петербургской Международной Товарно-сырьевой Бирже (СПбМТСБ). Так, за десятилетие существования биржи оборот торгов нефтепродуктами вырос на 4,7% [7]. Важным является также постепенная переориентация биржи на внешний рынок. Показательным в данном случае является участие ПАО «Транснефть» в товарных поставках на биржевой рынок.

Что касается экспорта нефти в Польшу, то помимо нефтепровода, Россия поставляет нефть также по морю. НПЗ в Гданьске, например, ориентирован на обработку нефти марки «Urals». Подобные поставки также заключаются долгосрочными договорами. Однако в данном случае для России представляется важным активное вовлечение польских нефтяных компаний в участие в биржевых торгах по закупке российской нефти «Urals». Развитие биржевой торговли важно для развития более гибкой политики российских компаний в отношении удержания позиций на европейском рынке и развития российско-польского нефтяного сотрудничества.

Коронавирус как новый фактор. Нельзя при изучении проблем нефтяного сотрудничества Польши России обойти стороной последние события на международном рынке. В начале данной работы была очерчена повестка современных российско-польских нефтяных отношений. Недавние события в связи с всплеском пандемии обрушили международный энергетический рынок в связи с падением производства.

Однако обвал цен на нефть, произошедший в апреле 2020 г., не является результатом лишь реакции экономики на коронавирус. Куда более серьезные последствия имело расторжение договора между странами ОПЕК и России о сокращении добычи нефти, что должно было несколько стабилизировать цены на нефтяной бирже. Страны не смогли договориться между собой о квотах по сокращению объемов добычи, и объемы добычи остались прежними.

Причина подобного инцидента кроется в множестве факторов. Одним из важнейших является растущее соперничество России и Саудовской Аравии на европейском рынке. Саудовская Аравия ставит задачей укрепить свои позиции в экспорте нефти в страны Европы и сместить Россию с лидирующих позиций.

Заключение. В результате обвала цен на нефть аравийская нефтяная компания Agamso предложила европейским странам более выгодные контракты по поставкам нефти. Безусловно, ситуация с ценами носит временный характер, однако она позволяет Саудовской Аравии привлечь европейские страны низкими ценами и заключить с ними долгосрочные контракты. Одной из таких стран является Польша.

Для Польши нынешняя ситуация дает отличный шанс привлечь аравийские компании к долгосрочному сотрудничеству и в значительной степени снизить долю российских компаний в импорте нефти. В конце апреля в СМИ появилась информация, что Польша закупила 560 тыс. т. сырья в Саудовской Аравии. Планируется увеличение импорта аравийской нефти с 300 до 400 тыс. т. [6]. Данная ситуация позволила Польше отказаться в текущем месяце от морских поставок нефти из России.

Подобные события не могут не вызывать беспокойство в российских энергетических кругах. Некоторые европейские компании уже выразили пожелание, чтобы Россия начала задумываться о специальных предложениях. Сейчас сложно прогнозировать, как сложится дальнейшая ситуация на европейском нефтяном рынке, однако для российских компаний апрельские события уже послужили тревожным звонком. Очевидно, что России необходимо адаптироваться к новым экономическим реалиям и выработать механизмы конкуренции с аравийскими нефтяными компаниями в Европе. Особое внимание, конечно, следует уделить российско-польским торговым отношениям, поскольку именно эти отношения подвержены наибольшему риску для России.

Главной ошибкой для России может быть чрезмерная уверенность в долгосрочном экспорте нефти через «Дружбу». Отсутствие выработки альтернативных механизмов развития торговых отношений с польскими компаниями может лишить Россию лидирующих позиций в условиях наращивания аравийского экспорта. В таких условиях Польша может в обозримом будущем свести к минимуму долю российского экспорта.

Для Польши, в свою очередь, разрыв торговых отношений с Россией также может повлечь риски, так как польский нефтяной рынок по-прежнему сильно зависит от российских поставок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ергин Д. В поисках энергии: Ресурсные войны, новые технологии и будущее энергетики / Дэниел Ергин ; Пер с англ. – М: Альпина Паблишер, 2009. – 720 с.
2. Novak A. Polish-Russian / Russian-Polish Rapprochement: A Long-awaited Decisive Move / A. Novak, I. Kobrinskaya // Notes internationals CIDOB. – 2010. – P. 1- 11
3. Olkusi T. Polish energy security in the oil sector / T. Olkusi // Energy and Fuels. 2019. – P. 1-8.
4. Белоруссия объяснила причины загрязнения «Дружбы» / РБК [Электронный ресурс] URL: <https://www.rbc.ru/business/25/06/2019/5d11d25e9a7947adfa8f1a3c>
5. Польша готова поставлять нефть в Беларусь / Спутник [Электронный ресурс] URL: <https://sputnik.by/economy/20200504/1044592661/Polsha-gotova-postavlyat-neft-v-Belarus.html>
6. Польша остановила импорт российской нефти по морю / EurAsia Daily [Электронный ресурс] URL: <https://easily.com/ru/news/2020/04/22/polsha-ostanovila-import-rossiyskoj-nefti-po-moryu>
7. Регуляторы рассчитывают на индикаторы / Коммерсантъ [Электронный ресурс] URL: <https://www.kommersant.ru/amp/3779378>
8. "Роснефть" назвала сроки контрактов с польской Orlen на поставки нефти / РИА [Электронный ресурс] URL: <https://ria.ru/amp/20200219/1564970670.html>
9. Саудовская Аравия обрушила поставки российской нефти в Европу / Finanz.ru [Электронный ресурс] URL: <https://www.finanz.ru/novosti/birzhevyie-tovary/saudovskaya-araviya-obrushila-postavki-rossiyskoj-nefti-v-evropu-1029145622>
10. IEA [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/countries>
11. Increase in the number of countries supplying oil to Poland / Obserwator Finansowy [Электронный ресурс] URL: <https://www.obserwatorfinansowy.pl/in-english/business/increase-in-the-number-of-countries-supplying-oil-to-poland/>
12. The oil industry has never been in a crisis quite like this and many producers will not survive / CNBC [Электронный ресурс] URL: <https://www.cnbc.com/2020/04/20/the-oil-industry-has-never-been-in-a-crisis-quite-like-this-and-many-producers-will-not-survive.html>

REFERENCES

1. Ergin D. V poiskah energii: Resursnye vojny, novye tekhnologii i budushchee energetiki / Deniel Ergin ; Per s angl. – M: Al'pina Publisher, 2009. – 720 s.
2. Novak A. Polish-Russian / Russian-Polish Rapprochement: A Long-awaited Decisive Move / A. Novak, I. Kobrinskaya // Notes internationals CIDOB. – 2010. – P. 1- 11
3. Olkusi T. Polish energy security in the oil sector / T. Olkusi // Energy and Fuels. 2019. – P. 1-8.
4. Belorussiya ob'yasnila prichiny zagryazneniya «Druzhby» / RBK [Elektronnyj resurs] URL: <https://www.rbc.ru/business/25/06/2019/5d11d25e9a7947adfa8f1a3c>
5. Pol'sha gotova postavlyat' neft' v Belarus' / Sputnik [Elektronnyj resurs] URL: <https://sputnik.by/economy/20200504/1044592661/Polsha-gotova-postavlyat-neft-v-Belarus.html>
6. Pol'sha ustanovila import rossijskoj nefti po moryu / EurAsia Daily [Elektronnyj resurs] URL: <https://easily.com/ru/news/2020/04/22/polsha-ostanovila-import-rossiyskoj-nefti-po-moryu>
7. RegulATORY rasschityvayut na indikatory / Kommersant [Elektronnyj resurs] URL: <https://www.kommersant.ru/amp/3779378>
8. "Rosneft" nazvala sroki kontraktov s pol'skoj Orlen na postavki nefti / RIA [Elektronnyj resurs] URL: <https://ria.ru/amp/20200219/1564970670.html>
9. Saudovskaya Araviya obrushila postavki rossijskoj nefti v Evropu / Finanz.ru [Elektronnyj resurs] URL: <https://www.finanz.ru/novosti/birzhevyie-tovary/saudovskaya-araviya-obrushila-postavki-rossiyskoj-nefti-v-evropu-1029145622>
10. IEA [Elektronnyj resurs] URL: <https://www.iea.org/countries>
11. Increase in the number of countries supplying oil to Poland / Obserwator Finansowy [Elektronnyj resurs] URL: <https://www.obserwatorfinansowy.pl/in-english/business/increase-in-the-number-of-countries-supplying-oil-to-poland/>
12. The oil industry has never been in a crisis quite like this and many producers will not survive / CNBC [Elektronnyj resurs] URL: <https://www.cnbc.com/2020/04/20/the-oil-industry-has-never-been-in-a-crisis-quite-like-this-and-many-producers-will-not-survive.html>

ОБ АВТОРЕ | ABOUT AUTHOR

Крючков Юрий Игоревич, магистр 1 курса профиля «Восточноевропейские исследования»
Российского Государственного Гуманитарного Университета,
Yuri I. Kryuchkov, 1st-year Master's degree in Eastern European Studies at the Russian State
University for the Humanities

Дата поступления в редакцию: 15.01.2020

После рецензирования: 13.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020

А. К. Боташева [A. K. Botasheva]
О. В. Ефимова [O. V. Yefimova]
З. С. Тамбиева [Z. S. Tambieva]

УДК 327.7

**КОММУНИКАТИВНЫЙ АСПЕКТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ
НЕПРАВИТЕЛЬСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РЕЛИГИОЗНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ
КАК СУБЪЕКТОВ МИРОВОЙ ПОЛИТИКИ**

**COMMUNICATIVE ASPECT OF THE ACTIVITIES OF INTERNATIONAL
NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS OF RELIGIOUS ORIENTATION
AS SUBJECTS OF WORLD POLITICS**

Пятигорский государственный университет; e-mail: ab-ww@mail.ru
Pyatigorsk State University; e-mail: ab-ww@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается значимый системный эффект МНПО религиозной направленности, оказываемый на международное политическое пространство в качестве субъектов мировой политики, так как мировые политические процессы в XXI веке все более отражают функционирование международных неправительственных организаций религиозной направленности (МНПО религиозной направленности), проявляющих в своей коммуникации с светскими и религиозными организациями парадокс подмены качеств осуществляемых функций, определенных их институциональной природой. Делается вывод о том, что те принципиальные критерии, которые должны выделять МНПО религиозной направленности от других неправительственных международных организаций, такие как донесение религиозных ценностей, укрепление духовных уз прихожан и Церквей, признавая взаимную ответственность друг перед другом, дополняются религиозно-политическим содержанием.

Ключевые слова: международные неправительственные организации, внешняя политика, инструмент влияния, общественно-политические процессы.

Abstract. The article examines the significant systemic effect of religious-oriented INGOs on the international political arena as subjects of world politics, since the world political processes in the XXI century increasingly reflect the functioning of international non-governmental organizations of religious orientation (INGOs of religious orientation), which in their communication with secular and religious organizations show the paradox of substitution of the qualities of the functions performed, determined by their institutional nature. It is concluded that the fundamental criteria that should distinguish religious-oriented INGOs from other non-governmental international organizations, such as communicating religious values, strengthening the spiritual ties of parishioners and Churches, recognizing mutual responsibility to each other, are supplemented by religious and political content.

Key words: international non-governmental organizations, foreign policy, instrument of influence, socio-political processes.

Введение. По предположению В. А. Потапова, исследователя МНПО религиозной направленности, данный феномен означает социально-политический институт, основанный на доктрине религиозного содержания, и при этом фактически или декларативно независимый от органов государственной власти [20, 37-38]. Функциональная роль рассматриваемых структур заключается в исключительно религиозной направленности их коммуникации с внешним миром. Функционируя относительно независимо от держав, от экономических и военно-политических блоков, МНПО религиозной направленности имеют карт-бланш независимого существования и нахождения в религиозном пространстве. И учитывая декларируемый посыл МНПО религиозной направленности как проповедников упрочения демократических основ общества и распространение базовых ценностей гражданского общества одновременно с соблюдением религиозных ценностей, опираясь исключительно на религиозные интересы общества, мы можем говорить о скрепляющих общество коммуникативных задачах МНПО религиозной направленности, так как они стремятся объединять людей на основе общности и сходства религиозных воззрений.

Тем не менее в деятельности МНПО религиозной направленности просматривается курс, который говорит о претензии существовать и функционировать как полноправные субъекты политического процесса, реализуя внешнюю политику государств, которые опираются кроме военных, информационных, экономических и

других ресурсов, на коммуникативные ресурсы МНПО религиозной направленности. Речь идет о расширении арсенала коммуникативных возможностей, стремлении субъектов религиозных отношений влиять на региональные и мировые политические процессы. Способствует данному состоянию и заинтересованность государств и их правительств в активном вовлечении МНПО религиозной направленности в сферу своей внешнеполитической деятельности, тем самым пытаясь решить ряд экспансионистских задач в условиях конкурентной борьбы на международной арене. Следовательно, необходимо теоретическое осмысление практики обращений рядом стран к МНПО религиозной направленности в качестве инструмента внешней политики ряда стран, так и непосредственного участия некоторых международных организаций в качестве субъектов мировой политики с целью выявления объективных предпосылок и факторов, способствующих становлению МНПО религиозной направленности как субъектов политического процесса.

Основная часть исследования. Среди МНПО религиозной направленности самыми крупными организациями являются организации, представляющие христианскую религию. В первую очередь, это Всемирный совет Церквей (ВСЦ) - крупнейшая в мире экуменическая организация, основанная в 1948 г. в Амстердаме. ВСЦ объединяет около 400 миллионов представителей христианского мира; и под эгидой ВСЦ, штаб-квартира которого находится в Женеве, находится 350 церквей из более чем из 110 стран мира [4]. Их христианского мира не входят в ВСЦ Римско-католическая церковь, хотя «Ватикан выступает как активный наблюдатель и консультант организации» [21]; старообрядцы, Южные баптисты, Миссурийский лютеранский синод в США, Евангельские христиане-баптисты в России, Катакомбная Церковь (ИПЦ) и Сибирская евангелическо-лютеранская церковь [21]. На втором месте по численности идут МНПО религиозной направленности, объединяющие представителей мусульманской религии (Лига исламского мира (ЛИМ) и Всемирный исламский конгресс), далее идут более мелкие международные организации, такие как Всемирное братство буддистов (имеет 140 филиалов в 38 странах мира [3]), Конференция Европейских церквей (имеет филиалы более чем в 10 странах), Межпарламентская Ассамблея Православия (данные разнятся – от 10 стран до 30 стран) и другие.

Весьма значим масштаб влияния на международные политические процессы экуменистической организации ВСЦ, в котором экуменизм как практика межконфессиональных коммуникаций, ратующих за сближение и объединение различных христианских церквей (конфессий), является продуктивным коммуникативным механизмом сближения христиан, что дало повод некоторым критикам ВСЦ называть ее «Организацией Объединенных Религий» [14]. ВСЦ обычно с международных трибун выступает против политизации религии. В частности, на десятой Ассамблее ВСЦ в южнокорейском Пусане, которая прошла в 2013 г., представителями ВСЦ было озвучено, что «политизация превращает религию в разделяющий фактор, а "религиозизация политики" сеет религиозную ненависть и экстремизм» [5].

Все же приходится констатировать исторически активное участие ВСЦ в большой политике. В частности, в период противостояния социалистического и империалистического лагерей Российская православная церковь (РПЦ) использовала влияние ВСЦ для распространения интересов внешнеполитических инициатив руководства СССР и блока социалистических стран. Например, линия поддержки СССР ярко проявилась в 1983 году в Ванкувере, когда на VI Ассамблее ВСЦ была принята резолюция по Афганистану, позволявшая «СССР самостоятельно решать вопрос о выводе войск» [9]. Таким образом, с точки зрения политического реализма приходится констатировать проведение ВСЦ в прошлом идеологического курса ЦК КПСС, что вызывало широкий общественный резонанс в западном мире: экуменическое движение стали критиковать за связи с марксистами и даже в финансировании террористов [13].

С распадом СССР необходимость использовать трибуну ВСЦ для решения задач в идеологической борьбе отпала, в связи с чем противоречия между РПЦ и ВСЦ проявились в полной мере и в настоящее время отношение Российской православной церкви к ВСЦ, который представляет около 400 млн христиан, довольно негативное, несмотря на то, что она сама состоит членом ВСЦ с 1961 года. На наш взгляд, главная причина заключается не в том, что при ВСЦ существует Международная организация гомосексуалистов и лесбиянок. Официальная версия гласит, что РПЦ против того, что Всемирный совет Церквей является организацией скорее не церковной, а политической, поскольку постоянно участвует в различных межгосударственных инициативах. В пример РПЦ приводит вынесение ВСЦ на рассмотрение Совета Безопасности ООН предложения о полноправном членстве Палестины как возможности для установления мира. Дополнительно РПЦ продолжает давний спор с ВСЦ по поводу правильности Истины в насаждаемой ВСЦ «теории ветвей», упрекая последнюю в потере Истины и отходе от учений Православной Церкви.

В свою очередь, в 2014 г. Всемирный Совет Церквей (WCC) выступил против Российской православной церкви, обвинив ее в занятии крупным непрозрачным бизнесом, связанном с нефтью и опубликовал официальное обращение, в котором финансирование нефтедобычи церковью названо противоречащим этике. Как пишет New Scientist, WCC осознал вред, который нефтепродукты наносят планетарному климату. Речь шла о том, что РПЦ, которая входит в состав ВСЦ, выступила одним из организаторов РАО МЭС, которое заработало в 2011 году около 2 млрд долл на экспорте «жидкой валюты» [6].

В последние десятилетия в преобладающем большинстве Центральный комитет международной организации ВСЦ стремится вести разработку собственных программ и действий в формате, позволяющем получить одобрение со стороны мирового сообщества, и на современном этапе развития в господствующей системе ценностей ВСЦ преобладает исполнение полезных и даже желательных функций с целью продвижения идей об общей пользе. А именно ВСЦ оказывает гуманитарную помощь во всех районах вооруженных конфликтов: в Украину было доставлено в зону антитеррористических операций 875 тонн гуманитарной помощи [23]; в Руанду во время геноцида 1994 г. христиане со всего мира за несколько дней собрали сборные домики и палатки для 750 тыс. беженцев. Не менее значима, на наш взгляд, работа представителей Всемирного совета церквей по предоставлению информации о катастрофическом экологическом положении в ряде регионов планеты, о гражданских конфликтах, об условиях размещения беженцев и т.д., а также поиск путей в мировой политике, которая облегчит жизнь бедных регионов, что способствует формированию толерантности, веротерпимости, милосердия. По мнению Патриарха Кирилла, высказанному в 2019 г., «Всемирный совет церквей (ВСЦ) должен помочь христианам всего мира преодолеть политические противоречия, которые возникли за последние годы» [18].

Реализация внешней и внутренней политики современных государств объективно сплетается с коммуникативной деятельностью МНПО религиозной направленности. Во-первых, МНПО религиозной направленности в силу возможности базироваться и развивать свою деятельность в большинстве стран мира, являются источником разнообразной и многоплановой информации относительно страны базирования, что делает их в глазах государственных департаментов страны происхождения источником ценной информации со стороны «общественной дипломатии». Нельзя сбрасывать со счетов возможность МНПО религиозной направленности влиять на выработку международного общественного мнения, возможность формировать политическую повестку дня на мировом олимпе. Обычно данный контекст применим при распространении идей исключительности идеолого-политического строя отдельно взятого государства или ряда государств. неправительственные организации часто служат для отработки сценария общественной дипломатии в заранее подготовленных на карте геополитических игр странах. И это вовсе не обязательно митинги, сбор подписей, марши, собрания и пикеты, акции поддержки или протеста, резолюции и воззвания. Это могут быть вполне лояльные и нейтральные встречи перед зданием посольства, организация «круглых столов», конференций на различную тематику, проведение конгрессов и т.д. Перечисленное дает возможность заинтересованной стороне, как минимум, контролировать процессы заранее отработанного взаимодействия МНПО религиозной направленности и общества, где апробируется сценарий общественной дипломатии при проведении «экспортной демократии».

Рассмотрим более подробно вариант «экспортной демократии», навязываемой извне многим странам бывшего социалистического лагеря. В частности, события в Украине показали, что МНПО различной религиозной направленности весьма активно функционировали на территории страны. Особую заинтересованность проявляли баптисты-протестанты и Церковь Саентологии. В аналитических целях можно выделить ряд факторов, связанных с вниманием высокопоставленных чиновников США к Украине и активностью нетрадиционных для православной Украины религиозных течений. Внешне все они опираются на желание расширить сеть гражданских учреждений, добиваться открытых и честных выборов, ратуют за верховенство закона и эффективность государственного управления, свободу вероисповедания и т.д. При этом методы общественной дипломатии щедро финансируются посредством различных программ и грантов. Многие видят в активности зарубежных протестантских активистов-баптистов лишь желание распространять евроатлантические моральные ценности, западных стандартов поведения. На наш взгляд, в деятельности МНПО религиозной направленности, активизировавшихся в Украине, можно усмотреть работу агентов влияния великих держав. В этом же русле надо рассматривать и действия МНПО баптистской Церкви, финансовое обеспечение которой держится на дотациях американских бизнесменов-протестантов. Речь идет о действии распространенного в Украине течения пятидесятников - самой динамичной форме протестантизма, весьма активной социально и обладающей большим опытом мобилизации масс. Пятидесятники, как религия простонародная и доступная, параллельно

несет знания о современном мире, о достижениях глобализации и современной науки, чем дополнительно увеличивает ряды своих сторонников.

На сегодняшний день пятидесятники и баптисты, распространяющие протестантизм, составляют одну из самых разветвленных ветвей МНПО религиозной направленности, с охватом более 200 стран. Любопытно, что протестанты-баптисты любят демонстрировать проявления своего могущества, финансовой мощи и лидерства: например, церкви пятидесятников в Латинской Америке располагаются на территории в несколько сот гектаров, дабы вместить всех желающих. Самое крупное возведение в Центральной Америке имеет помещения с местами на 12 тыс. человек, с бассейном для единовременного крещения 400 человек [25, 238].

Одновременно рост количества разных течений протестантизма можно объяснить корыстными интересами «пастырей», которые без особого труда становятся богатейшими людьми планеты. Тем не менее, в работе пастырей МНПО протестантской направленности просматриваются политические мотивы. В частности, речь идет о стремлении экспортировать протестантизм в виде идеи «очевидного преимущества американского образа жизни» в непротестантские страны как попытка утверждения в мировом масштабе исключительности США. Способствуют утверждению исключительности США и протестантизма протестантские ривайвелистские традиции, получившие название «харизматическое возрождение» [22, 184].

Надо отдать должное умелой организации пропаганды и вовлечения в ряды протестантов-баптистов. Грамотно разработанные планы, опора на помощь психологов, вовлекающие сознание обывателя на успех и позитив – все это ассоциируется в сознании индивида с удачей, взаимопомощью, взаимоподдержкой и оптимизмом, чего не скажешь в отношении традиционных вероисповеданий, где отношения Церкви с паствой строятся на подчинении и подданстве. Помимо Северной Америки, где насчитывается более 80 тысяч баптистских церквей и более 23 миллионов последователей, и стран Европы (например, в Великобритании существует баптистский Кестонский институт, который занимается «изучением религии в странах бывшего коммунистического блока»), влияние проявляется и на постсоветском пространстве.

Сказанное имеет отношение, например, к пятидесятникам, которых В.Н. Филянова относит к политизированным миссионерским технологиям, поскольку «недавняя история Украины – лучше доказательство деятельности методов религиозно-политической деятельности, как направление протестных настроений для США русло» [26]. Также исследователь говорит и о другом «внешнеполитическом векторе деятельности пятидесятнического движения, а именно о поддержке Израиля» [26]. В.Н. Филянова справедливо полагает, что «многочисленные религиозные миссии и ассоциации с разветвленной материальной и информационной структурой становятся транснациональными корпорациями, проявляя стремление к унификации мира» [25, 238].

Особенно показателен пример возросшего догмата протестантской церкви в исторически православной Грузии. Речь идет об активном участии в протестных движениях во время реализации сценария цветных революций. Как пишет В.А. Потапов, «Архиепископ ЕБЦ Грузии М. Сонгулашвили посещал со сподвижниками в 2006 году Белоруссию, где духовное братство приняло самое непосредственное участие в митинге, посвященном свободным и честным выборам в Белоруссии, и других акциях протеста против действующей власти» [20, 100]. В итоге «Евангельская баптистская церковь», первые агенты которой активировались в Грузии с падением социалистического блока, достигла такого политического веса, когда можно говорить о становлении полноценной религиозной альтернативы православной церкви, которая может представлять Грузию в ее диалоге с западными странами [20, 100].

Известно о 740 направлениях пятидесятничества, и по мнению американского интеллектуального центра «Pew Forum on Religion and Public Life», опубликованному в 2006 году, их численность в мире достигает уже 600 млн. человек [2]. Добавим, что США на сегодняшний день являются «преемником Великобритании в распространении протестантизма в мире» [26], вспоминая раннюю политику Британии, которая в свое время на основе протестантских воззрений формировала политику в отношении статуса святых мест в Палестине, и большое влияние протестантских и пиетистских организаций на православное население Греции в XIX веке [27]. Таким образом, уникальность пятидесятничества заключается в том, что возникнув всего в начале XX века, оно «обогнало» все остальные христианские течения своим стремлением увеличить количество своих сторонников. Активно распространяется пятидесятническое религиозное движение протестантов и в России, где неопятидесятники «не признают богословские авторитеты» [1, 40]. Так, политологи Дагестана предполагают, что дагестанские правоохранительные органы не обращают внимания на протестантов, которые пытаются активно влиять на политико-мировоззренческие устои молодежи региона [28]. Российская православная церковь выра-

жает аналогичную обеспокоенность проявлениями явного прозелитизма со стороны активистов МНПО, входящих и не входящих в ВСЦ: «Свидетелей Иеговы», «Евангельских христиан баптистов», «Церкви Адвентистов Седьмого Дня», «Центра обществ сознания Кришны в России» (ЦОСКР), который, в свою очередь, является российским филиалом «Международного общества сознания Кришны» (МОСК) и многих других.

В частности, особый интерес представляет «Общество сознания Кришны», которое было привнесено в СССР в 1971 году «Его божественной милостью» Шри Шримадом, и сегодня, по мнению А.Л. Дворкина, МОСК можно отнести к псевдоиндуистской синкретической прозелитствующей постмодернистской неоязыческой тоталитарной секте [8]. Сами кришнаиты, будучи официально признанным религиозным течением (но не религией – авт.) в Индии, в ответ на решение включить их в список Архиерейского Собора РПЦ «О псевдохристианских сектах, неоязычестве и оккультизме» (1994 год), отреагировала в резких политических тонах, обвиняя в оскорблении всего индийского народа, предполагая, что «будущее индийско-российских отношений теперь поставлено под угрозу» [7, 71]. Примечательно, что парламент Индии прервал свою работу по факту религиозно-ведческой экспертизы книги И.П. Глушковой «Бхагавадгита» («Евангелие» индуизма – авт.), которая состоялась в 2011 году в г. Томске. Глава МИД Индии заявил, что иск о запрете книги подали в суд «невежды», а посол России в Индии высказался не менее резко: «Похоже, что даже в таком прекрасном городе как Томск есть свои городские сумасшедшие» [19]. Мы видим, что в международные отношения привносится оттенок недоверия и недопонимания, основанных деятельностью сектантских групп.

Не меньшую активность в России, как и во всем мире, проявляют саентологи, которые в 1987 году приобрели статус благоприятствования в США с освобождением от всех налогов. Примеру США последовала Германия, где с 2008 года прекратили преследование Церкви, а с 2013 года режим благоприятствования ввели в Великобритании. Транснациональная деятельность Саентологов отличается от остальных МНПО религиозной направленности тем, что основной акцент делается на религиозно-политическом воздействии на элиту – будь то элита интеллектуальная, финансовая, политическая. Объясняется это тем, что с позиций саентологов элита позиционируется с богоизбранностью.

Многие МНПО «закрытых» религиозно-политических течений, к коим можно отнести и саентологов, на сегодняшний день обладают большим политическим весом и влиянием, часто скрываемым от мировой общественности. Проблемы, связанные с данным положением, сложны для анализа и исследования в связи с недостатком информации. Те решения, которые негласно принимаются на уровне Центральных Комитетов организаций, подобных саентологическим, многочисленным протестантским баптистским течениям или радикальным исламистским, часто связаны с геополитическим переделом сфер влияния, со стремлением упрочить позиции своей Церкви, что делает порой весьма неуловимыми те политические нити и связи, которыми они обладают. А учитывая, что представители МНПО религиозной направленности часто входят во влиятельные политико-финансовые круги многих государств, такое предположение не выглядит утопичным.

Оставаясь внешне дробными и внешнеполитически самостоятельными и лояльными, МНПО религиозной направленности весьма активно служат правительствам стран своего происхождения и/или финансирования, являясь проводниками их политики в мире. Это порождает большой и сложный комплекс противоречий и конфликтов, которые наблюдаются в регионах распространения религиозно-политических течений. Так, в России, Украине, Белоруссии, Грузии и Азербайджане активно действуют протестантские баптистские течения, координирующие центры которых находятся в ряде западных стран, на Северном Кавказе России стремятся распространиться исламизм, спонсируемый рядом мусульманских стран, правительство Индии не скрывает своей покровительственной позиции по отношению к «Сознанию Кришны» и т.д. Являясь проводниками геополитических устремлений стран базирования, МНПО религиозной направленности занимаются порой не специфическими для их религиозной направленности проблемами. Так, по мнению Ягуба Махмудова, директора института истории имени А. Бакиханова Национальной Академии Наук Азербайджана, члена-корреспондента Академии, именно американским влиянием можно объяснить действия пасторов-баптистов деревни Алибад Закатальского района Азербайджана, которые среди паствы и в школе распространяли сведения о том, что «азербайджанские земли до Шеки и Шемахи являются исконно грузинской землей. После обвинения в разжигании межрелигиозной и межнациональной вражды, в ходе обысков у пасторов нашли огнестрельное оружие и 37 запрещенных книг религиозного содержания» [12]. Согласимся с азербайджанскими аналитиками, что «распространение протестантскими пасторами идей национальной исключительности и территориальных претен-

зий на территории Грузии и Азербайджана грозят не только столкновениями между Грузией и Азербайджаном, но и дальнейшей разбалансировкой ситуации на всем Кавказе» [15].

Перед тем как перейти к анализу неправительственных международных организаций религиозного мусульманского толка, отметим, что мусульманские МНПО религиозной направленности несколько десятилетий назад стали активно заниматься благотворительностью по всему миру. В частности, это такие крупные организации, действующие в Америке: «Исламская помощь», «Помощь мусульман», «IGNA помощь» (Программа Исламского Круга Северной Америки (ICNA), ICNA Рельеф), «Международная федерация обществ Красного Креста и Красного Полумесяца» и др. Международная неправительственная организация религиозного направления «Исламская помощь» работает с постоянными филиалами в 35 странах мира, работает в партнерстве с другими международными организациями. Пытается устранить коренные причины бедности и помощь в чрезвычайных ситуациях беженцам в районах конфликтов и благотворительная организация «Помощь мусульман». Ставит своей задачей помогать бедным кварталам в пределах Северной Америки, в чрезвычайных ситуациях – в стране и за рубежом «IGNA помощь» (Программа Исламского Круга Северной Америки (ICNA), ICNA Рельеф). С 1919 года действует международная неправительственная организация «Красного Креста и Красного Полумесяца», объединившая в себе усилия 186 стран. Это сеть добровольцев и сотрудников, которые предоставили гуманитарную помощь по всему миру, начиная с 1919 года. В символике Красный Полумесяц используется вместо Красного Креста во многих исламских странах, где все общество стремится оказать помощь без дискриминации по признаку национальности, расы, религии, социальной принадлежности или политических убеждений [24].

Тем не менее, мусульманская конфессия не менее политизирована, чем другие конфессии. Не успев возникнуть, мусульманство как религия раздираема внутренними противоречиями между суннитами и шиитами, между множеством направлений в исламе, которые появились как в суннизме, так и шиизме, добавим сюда и отсутствие единства среди исламских государств. Симптоматично, что именно в рамках ислама чрезвычайно развито использование механизма международных неправительственных организаций и сетей, как с целью чистого прозелитизма, так и «недекларируемых интересов». Как называет их крупный исследователь исламского мира И. П. Добаев, это исламские неправительственные религиозно-политические организации (НРПО) – это организации «четвертого поколения» [11]. Мы не будем углубляться в данный комплекс причин, так как это тема отдельного исследования, отметим лишь, что и международные организации, которые представляет мусульманский мир, так же отличаются большой разобщенностью. Все это дает высказать предположение, что в обозримом будущем никакой коллективной угрозы МНПО религиозной направленности со стороны ислама представлять не будут.

Результаты исследования. Начиная со второй половины XX века МНПО различной религиозной направленности все более активизируются как субъекты мировой политики. Способствует тенденции воспринимать МНПО религиозной направленности как полноправных субъектов политического процесса обращение политической элиты и ряда правительств к неограниченному потенциалу МНПО религиозной направленности, которым подвластны духовные воззрения миллионов людей. Как справедливо замечают Д.А. Демченко, О.А. Алимуратов и А.К. Боташева, «Внешняя политика находится под влиянием целого спектра факторов, имеющих как экстернальный (структура международной системы, международные организации, политическое давление и реакция других государств, экономическая ситуация в различных международных регионах), так и интернальный характер (географические, экономические, политические и социально-культурные факторы). От государства к государству сила влияния того или иного фактора меняется, что зависит от многих параметров конкретного государства. Для ряда государств одним из важнейших факторов выступает такой внутренний социально-культурный фактор, как религия» [10, 259]. В частности, начиная со второй половины прошлого века, в международно-политической практике проявилась тенденция использования правительствами евроатлантического сообщества финансируемых ими МНПО религиозной направленности в целях усиления своего влияния на политические процессы в других государствах. В русле этой тенденции спланированы и осуществлены так называемые «цветные революции» в Сербии, Грузии, на Украине и в Киргизии, реализована смена режимов в Ливии и Египте. В результате МНПО превратились «в продолжение государственных структур ряда стран» [17].

В этом плане справедливы опасения, что многонациональная Российская Федерация также является объектом активного интереса МНПО религиозной направленности, в том числе протестантской, где выделяются пятидесятники и адвентисты седьмого дня. Преследуются цели ослабления государства, подчинения интересам стран-лидеров глобализации, хотя официально посредством МНПО религиозной направленности провоз-

глашается решение задач защиты прав религиозных общин, вопросы гуманитарного и духовного характера. Тем более противоречивой выглядит деятельность МНПО религиозной направленности, финансируемых, в том числе, силовыми или разведывательными структурами, или в руководство которых входят бывшие кадровые работники спецслужб. Выполняя заказы «хозяев», филиалы МНПО религиозной направленности пытаются закрепить у молодежи, как самой политически активной прослойки населения, представления о «правильном» обществе, демократии, правах человека, образцом которых служат США и другие ведущие западные государства. Как предполагают исследователи, они используют различные механизмы, «направленные на внедрение в общественное сознание соответствующих стереотипов и трансформацию традиционных устоев национального самосознания» [16].

Также мы можем предположить, что под прикрытием благотворительной деятельности различных МНПО может вестись определенная разведывательная работа, аналитическая и статистическая служба, так как это весьма распространенная мировая практика, когда спецслужбы финансируют МНПО различной направленности и/или внедряют туда своих специалистов.

Дополнительно вызывает озабоченность у мирового сообщества осуществляемая правительством ряда стран негласная поддержка МНПО религиозной направленности, которые причастны к радикальным, экстремистским или террористическим видам деятельности.

Заключение. Рассмотрение коммуникативного аспекта деятельности международных неправительственных организаций религиозной направленности как субъектов мировой политики позволило сделать вывод, что роль международных неправительственных организаций религиозной направленности как субъектов международных отношений может выражаться в различных формах:

- консультативная: организации дают советы и консультации широкой общественности по религиозным вопросам;
- информационная: организации обращаются к теме распространения знаний о правах человека, акцентируют внимание на защите прав обездоленных, на экономических проблемах, порождающих неравенство;
- контрольная, когда особое внимание уделяется контролю распространения вооружений и т.д.

Одновременно МНПО религиозной направленности выступают в роли универсального инструмента продвижения политики правительств разных стран на международной арене что, по сути, говорит о факте их влияния на международные процессы и свидетельствует о прямом вмешательстве во внутренние дела суверенных государств, когда выражается позиция государства – негласного патрона. Особую настороженность вызывает тот факт, что МНПО религиозной направленности активизируются в странах, где есть в наличии протестные настроения внутри государства. В этой связи в дальнейшем будет актуально рассмотреть использование религии в качестве инструмента внешней политики в интересах государств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова Н.Н. Религиозные практики в среде новых пятидесятников / Н.Н. Александрова // Общество: философия, история, культура. – 2017. – № 3. – С. 40-43.
2. Бирич С. Более 50 призывников-баптистов торжественно не приняли Военную присягу. URL: <http://www.belvpo.com-ru/32726.html>
3. Всемирное Братство буддистов. URL: https://bigenc.ru/religious_studies/text/2334361
4. Всемирный Совет Церквей. URL: <http://www.wcc-coe.org/wcc/russian.html>
5. Всемирный совет церквей призвал не политизировать религию. URL: <http://ria.ru/religion/20131108/975627799.html>
6. Всемирный Совет Церквей: Для духовенства неэтично финансировать нефтедобычу. URL: BY DE RAIN / <http://de-ra.in/posts/whats>
7. Дворкин А.Л. Сектоведение. Тоталитарные секты. Опыт систематического исследования. / Дворкин А.Л. – Нижний Новгород, 2002. – 813 с.
8. Дворкин А.Л. «Общество сознания Кришны» как секта «Нью Эйдж». URL: <http://www.pravmir.ru/obshhestvo-soznaniya-krishnyi/>
9. Девять Генеральных ассамблей Всемирного Совета Церквей: 1948–2006. URL: <https://www.katolik.ru/vatikan/1016-archive/76431-st8482.html>
10. Демченко Д.А. Внешняя политика современного государства: теоретико-методологический анализ современных подходов к исследованию / Д.А. Демченко, О.А. Алимуратов, А.К. Боташева // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. – 2017. – № 4. – С. 259-261.
11. Добаев И.П. Политические институты исламского мира: идеология и практика НРПО четвертого поколения. URL: http://society.polbu.ru/dobaev_politinstitutes/ch08_iv.html

12. Джалилова Д. «Слово Божие» с американским акцентом // Кавказская политика. URL: <http://kavpolit.com/slovo-bozhie-s-amerikanskim-akcentom/>
13. 30 марта 1061 года – Русская Православная Церковь вступила во Всемирный совет церквей. URL: <https://www.odigitria.by/2018/04/04/30-marta-1961-goda-russkaya-pravoslavnaya-cerkov-vstupila-vo-vsemirnyj-sovet-cerkvej/>
14. Масонство, Ватикан и Всемирный совет церквей. URL: <https://radonezh.ru/analytics/masonstvo->
15. Махмудов Я. Территория Грузии искусственно увеличивается за счет Азербайджана. URL: <http://www.kavkazoved.info/news/2012/10/24/territoria-gruzii-iskusstvenno-uvelichivalas-za-schet-azerbajdzhana.html>
16. Наумов А.О. Международные неправительственные организации и проблемы глобального управления // Государственное управление. Электронный вестник. Выпуск № 39. Август 2013. URL: http://e-journal.spa.msu.ru/uploads/vestnik/2013/vipusk_39_avgust_2013_g./problemi_upravlenija_teorija_i_praktika/naoumov.pdf
17. Неправительственные организации в России. URL: <http://www.qsec.ru/node/1644>
18. Патриарх Кирилл: Всемирный совет церквей может помочь в преодолении мировых кризисов. URL: <https://tass.ru/obschestvo/6057550>
19. Посол России в Индии о процессе по делу «Бхагавад-гиты»: «Похоже, даже в Томске есть свои городские сумасшедшие». URL: <https://tayga.info/106385>
20. Потапов В.А. Международные неправительственные организации религиозной направленности в современной мировой политике: автореф. дис. ... канд. полит. наук. Пятигорск, 2016. С. 37-38.
21. РПЦ теряет друга во Всемирном Совете церквей // Независимая газета. 2020. 17 марта. URL: https://ng.ru.turbopages.org/ng.ru/s/problems/2020-03-17/13_483_wcc.html
22. Скоробогатова И.В. Харизматическое движение: от ривайвализма к институционализации / И.В. Скоробогатова // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. – 2013. – № 4(26). – С. 184-188.
23. Ткаченко Е.В. В Лисичанск привезли 8 тонн гуманитарки. URL: <https://www.0642.ua/news/588557/v-lisicansk-privezli-8-tonn-gumanitarki>
24. Top 7 Islamic Charitable Organizations. URL: <http://islam.about.com/od/activism/tp/charities.htm>
25. Филянова В.Н. «Нет границ, только люди!»: пятидесятники на службе глобализации / В.Н. Филянова // Проблемы национальной стратегии. – 2014. – № 4 (25). – С. 221-238.
26. Филянова В.Н. «Нет границ, только люди!»: пятидесятники на службе глобализации URL: https://ruskline.ru/analitika/2014/12/30/net_granic_tolko_lyudi
27. Ярасов А. Сектанты разжигают межрелигиозную рознь. URL: http://hramprimorsk.ru/publ/sektovedenie/-adventisty_sedmogo_dnja/psevdokhristianskaja_sekta_adventisty_sedmogo_dnja/9-1-0-76
28. 500 лет борьбы за души: протестанты выигрывают у РПЦ на Кавказе. URL: https://www.kavkaz-uzel.eu/articles/Protestants_orthodoxe_islam_500_years/

REFERENCES

1. Aleksandrova N.N. Religioznye praktiki v srede novyh pyatidesyatnikov / N.N. Aleksandrova // Obshchestvo: filosofiya, istoriya, kul'tura. – 2017. – № 3. – С. 40-43.
2. Birich S. Bolee 50 prizyvnikov-baptistov torzhestvenno ne prinyali Voennuyu prisyagu. URL: <http://www.belvpo.com/-ru/32726.html>
3. Vsemirnoe Bratstvo buddistov. URL: https://bigenc.ru/religious_studies/text/2334361
4. Vsemirnyj Sovet Cerkvej. URL: <http://www.wcc-coe.org/wcc/russian.html>
5. Vsemirnyj sovet cerkvej prizval ne politizirovat' religiyu. URL: <http://ria.ru/religion/20131108/975627799.html>
6. Vsemirnyj Sovet Cerkvej: Dlya duhovenstva neetichno finansirovat' neftedobychu. URL: BY DE RAIN / <http://de-ra.in/posts/whats>
7. Dvorkin A.L. Sektovedenie. Totalitarnye sekty. Opyt sistematicheskogo issledovaniya. / Dvorkin A.L. – Nizhnij Novgorod, 2002. 813 s.
8. Dvorkin A.L. «Obshchestvo soznaniya Krishny» kak sekta «N'yu Ejdzh». URL: <http://www.pravmir.ru/obshhestvo-soznaniya-krishnyi/>
9. Devyat' General'nyh assamblej Vsemirnogo Soveta Cerkvej: 1948–2006. URL: <https://www.katolik.ru/vatikan/1016-archive/76431-st8482.html>
10. Demchenko D.A. Vneshnyaya politika sovremennogo gosudarstva: teoretiko-metodologicheskij analiz sovremennyh podhodov k issledovaniyu / D.A. Demchenko, O.A. Alimuradov, A.K. Botasheva // Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta. – 2017. – № 4. – С. 259-261.
11. Dobaev I.P. Politicheskie instituty islamskogo mira: ideologiya i praktika NRPO chetvertogo pokoleniya. URL: http://society.polbu.ru/dobaev_politinstutes/ch08_iv.html
12. Dzhililova D. «Slovo Bozhie» s amerikanskim akcentom // Kavkazskaya politika. URL: <http://kavpolit.com/slovo-bozhie-s-amerikanskim-akcentom/>
13. 30 marta 1061 goda – Russkaya Pravoslavnaya Cerkov' vstupila vo Vsemirnyj sovet cerkvej. URL: <https://www.odigitria.by/-2018/04/04/30-marta-1961-goda-russkaya-pravoslavnaya-cerkov-vstupila-vo-vsemirnyj-sovet-cerkvej/>
14. Masonstvo, Vatikan i Vsemirnyj sovet cerkvej. URL: <https://radonezh.ru/analytics/masonstvo->

15. Mahmudov YA. Territoriya Gruzii iskusstvenno uvelichivaetsya za schet Azerbajdzhana. URL: <http://www.kavkazoved.info/news/2012/10/24/territoria-gruzii-iskusstvenno-uvelichivalas-za-schet-azerbajdzhana.html>
16. Naumov A.O. Mezhdunarodnye nepravitel'svennye organizacii i problemy global'nogo upravleniya // Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyj vestnik. Vypusk № 39. Avgust 2013. URL: http://e-journal.spa.msu.ru/uploads/-vestnik/2013/vipusk__39._avgust_2013_g./problemi_upravlenija_teorija_i_praktika/naumov.pdf
17. Nepravitel'svennye organizacii v Rossii. URL: <http://www.qsec.ru/node/1644>
18. Patriarh Kirill: Vsemirnyj sovet cerkvej mozhet pomoch' v preodolenii mirovyh krizisov. URL: <https://tass.ru/obschestvo/6057550>
19. Posol Rossii v Indii o processe po delu «Bhagavad-gity»: «Pohozhe, dazhe v Tomske est' svoi gorodskie sumasshedshie». URL: <https://tayga.info/106385>
20. Potapov V.A. Mezhdunarodnye nepravitel'svennye organizacii religioznoj napravlenosti v sovremennoj mirovoj politike: avtoref. dis. ... kand. polit. nauk. Pyatigorsk, 2016. S. 37-38.
21. RPC teryaet druga vo Vsemirnom Sovete cerkvej // Nezavisimaya gazeta. 2020. 17 marta. URL: https://ng.ru.turbopages.org/ng.ru/s/problems/2020-03-17/13_483_wcc.html
22. Skorobogatova I.V. Harizmaticheskoe dvizhenie: ot rivajvelizma k institucionalizacii / I.V. Skorobogatova // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.P. Astaf'eva. – 2013. – № 4(26). – S. 184-188.
23. Tkachenko E.V. V Lisichansk privezli 8 tonn gumanitarki. URL: <https://www.0642.ua/news/588557/v-lisichansk-privezli-8-tonn-gumanitarki>
24. Top 7 Islamic Charitable Organizations. URL: <http://islam.about.com/od/activism/tp/charities.htm>
25. Filyanova V.N. «Net granic, tol'ko lyudi!»: pyatidesyatniki na sluzhbe globalizacii / V.N. Filyanova // Problemy nacional'noj strategii. – 2014. – № 4 (25). – S. 221-238.
26. Filyanova V.N. «Net granic, tol'ko lyudi!»: pyatidesyatniki na sluzhbe globalizacii URL: https://ruskline.ru/analitika/2014/12/30/net_granic_tolko_lyudi
27. YArasov A. Sektanty razzhigayut mezhreligioznuyu rozn'. URL: http://hramprimorsk.ru/publ/sektovedenie/-adventisty_sedмого_dnja/psevdokhristianskaja_sekta_adventisty_sedмого_dnja/9-1-0-76
28. 500 let bor'by za dushi: protestanty vyigryvayut u RPC na Kavkaze. URL: https://www.kavkaz-uzel.eu/articles/-Protestants_orthodoxe_islam_500_years/

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Боташева Асият Казиевна, доктор политических наук, доцент, профессор кафедры журналистики, медиакоммуникаций и связей с общественностью Института международных отношений Пятигорского государственного университета; тел.: 89614833806; E-mail: ab-ww@mail.ru

Botasheva Asiyat Kazievna, Doctor of Political Science, Associate Professor, Professor of the Department of Journalism, Media Communications and Public Relations of the Institute of International Relations of Pyatigorsk State University; Phone: 89614833806; E-mail: ab-ww@mail.ru

Ефимова Ольга Васильевна, кандидат филологических наук, доцент кафедры европейских языков Института международных отношений Пятигорского государственного университета; тел.: 89197495568; E-mail: oyefimova@yahoo.com

Yefimova Olga Vasilevna, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor of the Department of European languages at the Institute of International Relations of Pyatigorsk State University; Phone: 89197495568; E-mail: oyefimova@yahoo.com

Тамбиева Зурида Сафарбиевна, кандидат политических наук, доцент, доцент кафедры философии и гуманитарных дисциплин Северо-Кавказской государственной академии; тел.: 89289240712; E-mail: tambieva@mail.ru

Tambieva Zurida Safarbievna, Candidate of Political Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Philosophy and Humanities of the North Caucasus State Academy; Phone: 89289240712; E-mail: tambieva@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 10.07.2020

После рецензирования: 13.08.2020

Дата принятия к публикации: 03.09.2020

ДИСКУССИОННЫЕ СТАТЬИ | DISCUSSION PAPERS

М. В. Каледина [M. V. Kaledina]

А. Н. Федосова [A. N. Fedosova]

Л. В. Волощенко [L. V. Voloshenko]

Н. П. Шевченко [N. P. Shevchenko]

И. А. Байдина [I. A. Baydina]

УДК 321.64

**СПИРУЛИНА КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНАЯ ДОБАВКА
В ИННОВАЦИОННЫЕ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ С ПОЛЬЗОЙ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ****SPIRULINA AS A PROMISING BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE
FOR ADVANCED HEALTHY FOOD PRODUCTS**Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, г. Белгород
Belgorod State Agricultural University named after V. Ya. Gorin

Аннотация. Острая необходимость поиска новых источников веществ для разработки инновационных пищевых продуктов, способных повышать адаптационный потенциал организма сегодня очевидна всем. Современный человек живет и работает на фоне высоких нервно-эмоциональных перегрузок и не всегда благоприятной экологии, что стимулирует ученых и производителей продуктов питания к поиску новых источников веществ, способных повысить резистентность организма человека к условиям реальной действительности. В последнее время микроводоросли привлекают внимание пищевой промышленности. Они обладают рядом перспектив применения в области функциональных пищевых продуктов как в форме натуральной биомассы (микроструктурные порошки или сиропы), так и возможностью получения из них биологически активных ингредиентов.

Объекты и методы исследования. В качестве объекта исследования рассматривается микроводоросль спирулина (*Spirulina platensis*). Спирулину относят к роду цианобактерий класса *Cyanophyceae* (крупные грамотрицательные бактерии, способные к фотосинтезу, сопровождающемуся выделением кислорода). Биохимический состав клеток спирулины во многом соответствует биохимическому составу клеток животного микроорганизма. В представленном обзоре на основе анализа научно-технической литературы рассматривается роль микроводоросли спирулина как источника и компонента функциональных продуктов или напитков.

Результаты и их обсуждение. *Spirulina platensis* является разновидностью сине-зеленых водорослей, имеет особый обмен веществ, накапливает уникальный состав питательных и биологически активных веществ с широким спектром медицинских показаний к употреблению. В отличие от других водорослей, спирулина легко переваривается и усваивается, обладает пребиотическими свойствами. Одним из наиболее ценных макрокомпонентов является белок, масса которого составляет 60-70 г на 100 г сухого вещества. По биологической ценности белок микроводоросли сможет заменять мясной, конкурентно преобладая над ним по ряду параметров. Спирулина содержит большое количество антиоксидантов и противовоспалительных веществ, таких как фикоцианин и β -каротин. Не менее ценным она является источником витаминов и минеральных веществ. Спирулина считается одним из главных источников гамма-линоленовой кислоты, защищающей организм человека от развития атеросклероза, гипертонии, артрита. На сегодняшний день существует два способа использования спирулины: производство биологически активных веществ и непосредственное употребление биомассы водоросли в пищу в виде сухого порошка или сиропов. Несмотря на объективные достоинства спирулины специфические органолептические свойства пока ограничивают ее широкое использование в пищевой промышленности. Однако имеются работы по использованию спирулины в технологии некоторых продуктов. Спирулина хорошо зарекомендовала себя для обогащения хлебобулочных изделий профилактического назначения, проявляя антиоксидантные свойства, снижая интенсивность очерствения хлеба, положительно влияет на удельный объем, пористость, устойчивость формы. Предложено использовать биомассу микроводорослей для обогащения пшеничной муки с получением макаронных изделий и сопутствующих продуктов или в качестве добавок в готовые сухие продукты (например, детские супы и высокобелковые напитки). Использование спирулины в технологии кисломолочных напитков с пробиотиками показало, что биомасса водоросли оказывает стимулирующее действие на микрофлору закваски, повышает устойчивость пробиотиков при хранении. Функционально-технологические свойства спирулины (эмульгирующая, вспенивающая, гелеобразующая, водная и жировая абсорбционные способности) определяют возможность ее применения в технологии мясных и рыбных продуктов.

Выводы. Из анализа имеющихся сведений следует – спирулина является перспективным ингредиентом для инновационных функциональных продуктов. ЮНЕСКО (UNESCO) относит спирулину к идеальной и наиболее питательной пище будущего. Чтобы спирулина стала пищей, требуется разработка технологии особых продуктов, которые пока практически отсутствуют, но неизбежно появятся в будущем.

Ключевые слова: спирулина, микроводоросли, функциональные продукты, функционально-технологические свойства, биологически активные соединения.

Abstract. Attention is drawn to the urgent need to search for new sources of substances for the development of innovative food products that can increase the adaptive potential of the organism. Modern man lives and works against a background of high neuro-emotional overload and not always favorable ecology, which stimulates scientists and food manufacturers to search for new sources of substances that can increase the resistance of the human body to the conditions of reality. Recently, microalgae have attracted the attention of the food industry. They have a number of prospects for application in the field of functional food products both in the form of natural biomass (microstructured powders or syrups) and the possibility of obtaining biologically active ingredients from them.

Study objects and methods. Microalgae *Spirulina* (*Spirulina platensis*) is considered as an object of research. *Spirulina* belongs to the genus of cyanobacteria of the class Cyanophyceae (large gram-negative bacteria capable of photosynthesis, accompanied by the release of oxygen). The biochemical composition of spirulina cells largely corresponds to the biochemical composition of the cells of an animal microorganism. In this review, based on the analysis of scientific and technical literature, the role of the microalgae spirulina as a source and component of functional foods or drinks is considered.

Results and its discussion. *Spirulina platensis* is a type of blue-green algae that has a special metabolism, accumulates a unique composition of nutrients and biologically active substances with a wide range of medical indications for use. Unlike other algae, spirulina is easy to digest and absorb and has prebiotic properties. One of the most valuable macrocomponents is protein, which weighs 60-70 g per 100 g of dry matter. In terms of biological value, microalgae protein can replace meat protein, competitively prevailing over it in a number of parameters. Spirulina is high in antioxidants and anti-inflammatory substances such as phycocyanin and β -carotene. It is no less valuable as a source of vitamins and minerals. Spirulina is considered one of the main sources of gamma-linolenic acid, which protects the human body from the development of atherosclerosis, hypertension, arthritis. Today, there are two ways to use spirulina: the production of biologically active substances and the direct use of algae biomass in food in the form of dry powder or syrups. Despite the objective advantages of spirulina, specific organoleptic properties still limit its widespread use in the food industry. However, there are works on the use of spirulina in the technology of some products. Spirulina has proven itself well for the enrichment of bakery products for prophylactic purposes, exhibiting antioxidant properties, reducing the intensity of bread hardening, and has a positive effect on the specific volume, porosity, and shape stability. It is proposed to use the biomass of microalgae for enriching wheat flour with obtaining pasta and related products or as additives in ready-made dry products (for example, baby soups and high-protein drinks). The use of spirulina in the technology of fermented milk drinks with probiotics has shown that the biomass of algae has a stimulating effect on the microflora of the starter culture, increases the stability of probiotics during storage. Functional and technological properties of spirulina (emulsifying, foaming, gelling, water, and fat absorption capacity) determine the possibility of its use in the technology of meat and fish products.

Conclusion. From the analysis of the available data, it follows that spirulina is a promising ingredient for innovative functional products. UNESCO lists spirulina as the ideal and most nutritious food of the future. For spirulina to become food, it is necessary to develop technology for special products that are still practically absent but will inevitably appear in the future.

Key words: spirulina, microalgae, functional products, functional and technological properties, biologically active compounds.

Введение. Современный человек живет и работает на фоне высоких нервно-эмоциональных перегрузок и не всегда благоприятной экологии, что снижает резистентность организма. Ежегодно растет число людей, страдающих хроническими заболеваниями (атеросклероз, диабет, сердечно-сосудистые, онкологические). Одной из причин низкой адаптационной способности людей является несовершенство питания, недостаточная обеспеченность организма витаминами, минеральными веществами, минорными биологически активными компонентами необходимыми для нормального функционирования жизнеобеспечивающих систем организма.

Ученые и производители продуктов питания постоянно и активно ищут новые технологические решения и компоненты для производства пищевых продуктов, оказывающих полезное воздействие на человеческий организм, повышающих адаптационный потенциал.

Функциональные полезные продукты являются областью повышенного внимания не только ученых, интерес к ним проявляет значительная часть населения, и потому функциональные продукты занимают колоссальную нишу рыночного сегмента.

Кроме известных и уже широко используемых функциональных ингредиентов в последнее время все больше внимание привлекают микроводоросли. Они обладают рядом привлекательных свойств для их применения в производстве функциональных пищевых продуктов. Для производства пищевых продуктов представляют интерес хлорелла (*Chlorella*), дуналиелла (*Dunaliella salina*) и спиролина (*Spirulina*).

Следует отметить, что по данным ФАО/ВОЗ к 2050 году прогнозируется численность населения Земли около 9,8 млрд. человек, для удовлетворения потребностей в питании объем производимого в настоящее время продовольствия должен удвоиться [37].

Уже много лет назад заявлено о тенденции растущей потребности и дефиците белка в пище людей. Основную часть потребляемого в мире белка, используемого для производства продуктов питания и кормов, составляют растительные белки.

В Российской Федерации, что важно подчеркнуть, в питании людей преимущественно потребляются животные белки. Однако озабоченность по поводу проблем здравоохранения, охраны окружающей среды, экологии и благополучия животных может послужить толчком к развитию производства и потребления именно растительных белков в нашей стране.

Использование микроводорослей как источника белков – относительно новое направление. Помимо высокого содержания белка, содержащего сбалансированный аминокислотный профиль, микроводоросли обладают обилием биологически активных соединений, что может повысить полезность такой пищи для здоровья человека.

Богатство соединений в микроводорослях может способствовать развитию пищевой промышленности, ориентированной на изготовление инновационных продуктов в целях совершенствования рациона питания людей. Микроводоросли являются источником ценных соединений с полезными для людей свойствами. Они богаты полиненасыщенными жирными кислотами, минералами и витаминами, способными повышать пищевую ценность продуктов питания. Наиболее перспективной для использования в пищевой отрасли может быть микроводоросль спиролина (*Spirulina platensis*) и извлекаемые из нее компоненты.

Спиролина отличается по обмену веществ от других водорослей. Она накапливает питательные вещества за счет фотосинтеза, используя энергию солнечного света, что является типичным для растительных форм жизни, но для нее характерна бактериальная форма жизни. Спирулину относят к роду цианобактерий класса *Cyanophyceae* (крупные грамотрицательные бактерии, способные к фотосинтезу, сопровождающемуся выделением кислорода). Биохимический состав клеток спиролины во многом соответствует биохимическому составу клеток животного микроорганизма. Все это в комплексе объясняет уникальный набор веществ, входящих в состав спиролины [8].

В природной среде обитания спиролина является обычным живым организмом, она подвержена воздействию физических и химических факторов окружающей среды: интенсивности солнечного света, концентрации солей в водоеме, температуры, пониженной влажности, недостатка питательных веществ и т.д. В условиях резких колебаний природных факторов, спиролина, как и всякий другой организм, адаптируется к ним, что отражается на изменениях в общем метаболизме и генной структуре.

Материалы и методы. В данном обзоре на основе анализа научно-технической литературы обсуждается настоящая и будущая роль микроводоросли спиролина как источника и компонента функциональных продуктов или напитков.

Spirulina platensis является разновидностью зеленых водорослей с уникальным составом питательных и биологически активных веществ (белков, витаминов, минералов, пигментов и фенольных кислот) с широким спектром медицинских показаний к употреблению [17]. Данная водоросль содержит в составе пигменты (фикоцианин и бета-каротин), обладающие мощными антиоксидантными свойствами [34] и особые полисахариды [25]. Сегодня это хорошо известные биологически активные компоненты – протекторы ряда заболеваний: почечной недостаточности [22], гипертонии и рака [21, 26]. Помимо антиоксидантного действия, пигменты и полисахариды *Spirulina platensis* проявляют антибактериальную активность, отлично противостоят некоторым разновидностям вирусов [32]. Обобщенные данные по химическому составу *Spirulina platensis* представлены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав высушенной биомассы спирулины (*Spirulina platensis*)

Аминокислоты	% общего белка	Питательные вещества	%
Изолейцин	5,7	Белок	60-70
Лейцин	8,7	Углеводы	10-20
Лизин	5,1	Жиры	5
Метионин	2,6	Зольность	7
Фенилаланин	5	Клетчатка	2
Треонин	5,4	Влажность	6
Триптофан	1,5	Пигменты	мг/кг
Валин	7,5	Хлорофилл	7600
Аланин	7,9	Фикоцианин	1110
Аспарагиновая кислоты	9,1	Витамины	мг/кг
Цистеин	0,9	β-каротин	1700
Глутаминовая кислоты	12,7	В ₁₂	1,6
Глицин	4,8	Кальция пантотенат	11
Гистидин	1,5	Фолиевая кислоты	0,5
Пролин	4,1	Инозитол	350
Серин	5,3	В ₅	118
Тирозин	4,6	Пиродоксин (В ₆)	3
Аргонин	7,6	Тиамин (В ₁)	55
Жирные кислоты	мг/кг	Токоферол (Е)	190
Миристиновая С ₁₄	644	Минералы	мг/кг
Пальмитиновая С ₁₆	21,1	Кальций	1315
Стеариновая С ₁₈	353	Фосфор	8280
Олеиновая С ₁₈	3,01	Железо	528
Линолевая С ₁₈	13,79	Натрий	344
Гамма-линоленовая С ₁₈	11,97	Магний	1663
Бета-линоленовая С ₁₈	427	Цинк	30
Неомыляемые соединения	мг/кг	Калий	1435
Стероиды	325,0	Медь	5
Дитерпеновые спирты	800,0	Хром	1,24
		Селен	0,14

Результаты и их обсуждение. Возросший интерес к спирулине связан с открытием бельгийского ботаника Ж. Леонара, связавшего продолжительность жизни и здоровья одного из африканских племен с ежедневным потреблением водорослей. С начала 80-х годов спирулина активно применяется в качестве полезной пищевой добавки в некоторых странах (Япония, США). Изначально спирулину собирали в водоемах таких регионов, как Африка и Америка. Именно там сложились оптимальные условия для активного роста водоросли.

Объективная полезность спирулины для здоровья ежегодно увеличивала потребность в ней, что привело к разработке технологий ее культивации в искусственно созданных водоемах и в закрытых или открытых фотобиореакторах. Идея культивирования спирулины в промышленных масштабах реализована в Германии в 50-х гг. XX в. Технология выращивания спирулины в искусственно созданных условиях позволяет получать биомассу в заданных и поддающихся контролю параметрах среды и опосредованно влиять и регулировать биологические и химические свойства биомассы [5].

Культивирование спирулины в закрытых биологических реакторах с использованием искусственного освещения позволяет обогащать ее полезными микроэлементами, например, йодом, селеном, цинком и других биологически важных микроэлементах в формах с повышенной биологической доступностью [3].

Сегодня спирулина активно выращивается множеством стран. Среди них: Мексика, Соединенные Штаты, Тайвань, Израиль, ряд стран Евросоюза (Италия, Болгария и др.). Что касается Российской Федерации и ряда стран СНГ, здесь технология выращивания спирулины принадлежит ученым МГУ им. Ломоносова. Культивирование осуществляется в реакторах с пресной водой; процесс сопровождается внесением питательных веществ: азота, фосфора и других. В настоящее время в России единственное предприятие, занятое культивированием спирулины в масштабах, необходимых для удовлетворения нужд пищевой промышленности, является НПО «Биосоляр МГУ». С 2010 г. в ЗАО «Институт фармацевтических технологий» города Москвы под руководством д. т. н., проф. С. А. Кедик налажено производство ценных и биологически полезных добавок под названием «Фармаспирулина».

Перспективность использования спирулины в производстве пищевой продукции обусловлена ее уникальным составом с научно-обоснованным полезным воздействием на организм человека и животных. Наиболее важными компонентами состава спирулины для производства функционально полезных инновационных продуктов являются белки, витамины и минеральные вещества, пигменты, особые жирные кислоты, фитостеролы.

Белки. Спирулина состоит из биологически ценных для человека белков, содержание которых достигает 60-70 г на 100 г сухого продукта. Они имеют сбалансированный аминокислотный профиль в соответствии с рекомендациями ВОЗ/ФАО относительно потребностей человека в жизненно важных аминокислотах. Этот профиль сходный по составу аминокислот с традиционными источниками полноценного белка (белки яиц и сои). Однако в белках микроводорослей, как и растений, содержится недостаточное для человека количество серосодержащих аминокислот (метионина и цистеина) [17].

Žugčić Т. считает, что спирулиновый протеин способен успешно конкурировать с животным белком. Использование спирулины при частичной замене мясного белка может стать крайне полезным для здоровья людей благодаря аминокислотному составу, отсутствию холестерина, высокому содержанию витаминов, минералов, незаменимых жирных кислот, полифенолов и пигментов [39].

Белки спирулины имеют относительно небольшую молекулярную массу, легко перевариваются и усваиваются. По усвояемости они не уступают белку молока – казеину, который часто и активно используется множеством диетологов в качестве базиса для оценки ценности белков. Перевариваемость спирулины в среднем достигает 80%, что обусловлено мягкой структурой клеточных стенок, состоящих из мукополисахаридов и низкой доли твердой, неусвояемой клетчатки (0,4% от совокупного количества углеводов) и повышенной активностью гидролаз [8].

Витамины и минеральные вещества. Микроводоросли – богатый источник витаминов: провитамина А (α- и β-каротин, апокаротиноиды), витамина С (аскорбиновая кислота), витамина Е (токоферолы и токотриенолы), витаминов группы В, таких, как В₁ (тиамин), В₂ (рибофлавин), В₅ (ниацин) и В₁₂ (кобаламин), присутствует в ней и витамин D [22].

В процессе роста спирулина аккумулирует огромное количество ценных и полезных микроэлементов. Содержание минералов зависит от региона произрастания и наличия определенных минералов в среде культивирования. Тетрапиррольная система пигментов спирулины (фикоцианина и хлорофилла) позволяет целенаправленно ее обогащать биологически необходимыми микроэлементами в процессе ее искусственного культивирования. Хелатообразный способ связывания обеспечивает высокую усвояемость введенных минералов в организме человека. В работе С. С. Аникина и др. показано, что сиропы на основе живых клеток водоросли являются эффективным средством коррекции гематологических показателей при анемии беременных. Использование сиропа при суточной дозировки 10-20 см³ позволяет в течение трех недель ликвидировать дефицит железа легкой степени [2].

Пигменты. Водоросли содержат фотосинтетические пигменты, которые являются неотъемлемой частью структуры хлоропластов, обладающих функцией поглощения света. Пигменты водорослей подразделяются на три класса: фикобилипротеины, хлорофиллы и каротиноиды.

Спирулина имеет сине-зеленый цвет, что обусловлено содержанием в них фикобилипротеинов, выполняющих фотосинтетическую функцию, где главную роль исполняют пигменты фикоцианины и

фикоэритрины. Фикоцианин составляет около половины массы фикобилипротеинов. В целом доля основного пигмента фикоцианина составляет до 20% сухой массы спироулины.

Научно доказано, что фикоцианин оказывает положительное воздействие на стволовые клетки, синтезирующие лейкоциты (белые кровяные клетки, основа иммунной системы) и эритроциты (красные клетки крови), обеспечивающие насыщение организма кислородом. Регулятивное воздействие фикоцианина на синтез лейкоцитов сохраняется даже в случаях, когда стволовые клетки пострадали от влияния токсичных веществ или радиационного излучения [8]. Именно это свойство фикоцианина обусловило статус водоросли как «лечебного питания» при облучении. В Китае запатентовано открытие, согласно которого установлен механизм регулятивного воздействия фикоцианина на стволовые клетки человека. Это свойство спироулины часто применяется в терапевтических и лечебных целях при облучении людей, работников рентгеновских кабинетов медицинских учреждений, при раковых заболеваниях и для лечения больных лейкозом.

Чистый фикоцианин, выделяемый из водоросли, используется при приготовлении множества эффективных медикаментозных средств лечения онкологических и иммунных заболеваний [31].

В ряде работ указаны антиоксидантные, противовоспалительные, гепатопротекторные, нейропротекторные, атеропротекторные и иммуномодулирующие свойства фикоцианина [22,33,34].

Спирулина обладает способностью к фотосинтезу, обусловленной высоким содержанием в ней хлорофилла, что отражается в интенсивности зеленого цвета. В природе встречаются несколько видов хлорофиллов, в спироулине содержится хлорофилл А, его доля около 1 %. Хлорофилл или его производные известны пользой для здоровья людей: они обладают высокими терапевтическими свойствами [21]. Этот пигмент обладает противомикробными, антиоксидантными и прочими ценными свойствами, он часто используется при лечении заболеваний сердца и сосудов, ожогов [8].

Каротиноиды являются обязательными компонентами пигментных систем всех фотосинтезирующих организмов, где они выполняют две главные функции: участвуют в поглощении света в качестве дополнительных пигментов и защищают хлорофилл от необратимого фотоокисления. Из каротиноидов в спироулине преобладает β -каротин (оранжевый пигмент), его содержание в спироулине превышает любой другой природный источник. В организме из β -каротина синтезируется витамин А и самостоятельно β -каротин является одним из самых мощных антиоксидантов, защищающим организм от избытка свободных гидроксильных радикалов, способных разрушать липопротеиновые оболочки мембран клеток, белки и нуклеиновые кислоты. Антиоксидантные свойства β -каротина укрепляют иммунитет, снижают риск инфекционных заболеваний, смягчается вредное действие окружающей среды: электромагнитного излучения, радиоактивного загрязнения, повышаются адаптационные возможности организма к стрессам [35].

Применение β -каротина улучшает состояние при нарушениях зрительной функции, поэтому он нашел широкое применение в производстве продуктов питания, разрешен в качестве красителя в молочных продуктах, фармацевтической продукции и косметике.

Жирные кислоты. В спироулине жирные кислоты входят в состав фосфолипидов и гликолипидов, исполняющих роль структурных компонентов мембран оболочек клеток. Жирные кислоты структурных липидов относятся к высшим жирным кислотам с преобладанием полиненасыщенных (полиеновых) жирных кислот (таблица 2). Полиненасыщенные жирные кислоты, входящие в липидный комплекс спироулины, по данным некоторых исследований рекомендованы в лечении и профилактике сердечно-сосудистых заболеваний и хронических заболеваний печени. Они оказывают благоприятное влияние на липидный обмен [23].

Таблица 2

Жирнокислотный состав спироулины платенсис

Название	Количество, %
Жирные кислоты	
пальмитиновая	25,8
пальмитоловая	3,8
стеариновая	1,7
олеиновая	16,6
Полиненасыщенные жирные кислоты семейства ω-6	
линолевая	12
гамма-линоленовая	40,1
Полиненасыщенные жирные кислоты семейства ω3	
линоленовая	следы

Из жирных кислот липидного комплекса спирулины особое значение для человека имеет – (гамма)-линоленовая кислота (GLA). На долю гамма-линоленовой кислоты в спирулине приходится до 25% общего количества жирных кислот. Из гамма-линоленовой кислоты образуются биологически активные вещества – простагландины, отвечающие за синтез стероидных гормонов. Основные показания к применению гамма-линоленовой кислоты: атеросклероз, избыточный холестерол, гипертония, рассеянный склероз, артрит [22].

По словам проф. С. А. Кедик, гамма-линоленовую кислоту очень сложно получить из пищи. В младенческом возрасте она поступает в организм ребенка с материнским молоком. Самым богатым природным источником на сегодня является спирулина.

Антиканцерогенные свойства линолевой кислоты доказаны в исследованиях *in vitro*, проведенными Liew C. [27]. Им было установлено, что линолевая кислота является потенциальным ингибитором развития рака.

Фитостерины (фитостеролы). Микроводоросли содержат повышенную концентрацию стероидов и включают множество фитостеролов, таких как брасикастерол, ситостерин и стигмастерол [21]. Состав стероидов изменяется в зависимости от условий выращивания и фазы роста спирулины. Фитостеролы предлагаются в качестве биологически активных добавок, позволяющих конкурентно ограничивать всасывание пищевого холестерина и уменьшать частоту проявления сердечно-сосудистых заболеваний [16].

Углеводы. Углеводы, как известно, образуются в процессе фотосинтеза, биосинтез протекает ступенчато от моно- до полисахаридов. Общее содержание углеводов в спирулине не превышает 20% сухого вещества. Моносахариды представлены преимущественно рамнозой. из полисахаридов преобладает гликоген, низкое содержание крахмала и практически отсутствует клетчатка [8].

Полисахариды входят в состав клеток, клеточных стенок, а также слизистых чехлов. Из состава структурных полисахаридов спирулины выделены рамноза, фруктоза, галактоза, ксилоза, глюкуроновая и др. кислоты. Несмотря на невысокое содержание углеводов, как показали новейшие исследования, именно углеводная фракция обуславливает высокую антивирусную активность спирулины. Очищенный водный экстракт спирулины (спирулан кальция) *in vitro* ингибирует репликацию таких опасных вирусов, как ВИЧ-1, вирус герпеса, вирус гриппа А и некоторых других и совершенно безопасен для человеческих клеток [32]. Полисахариды спирулины оказывают пребиотическое действие на кишечную микробиоту [24, 25].

Использование спирулины в пищевой промышленности. Широкий спектр возможностей применения и перспектив спирулины находит выражение в двух основных направлениях: использование непосредственно биомассы, и биомасса спирулины как сырье для получения ценных и полезных веществ. Первое направление включает в себя разнообразные способы использования биомассы как пищевой добавки в рацион человека и животных, а также использование в медико-биологических процедурах лечебного и профилактического характера. Особое место занимает использование в качестве источника микроэлементов (йод, селен и пр.), крайне необходимых для полноценной жизнедеятельности человека. Биомасса спирулины, как готовый к употреблению продукт, используется в различных областях: в медицине, косметике, спорте, животноводстве, пчеловодстве, рыбоводстве, ветеринарии и пр.

Второе направление связано с получением биологически активных компонентов из биомассы микроводоросли (аминокислоты, протеины, углеводы, липиды, пигменты, витамины и т. д.).

В настоящее время в зарубежных и отечественных литературных источниках информации об использовании спирулины в пищевой промышленности недостаточно для полноценного анализа ситуации.

Некоторые характеристики микроводорослей ограничивают их использование в продуктах питания. Изменение цвета и вкуса пищевых продуктов обычно воспринимаются потребителями как нежелательные [15]. Зеленый цвет микроводорослей ограничивает возможности применения в продуктах повседневного использования, так как он отрицательно влияет на восприятие потребителями вкуса и качества.

Однако имеется ряд работ, показывающих возможность использования спирулины как функционального ингредиента в пищевых продуктах. Хотя до сих пор не сообщалось об использовании ее в качестве источника белка, интерес представляли другие соединения, «добываемые» из клеток или «содержащиеся» в целых клетках микроводорослей при использовании их в качестве пищевых ингредиентов с различными целями.

Среди различных типов соединений, получаемых из микроводорослей, для промышленного применения особое значение имеют соединения, обладающие антиоксидантными свойствами. Природные

добавки, содержащие естественные антиоксидантные консерванты в продуктах питания, являются особо привлекательной областью для исследований.

Интерес представляют пептиды с антиоксидантными или консервантными свойствами, которые могут продлевать срок годности пищевых продуктов, задерживая или ингибируя окисление.

Антиоксидантная активность белковых фракций из *Spirulina platensis* по отношению к гидроксильным и пероксильным радикалам связана в основном с содержанием в этих фракциях фикоцианина [5].

Luo A. и др. отмечают, что водный экстракт спирулины (*Spirulina platensis*) при добавлении к «свинине по-китайски» проявлял выраженную антиоксидантную активность, ингибировалось перекисное окисление липидов, продлевался срок хранения продукта. Авторы рекомендуют экстракты водоросли для замены синтетических антиоксидантов в мясе и мясных продуктах [28].

Duda-Chodak A. доказал, что водный экстракт спирулины оказывает также ингибирующее воздействие в отношении *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Rhodotorula* и *Penicillium* [18].

El-Sheekh M. M и др. проводили исследование антибактериальной и антигрибковой активности экстрактов спирулины. В работе показано, что и культуральный фильтрат и целая культура обладают широким спектром антимикробной активности, где *Bacillus subtilis* и *Candida albicans* стали самыми чувствительными видами. Антимикробная активность экстрактов спирулины, может быть обусловлена содержанием гамма-линоленовой кислоты с синергетическим действием лауриновой и пальмитоловой кислот [19]. Авторы полагают, что выявленные свойства спирулины положительно скажутся на сроках хранения пищевых продуктов при включении микроводоросли в рецептуры.

Молоко и продукты на основе молока также могут выступать базой для создания функциональных продуктов с микроводорослями в качестве источника биологически активных соединений [17].

Некоторые авторы [30, 38] указывают на стимулирование роста пробиотических культур в присутствии микроводоросли, а также на увеличение выживаемости микроорганизмов. Parada J. L. и соавторы [30] говорят о синергизме между микроводорослями и бактериями, где первые высвобождают экзополисахариды в среду, стимулирующую рост бактерий. Микроводоросли были использованы при производстве йогурта и плавленого сыра [17].

Орловским государственным университетом имени И.С. Тургенева показана возможность использования сухого порошка спирулины (НПО «Биосоляр МГУ» г. Москвы) в производстве кисломолочных напитков, мягких сыров, продуктов из творога, мягкого мороженого [10].

В Белгородской государственном аграрном университете им. В.Я. Горина ведутся работы по созданию инновационных продуктов с использованием спирулины в технологии производства мороженого, сыров, мясных продуктов [6].

В МГУПП на кафедре «Технологии хлебопекарного и макаронного производств» совместно с Институтом биохимии им. А. Н. Баха РАН проведены исследования по определению антиоксидантных свойств хлебобулочных изделий при использовании в рецептурах спирулины. Установлено, что спирулина повышает антиоксидантные свойства гидрофильной фракции хлебобулочных изделий, как из пшеничной, так и из ржаной муки. И. Г. Белявская и др. рекомендуют спирулину в качестве рецептурного компонента в хлебопечении как добавку с высоким содержанием белка, витаминов и минеральных элементов, повышающей антиоксидантные свойства готовой продукции. Спирулина хорошо зарекомендовала себя для обогащения хлебобулочных изделий профилактического назначения [3, 4].

Необходимо заметить, что для использования спирулины как добавки в пищевые продукты необходимы знания по ее влиянию на такие технологические свойства как эмульгирующая, вспенивающая, гелеобразующая, водная и жировая абсорбционные способности, которые во многие и в значительной степени остаются пока неизвестными [17].

На данный момент наиболее изучено влияние спирулины на технологические свойства сырья только при производстве хлебобулочных изделий.

Микроводоросли являются сложными ингредиентами, содержащими белки, углеводы и липиды среди других соединений; добавление их в муку влияет на структуру теста из-за изменения абсорбции воды или включения липидов [14]. Кулинарные и текстурные свойства готовых макаронных изделий не пострадали от добавления микроводорослей [20], но спирулина снизила механическую прочность сырого макаронного изделия: оно стало более восприимчивым к поломке в процессе обработки. Кроме того, снижение содержания клейковины и

белка (при частичной замене пшеничной муки) приводило к повышению твердости, связности и жевательности после приготовления макаронных изделий. Высокая концентрация микроводорослей увеличивает липкость макаронных изделий, тогда как эластичность остается неизменной.

Спирулина оказывает положительное влияние на некоторые параметры качества хлебобулочных изделий: удельный объем, пористость, устойчивость формы. Водоросль положительно влияет на показатели качества хлебобулочных изделий при приготовлении теста с растительным маслом и сахарным песком при различных способах приготовления [7].

Тхазепловой Ф. Х. и Ивановой З. А. изучено влияние спирулины на процесс очерствения хлебобулочных изделий из пшенично-ячменной муки. При приготовлении ускоренным способом наблюдалось увеличение показателей общей, пластической деформации мякиша и незначительное уменьшение упругой деформации мякиша при внесении 0,5% спирулины на протяжении всего исследуемого срока хранения изделия. Внесение спирулины незначительно повышало пластическую деформацию мякиша хлебобулочных изделий, приготовленных безопасным способом в течение 72 ч. [11].

Хмельёва Е. В. и др. исследовали возможность использования спирулины в рецептуре зернового хлеба. С повышением дозы наблюдалось некоторое повышение влажности и кислотности мякиша зернового хлеба, что связано с водопоглотительной способностью и кислотностью самой микроводоросли. Удельный объем и пористость зернового хлеба при ее использовании увеличивались незначительно. При хранении структурно-механические характеристики мякиша выпеченного хлеба с добавлением спирулины были несколько выше, чем у контрольного образца. Кроме этого, изделия с компонентами водоросли в составе дольше сохраняли свежесть. Мякиш изделий опытных образцов хлеба из зерна пшеницы имел более высокие значения показателей сжимаемости, чем у контрольных в течение всего периода хранения. Авторы считают, что использование спирулины в технологии зернового хлеба несколько замедляет очерствение хлеба [12].

Печенье и бисквиты также являются перспективными категориями для использования ингредиентов на основе микроводорослей. Причины тому заключаются в хорошем принятии вкуса, удобстве потребления, простоте консервации и перевозки. Микроводоросли использовались в производстве печенья в качестве красителя, а также в качестве потенциального антиоксиданта и пищевой добавки [14].

Massoud R. и др. использовали порошок спирулины для обогащения круассанов. Использование порошка улучшало некоторые свойства готового продукта: текстуру, уровень содержания белков и влаги, вододерживающую способность. Отрицательным эффектом стало изменение цвета продукта в сторону более темного и ухудшение стойкости мякиша. При этом благодаря присутствию спирулины рост плесневых и дрожжевых грибов в изделиях ингибировался на протяжении всего срока их хранения. Твердость образцов, содержащих компоненты микроводоросли, за 21 сутки хранения не изменилась. Спирулина придавала круассанам функциональные свойства, т. к. заметно повышала содержание биологически активных веществ: незаменимых аминокислот, хлорофилла, фитоцианинов, микроэлементов, витаминов, незаменимых жирных кислот. По совокупности органолептических показателей оптимальной признана дозировка порошка в 1% [29].

Румянцева В. В., Хмелева Е. В. и Жижина Л. А. (авторы технологии изготовления леденцовой карамели высокой пищевой ценности) [9] также проявили интерес к спирулине. Они проводили исследования, направленные на изучение принципов зависимости влияния микроводоросли на качества карамели от стадии введения компонентов в карамельную смесь. Дозы составляли 1-5% вместо сахара согласно традиционному рецепту. Авторам исследования удалось установить следующее: повышение дозировки водоросли становится причиной повышения влажности и растекания карамели; также впоследствии она приобретает ярко выраженный зеленый оттенок. Содержание редуцирующих элементов меняется незначительно.

Авторами также было обнаружено, что оптимальный этап введения компонентов водоросли – этап уваривания. Они же смогли доказать эффективность и полезность применения спирулины в процессе производства карамели при дозировке 2,5% в отношении массы сахара. Это во многом повышает все качества готового продукта, в том числе пищевую ценность, что делает из спирулиновой карамели функциональный продукт.

Включение в спирулины состав карамели не сказывается на устойчивости готового продукта к засахариванию при хранении. Содержание натуральных пигментов спирулины позволяет исключить синтетические красители из рецептуры и не требует установки дополнительного технологического оборудования [9].

Водоросли считаются не только перспективным пищевым ингредиентом с функциональными особенностями, они могут выполнять структурирующую роль в продуктах питания, поскольку они богаты такими

биополимерами как белки, полисахариды, полярными липиды. Более рациональным подходом является включение всей биомассы микроводорослей в пищевые продукты в целях сочетания преимуществ для здоровья с потенциальными плюсами структурирования (обеспечение желаемых реологических свойств продукта). [36]. Так, Том М. и соавторы в своей работе обсуждают потенциал спирулины в качестве текстурирующего ингредиента, которые могут изменять реологические свойства обогащенного продукта. По мнению авторов, извлечение пользы из данных биополимеров состоит в изоляции связанных с клеточной стенкой полисахаридов в качестве пищевых гидроколлоидов.

Агеев И. А., Мамаев А. В. и Мамаева О. А. показали, что внесение водоросли в виде сухого препарата в рецептуру мясных паштетов (0,25-0,5%) улучшает их функционально-технологические свойства. Внесение спирулины вместо пшеничной муки обеспечивает улучшение функционально-технологических свойств паштетов: значительное повышение влагоудерживающей (ВУС), а также жирудерживающей (ЖУС) способности, что положительно влияет на качество и свойства продуктов [1].

Изучалось влияние водоросли и ее компонентов на текстуру и сенсорные характеристики консервированных гамбургеров из рыбы. Показано, что добавление *Spirulina platensis* улучшает питательные свойства. Лучшую текстуру и сенсорные свойства имели рыбные бургеры, содержащие 1% спирулины в отношении массы фарша. Микроводоросль также показала высокую способность к набуханию, водо- и жирудерживающую способности. Добавление ее положительно сказалось и на сроке хранения [13].

Заключение. В фундаментальных исследованиях были широко описаны различные биологические и медицинские эффекты спирулины или выделенных из нее компонентов. Клинические испытания показали, что водоросль может служить пускай и не основным, но эффективным дополнительным «лекарством» от многих заболеваний. Ряд исследований указывает на повышение иммунного ответа при употреблении водоросли или ее компонентов, на проявление противовоспалительных, противодиабетических свойств. Для спирулины доказана антиоксидантная, антигипертензивная, иммуномодулирующая, антиканцерогенная, гепатопротекторная и антикоагулянтная активность пептидов, полученных из микроводорослей.

Состав спирулины и ее биологические эффекты делают ее уникальной биологически активной добавкой, включение которой в пищевые продукты обеспечит им функциональные свойства.

Спирулина обладает также рядом важных функционально-технологических свойств (структурирующие, водо- и жирудерживающие, эмульгирующие и другие), необходимых для производства пищевых продуктов. Доказанная высокая антиоксидантная активность и подавление роста некоторых бактерий, плесеней и дрожжей позволит продлить срок хранения продуктов.

На основании анализа теоретических и практических материалов можно утверждать, что спирулина объективно является перспективной биологически активной добавкой для создания инновационных пищевых продуктов полезных для здоровья.

Для разработки инновационных пищевых продуктов содержащих спирулину, требуется комплексная работа ученых и практиков по всем отраслям пищевой промышленности. Однако в настоящее время в направлении создания новых пищевых продуктов содержащих спирулину мы находимся только в начале пути.

Благодарность

Работа выполняется при поддержке Департамента АПК Белгородской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев И.А. Функционально-технологические свойства печеночного паштета с белковым комплексом сине-зеленой водоросли спирулины / И.А. Агеев, А.В. Мамаев, О.А. Мамаева //В сборнике: Актуальные проблемы современной науки: теория и практика. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Под общей редакцией А.И. Вострецова.– Нефтекамск. – 2020. – С. 161-165.
2. Аникин С.С. Профилактика прогрессирования анемии беременных с применением сиропа спирулины "vitaspirum" / С.С. Аникин, В.А. Заболотнов, А.Н. Рыбалка //Таврический медико-биологический вестник. – 2015. – Т. 18. – № 1. – С. 7-10.
3. Белявская И.Г. Научно-практические основы технологии хлебобулочных изделий с направленной коррекцией пищевой ценности и антиоксидантных свойств. Дисс. на соискание ученой степени док. тех. наук.: 05.18.01.[Место защиты: Московский государственный университет пищевых производств] / Белявская И.Г. – Москва, 2019. – 381 с.
4. Белявская И.Г. Определение антиоксидантной емкости хлебобулочных изделий со спирулиной / И.Г. Белявская, В.Я. Черных, Л.Н. Гришина // Хлебопродукты. – 2012. – № 5. – С. 46-47.

5. Гришина Л.Н. Разработка технологии хлебобулочных изделий с применением микроводоросли спирулины : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.18.01. [Место защиты: Моск. гос. ун-т пищевых пр-в (МГУПП)] / Л.Н. Гришина. – Москва, 2012. – 26 с.
6. Дмитренко Ю.В. Замороженный фисташковый десерт со спирулиной / Ю.В. Дмитренко, М.В. Каледина // Материалы международной студенческой научной конференции «Горинские чтения. Инновационные решения для АПК» (18-19 марта 2020 года): в 4-х томах, т.2., п. Майский: Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – 2020. – 369с.
7. Иванова З.А. Влияние спирулины на показатели качества хлебобулочных изделий из ячменной и пшеничной муки / З.А. Иванова, Ф.Х. Тхазеплова // Успехи современной науки и образования. – 2016. – Т.5. – № 10. – С. 24-26.
8. Кедик С.А., Ярцев С.А., Гулятьева Н.В. Спирулина – пища XXI века / С.А. Кедик, С.А. Ярцев, Н.В. Гулятьева. – Москва «Фарма Центр», 2006. – 166 с.
9. Румянцева В.В. Перспективы использования микроводоросли spirulina / В.В. Румянцева, Е.В. Хмелева, Л.А. Жижина. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2018. – №3. – С. 20-25.
10. Симоненкова А.П., Сафронова О.В. Использование потенциала микроводоросли spirulina platensis в технологии молочных продуктов / А.П. Симоненкова, О.В. Сафронова // Технология и товароведение инновационных продуктов питания. – 2018. – № 1 (48). – С.45-47.
11. Тхазеплова Ф.Х. Влияние внесения спирулины на процесс черствения хлебобулочных изделий из пшенично-ячменной муки / Ф.Х. Тхазеплова, З.А. Иванова. // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 5. № 10. С. 41-43.
12. Хмельёва Е.В., Березина Н.А., Румянцева В.В. Использование микроводоросли спирулина в технологии зернового хлеба / Е.В. Хмельёва, Н.А. Березина, В.В. Румянцева. // Хлебопродукты. – 2018. – № 8. – С. 50-53.
13. Barkallah M., et.al. Effect of spirulina platensis biomass with high polysaccharides content on quality attributes of common carp (Cyprinus carpio) and common barbel (Barbus barbus) fish burgers. *Appl. Sci.* 2019;9:21-77.
14. Batista A.P, et al. Microalgae biomass as an alternative ingredient in cookies: sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and in vitro digestibility. *Algal Res.*2017;26:161–171. doi: 10.1016/j.algal.2017.07.01781.)
15. Beheshtipour H., et al. Supplementation of Spirulina platensis and Chlorella vulgarisalgae into probiotic fermented milks. *Compr Rev Food Sci Food Saf.*2013;12:144–54. doi: 10.1111/1541-4337.1200471.
16. Calpe-Berdiel L., et al. Plant sterols, cholesterol metabolism and related disorders. In *Biochemical Aspects of Human Nutrition*; Transworld Research Network: Kerala, India, 2010. – 223–242.
17. Caporgno M.P., Mathys A. Trends in microalgae incorporation into innovative food products with potential health benefits. *Front Nutr.* 2018;5:58. doi:10.3389/ fnut. 2018. 00058.
18. Duda-Chodak A. Impact of water extracts of Spirulina (WES) on bacteria, yeasts and molds. *Acta Scientiarum polonorum. Technologia Alimentaria.* 2013;12(1):33-39.
19. El-Sheekh M.M., Daboor S.M., Swelim M.A., Mohamed S. Production and characterization of antimicrobial active substance from Spirulina platensis. *Iran J Microbiol.* 2014;6(2):112–119.
20. Fradique M., Batista A, Nunes M., Gouveia L. Incorporation of Chlorella vulgaris and Spirulina maxima biomass on pasta products. Part 1: preparation and evaluation. *J Sci Food Agric.* 2010;90:1656–64. doi: 10.1002/jsfa.3999.
21. Galasso C., Gentile A., Orefice I., et.al. Microalgal derivatives as potential nutraceutical and food supplements for human health: a focus on cancer prevention and interception. *Nutrients.* 2019;11:1226.
22. Ghaeni M., Roomiani L. Review for application and medicine effects of Spirulina, Spirulina platensis microalgae. *JOAAT.* 2016;3:114–117.
23. Handayania, N.A.; Ariyantib, D.; Hadiyanto, H. Potential Production of Polyunsaturated Fatty Acids from Microalgae. *Intern. J. Sci. Eng.* 2011;2:3–16.
24. Hu J., Li Y., Pakpour S., et al. Dose effects of orally administered Spirulina suspension on colonic microbiota in healthy mice. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 2019;9:243. doi: 10.3389/fcimb.2019.00243
25. Kurd F., Samavati V. Water soluble polysaccharides from Spirulina platensis: Extraction and in vitro anti-cancer activity. *Int. J. Biol. Macromol.* 2015;74:498–506.
26. Lauritano C., Andersen J.H., Hansen E., et al. Bioactivity screening of microalgae for antioxidant, anti-inflammatory, anti-cancer, anti-diabetes, and antibacterial activities. *Front Mar Sci.* 2016;3:68. doi: 10.3389/fmars.2016.00068.
27. Liew C. , Schut H.A., Chin S.F., et al Protection of conjugated linoleic acids against 2-amino-3-methylimidazo [4,5-f] quino-line-induced colon carcinogenesis in the F344 rat: a study of inhibitory mechanisms. *Carcinogenesis.* 1995;16(12):3037-43. doi: 10.1093/carcin/16.12.3037.
28. Luo A., Feng J., Hu B. et al. Arthrospira (Spirulina) platensis extract improves oxidative stability and product quality of Chinese-style pork sausage. *J Appl Phycol.*2018;30:1667–1677 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1347-4>.
29. Massoud R., Khosravi-Darani K., Naksaz F., Varga L. Evaluation of physicochemical, microbiological and sensory properties of croissants fortified with Arthrospira platensis (Spirulina). *Czech J. Food Sci.* 2016;34(4):350-355.
30. Parada J.L., Zulpa de Caire G., Zaccaro de Mulé M.C., Storni de Cano M.M. Lactic acid bacteria growth promoters from Spirulina platensis. *Int J Food Microbiol.* 2018;45:225–228. doi: 10.1016/S0168-1605(98)00151-274.
31. Park W.S. Kim, H.J., Li M., et.al. Two classes of pigments, carotenoids and C-phycocyanin, in Spirulina powder and their antioxidant activities. *Molecules.* 2018;23:2065.
32. Reichert M., Bergmann S.M., Hwang J., et.al. Antiviral activity of exopolysaccharides from Arthrospira platensis against koi herpesvirus. *J. Fish Dis.* 2017;40:1441–1450.

33. Rojas-Franco P., Franco-Colin M., Camargo M.E.M, et.al. Phycobiliproteins and phycocyanin of *Arthrospira maxima* (Spirulina) reduce apoptosis promoters and glomerular dysfunction in mercury-related acute kidney injury. *Toxicol. Res. Appl.* 2018, 2.
34. Romay C., Gonzalez R., Ledon N., et.al. C-Phycocyanin: A biliprotein with antioxidant, anti-Inflammatory and neuroprotective effects. *Curr. Protein Pept. Sci.* 2003;4:207–216..
35. Tang G., Suter P.M. Vitamin A, nutrition, and health values of algae: Spirulina, Chlorella, and Dunaliella. *J Pharm Nutr Sci.* 2011;1:111–118. doi: 10.6000/1927-5951.2011.01.02.04.
36. Tom M. M. Bernaerts, Lore Geysen, et al. The potential of microalgae and their biopolymers as structuring ingredients in food: A review, *Biotechnol ADV.* 2019;37(8):107419 doi:10.1016.
37. United Nations Department of Economic and Social Affairs. World Population Projected to Reach 9.8 Billion in 2050, and 11.2 Billion in 2100 (2017). Available online at: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2017.html> (Accessed March 19, 2020).
38. Varga L, Szigeti J, Kovacs R, Foldes T, Buti S. Influence of a *Spirulina platensis* biomass on the microflora of fermented ABT milks during storage. *J Dairy Sci.* 2002;85:1031–1038. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74163-5.
39. Zugčić T, Abdelkebir R, Barba FJ, et al. Effects of pulses and microalgal proteins on quality traits of beef patties. *J Food Sci Technol.* 2018;55(11):4544–4553. doi:10.1007/s13197-018-3390-9.6.

REFERENCES

1. Ageev I.A. Funkcional'no-tekhnologicheskie svoystva pechenochnogo pashteta s belkovym kompleksom sine-zelenoj vodorosli spiruliny / I.A. Ageev, A.V. Mamaev, O.A. Mamaeva //V sbornike: Aktual'nye problemy sovremennoj nauki: teoriya i praktika. Materialy Mezhdunarodnoj (zaочноj) nauchno-prakticheskoy konferencii. Pod obshchej redakciej A.I. Vostrecova.– Neftekamsk. – 2020. – S. 161-165.
2. Anikin S.S. Profilaktika progressirovaniya anemii beremennyh s primeneniem siropa spiruliny "vitaspirum"/ S.S. Anikin, V.A. Zabolotnov, A.N. Rybalka //Tavrisheskij mediko-biologicheskij vestnik. – 2015. – T. 18. – № 1. – S. 7-10.
3. Belyavskaya I.G. Nauchno-prakticheskie osnovy tekhnologii hlebobulochnyh izdelij s napravlennoj korekciej pishchevoj cennosti i antioksidantnyh svoystv. Diss. na soiskanie uchenoj stepeni dok. tekh. nauk.: 05.18.01.[Mesto zashchity: Moskovskij gosudarstvennyj universitet pishchevyh proizvodstv] / Belyavskaya I.G. – Moskva, 2019. – 381 s.
4. Belyavskaya I.G. Opredelenie antioksidantnoj emkosti hlebobulochnyh izdelij so spirulinoy / I.G. Belyavskaya, V.YA. CHernyh, L.N. Grishina // Hleboprodukty. – 2012. – № 5. – S. 46-47.
5. Grishina L.N. Razrabotka tekhnologii hlebobulochnyh izdelij s primeneniem mikrovodorosli spiruliny : avtoreferat dis. ... kandidata tekhnicheskikh nauk : 05.18.01. [Mesto zashchity: Mosk. gos. un-t pishchevyh pr-v (MGUPP)] / L.N. Grishina. – Moskva, 2012. –26 s.
6. Dmitrenko YU.V. Zamorozhennyj fistashkovyj desert so spirulinoy / YU.V. Dmitrenko, M.V. Kaledina // Materialy mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii «Gorinskie chteniya. Innovacionnye resheniya dlya APK» (18-19 marta 2020 goda): v 4-h tomah, t.2., p. Majskij: Izdatel'stvo FGBOU VO Belgorodskij GAU. – 2020. – 369s.
7. Ivanova Z.A. Vliyanie spiruliny na pokazateli kachestva hlebobulochnyh izdelij iz yachmennoj i pshenichnoj muki / Z.A. Ivanova, F.H. Thazeplova //Uspekhi sovremennoj nauki i obrazovaniya. – 2016. – T.5. – № 10. – S. 24-26.
8. Kedik S.A., YArcev S.A., Gul'tyaeva N.V. Spirulina – pishcha XXI veka / S.A. Kedik, S.A. YArcev, N.V. Gul'tyaeva. – Moskva «Farma Centr», 2006. – 166 s.
9. Rumyancheva V.V. Perspektivy ispol'zovaniya mikrovodorosli spirulina / V.V. Rumyancheva, E.V. Hmeleva, L.A. ZHizhina. // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya «Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv». – 2018. – №3. – S. 20-25.
10. Simonenkova A.P., Safronova O.V. Ispol'zovanie potentsiala mikrovodorosli spirullina platensis v tekhnologii molochnyh produktov / A.P. Simonenkova, O.V. Safronova // Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh produktov pitaniya. – 2018. – № 1 (48). – S.45-47.
11. Thazeplova F.H. Vliyanie vneseniya spiruliny na process cherstveniya hlebobulochnyh izdelij iz pshenichno-yachmennoj muki / F.H. Thazeplova, Z.A. Ivanova. // Uspekhi sovremennoj nauki i obrazovaniya. 2016. T. 5. № 10. S. 41-43.
12. Hmelyova E.V., Berezina N.A., Rumyancheva V.V. Ispol'zovanie mikrovodorosli spirulina v tekhnologii zernovogo hleba / E.V. Hmelyova, N.A. Berezina, V.V. Rumyancheva. //Hleboprodukty. – 2018. – № 8. – S. 50-53.
13. Barkallah M., et.al. Effect of spirulina platensis biomass with high polysaccharides content on quality attributes of common carp (*Cyprinus carpio*) and common barbel (*Barbus barbus*) fish burgers. *Appl. Sci.* 2019;9:21-77.
14. Batista A.P, et al. Microalgae biomass as an alternative ingredient in cookies: sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and in vitro digestibility. *Algal Res.*2017;26:161–171. doi: 10.1016/j.algal.2017.07.01781.)
15. Beheshtipour H., et al. Supplementation of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris*algae into probiotic fermented milks. *Compr Rev Food Sci Food Saf.*2013;12:144–54. doi: 10.1111/1541-4337.1200471.
16. Calpe-Berdiel L., et al. Plant sterols, cholesterol metabolism and related disorders. In *Biochemical Aspects of Human Nutrition*; Transworld Research Network: Kerala, India, 2010. – 223–242.
17. Caporgno M.P., Mathys A. Trends in microalgae incorporation into innovative food products with potential health benefits. *Front Nutr.* 2018;5:58. doi:10.3389/ fnut. 2018. 00058.
18. Duda-Chodak A. Impact of water extracts of *Spirulina* (WES) on bacteria, yeasts and molds. *Acta Scientiarum polonorum. Technologia Alimentaria.* 2013;12(1):33-39.
19. El-Sheekh M.M., Daboor S.M., Swelim M.A., Mohamed S. Production and characterization of antimicrobial active substance from *Spirulina platensis*. *Iran J Microbiol.* 2014;6(2):112–119.

20. Fradique M., Batista A., Nunes M., Gouveia L. Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass on pasta products. Part 1: preparation and evaluation. *J Sci Food Agric*. 2010;90:1656–64. doi: 10.1002/jsfa.3999.
21. Galasso C., Gentile A., Orefice I., et al. Microalgal derivatives as potential nutraceutical and food supplements for human health: a focus on cancer prevention and interception. *Nutrients*. 2019;11:1226.
22. Ghaeni M., Roomiani L. Review for application and medicine effects of *Spirulina*, *Spirulina platensis* microalgae. *JOAAT*. 2016;3:114–117.
23. Handayana, N.A.; Ariyantib, D.; Hadiyanto, H. Potential Production of Polyunsaturated Fatty Acids from Microalgae. *Intern. J. Sci. Eng*. 2011;2:3–16.
24. Hu J., Li Y., Pakpour S., et al. Dose effects of orally administered *Spirulina* suspension on colonic microbiota in healthy mice. *Front. Cell. Infect. Microbiol*. 2019;9:243. doi: 10.3389/fcimb.2019.00243
25. Kurd F., Samavati V. Water soluble polysaccharides from *Spirulina platensis*: Extraction and in vitro anti-cancer activity. *Int. J. Biol. Macromol*. 2015;74:498–506.
26. Lauritano C., Andersen J.H., Hansen E., et al. Bioactivity screening of microalgae for antioxidant, anti-inflammatory, anti-cancer, anti-diabetes, and antibacterial activities. *Front Mar Sci*. 2016;3:68. doi: 10.3389/fmars.2016.00068.
27. Liew C., Schut H.A., Chin S.F., et al Protection of conjugated linoleic acids against 2-amino-3-methylimidazo [4,5-f] quinoline-induced colon carcinogenesis in the F344 rat: a study of inhibitory mechanisms. *Carcinogenesis*. 1995;16(12):3037-43. doi: 10.1093/carcin/16.12.3037.
28. Luo A., Feng J., Hu B. et al. *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* extract improves oxidative stability and product quality of Chinese-style pork sausage. *J Appl Phycol*. 2018;30:1667–1677 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1347-4>.
29. Massoud R., Khosravi-Darani K., Nakhsaz F., Varga L. Evaluation of physicochemical, microbiological and sensory properties of croissants fortified with *Arthrospira platensis* (*Spirulina*). *Czech J. Food Sci*. 2016;34(4):350-355.
30. Parada J.L., Zulpa de Caire G., Zaccaro de Mulé M.C., Storni de Cano M.M. Lactic acid bacteria growth promoters from *Spirulina platensis*. *Int J Food Microbiol*. 2018;45:225–228. doi: 10.1016/S0168-1605(98)00151-274.
31. Park W.S. Kim, H.J., Li M., et al. Two classes of pigments, carotenoids and C-phycoerythrin, in *Spirulina* powder and their antioxidant activities. *Molecules*. 2018;23:2065.
32. Reichert M., Bergmann S.M., Hwang J., et al. Antiviral activity of exopolysaccharides from *Arthrospira platensis* against koi herpesvirus. *J. Fish Dis*. 2017;40:1441–1450.
33. Rojas-Franco P., Franco-Colin M., Camargo M.E.M., et al. Phycobiliproteins and phycocyanin of *Arthrospira maxima* (*Spirulina*) reduce apoptosis promoters and glomerular dysfunction in mercury-related acute kidney injury. *Toxicol. Res. Appl*. 2018, 2.
34. Romay C., Gonzalez R., Ledon N., et al.. C-Phycocyanin: A biliprotein with antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective effects. *Curr. Protein Pept. Sci*. 2003;4:207–216.
35. Tang G., Suter P.M. Vitamin A, nutrition, and health values of algae: *Spirulina*, *Chlorella*, and *Dunaliella*. *J Pharm Nutr Sci*. 2011;1:111–118. doi: 10.6000/1927-5951.2011.01.02.04.
36. Tom M. M. Bernaerts, Lore Geysen, et al. The potential of microalgae and their biopolymers as structuring ingredients in food: A review, *Biotechnol ADV*. 2019;37(8):107419 doi:10.1016.
37. United Nations Department of Economic and Social Affairs. World Population Projected to Reach 9.8 Billion in 2050, and 11.2 Billion in 2100 (2017). Available online at: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2017.html> (Accessed March 19, 2020).
38. Varga L., Szigeti J., Kovacs R., Foldes T., Buti S. Influence of a *Spirulina platensis* biomass on the microflora of fermented ABT milks during storage. *J Dairy Sci*. 2002;85:1031–1038. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74163-5.
39. Zugčić T., Abdelkebir R., Barba FJ, et al. Effects of pulses and microalgal proteins on quality traits of beef patties. *J Food Sci Technol*. 2018;55(11):4544–4553. doi:10.1007/s13197-018-3390-9.6.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Каледина Марина Васильевна, кандидат технических наук, доцент, доцент; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина, тел.: 8(472)2391427, +79066017371, kaledinamarina@yandex.ru
Kaledina Marina Vasilyevna, Candidate in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor; Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorin, phone: +79066017371, kaledinamarina@yandex.ru

Федосова Анна Николаевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина, тел.: 8(472)2391427
Fedosova Anna Nikolaevna, Candidate in Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorin, phone: 8(472)2391427

Байдина Инна Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина, тел.: 8(472)2391427

Bajdina Inna Alekseevna, Candidate in Agriculture Sciences, Senior Lecturer; Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorin, phone: 8(472)2391427

Шевченко Надежда Павловна, Кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина, тел.: 8(472)2391427

Shevchenko Nadezhda Pavlovna, Candidate in Technical Sciences, Associate Professor; Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorin, phone: 8(472)2391427

Волощенко Людмила Викторовна, К.с.-х.н, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина, тел.: 8(472)2391427

Voloshenko Lyudmila Viktorovna, Candidate in Agriculture Sciences, Senior Lecturer; Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorin, phone: 8(472)2391427

Дата поступления в редакцию: 10.07.2020

После рецензирования: 13.08.2020

Дата принятия к публикации: 03.09.2020

Е. В. Андреева [E. V. Andreeva]¹
 С. С. Евсеева [S. S. Evseeva]²
 И. Ю. Алексанян [I. Yu. Aleksanyan]¹

УДК
 634.74:664.863.813

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАФИНАТА, КАК ОБЪЕКТА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ, ПОСЛЕ ЭКСТРАКЦИИ ИЗ ПЛОДООВОЩНОГО СЫРЬЯ КРАСЯЩИХ КОМПОНЕНТОВ

DETERMINATION OF THERMAL AND STRUCTURAL-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF RAFFINATE AS AN OBJECT OF DEHYDRATION AFTER THE EXTRACTION OF COLORING COMPONENTS FROM FRUIT VEGETABLE RAW MATERIALS

¹ ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
 Astrakhan State Technical University

² ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет»
 Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering

Аннотация. Целью исследования явилось изучение теплофизических, структурно-механических и теплообменных параметров рафината, как объекта обезвоживания, после экстракции из кожуры баклажана красящих компонентов. Особенностью сырьевых ресурсов Астраханской области, является то, что на территории области существуют предприятия, специализирующиеся на переработке овощного сырья, в частности баклажанов при производстве популярной в нашей стране пищевой продукции – «икры из баклажанов». При этом, реализуя ту или иную технологию получения данного вида продукта, на предприятиях скапливается порядка 10...15% отходов от общего количества исходного сырья, в частности, в виде измельченной кожуры баклажана, которая может являться исходным сырьем для производства натурального пищевого красителя. Очевидно, что формирование рационального технологического потока выработки натуральных красителей при утилизации отходов технологии, в частности, рафината после экстракции колорантов из кожуры баклажана, опирается на создание рациональных условий хранения с учетом механизма поведения антоцианов с химической точки зрения и расширяет перспективу выработки, экологически безопасных и позитивно влияющих на здоровье человека природных красителей и побочных продуктов, что невозможно без комплексного изучения характеристик для каждого процесса технологии данных продуктов. По принципу аддитивности найдены величины плотности и теплоемкости в зависимости от влажности продукта, а также его температуро- и теплопроводность по известному эмпирическому соотношению с учетом закономерности их варьирования. Расчетным путем определены величины коэффициента теплоотдачи при сушке материала при конвективном энергоподводе, опираясь на полученные опытные данные. Найденные значения комплекса влияющих на процесс сушки параметров, а также закономерности их варьирования в рациональных температурных и влажностных интервалах необходимы для рационального проектирования процессов удаления влаги и сушильного оборудования.

Ключевые слова: Натуральные красители, экстракция, рафинат, кожура баклажана, теплофизические характеристики, структурно-механические характеристики, коэффициент теплоотдачи, теплоноситель, сушка.

Annotation. The aim of the research was to study the thermophysical, structural-mechanical and heat exchange parameters of the raffinate, as an object of dehydration, after the extraction of coloring components from the eggplant peel. A feature of the raw materials of the Astrakhan region is that in the region there are enterprises specializing in the processing of vegetable raw materials, in particular eggplants in the production of food products popular in our country - "eggplant caviar". At the same time, implementing this or that technology for obtaining this type of product, about 10 ... 15% of waste from the total amount of raw materials is accumulated at enterprises, in particular, in the form of crushed eggplant peel, which can be a raw material for the production of natural food coloring. It is obvious that the formation of a rational technological flow of the production of natural dyes during the disposal of technology waste, in particular, the raffinate after the extraction of colorants from the eggplant peel, relies on the creation of rational storage conditions, taking into account the mechanism of behavior of anthocyanins from a chemical point of view, and expands the prospects for the production of environmentally friendly and positive natural dyes and by-products affecting human health, which is impossible without a comprehensive study of the characteristics for each process of the technology of these products. According to the principle of additivity, the values of density and heat capacity are found depending on the moisture content of the product, as well as its temperature and thermal conductivity according to the known empirical ratio, taking into account the regularity of their variation. The values of the heat transfer coefficient during drying of the material with convective energy supply were determined by calculation, based on the obtained experimental

data. The found values of the complex of parameters affecting the drying process, as well as the patterns of their variation in rational temperature and humidity ranges, are necessary for the rational design of moisture removal and drying equipment.

Key words: natural dyes, extraction, raffinate, eggplant peel, thermophysical characteristics, structural and mechanical characteristics, heat transfer coefficient, heat carrier, drying.

Введение. Перспективным направлением совершенствования технологий натуральных антоцианиновых красителей является изыскание возможностей использования при их производстве растительного сырья, имеющего не только высокую урожайность, но и низкую себестоимость, причем такие красители в большинстве случаев будут являться премиксами, обладающими пищевой ценностью и заданными функциональными свойствами. Проблема изыскания, подбора и организации производства натуральных пищевых красителей для окрашивания разнообразных продуктов питания в настоящее время весьма актуальна. Источником для получения натуральных красителей служит в большинстве случаев растительное сырье. Особенностью сырьевых ресурсов Астраханской области, является то, что на территории области существуют предприятия, специализирующиеся на переработке овощного сырья, в частности баклажанов при производстве популярной в нашей стране пищевой продукции – «икры из баклажанов». При этом, реализуя ту или иную технологию получения данного вида продукта, на предприятиях скапливается порядка 10...15% отходов от общего количества исходного сырья, в частности, в виде измельченной кожуры баклажана, которая может являться исходным сырьем для производства натурального пищевого красителя.

Очевидно, что формирование рационального технологического потока выработки натуральных красителей из кожуры баклажана при утилизации отходов данной технологии, в частности, рафината после экстракции колорантов из кожуры баклажана, опирается, в том числе, на создание рациональных условий хранения с учетом механизма поведения антоцианов с химической точки зрения и расширяет перспективу выработки, экологически безопасных и позитивно влияющих на здоровье человека природных красителей и побочных продуктов. Рациональные постановка задач и их решение обеспечит формирование заданной структуры и свойств частиц сырья, позволяющие в итоге повысить эффективность экстракции, что невозможно без комплексного изучения морфометрических и теплофизических характеристик исходных характеристик для каждого процесса технологии данных продуктов.

Цели и задачи. Изучение теплофизических, структурно-механических и теплообменных параметров рафината, как объекта обезвоживания, после экстракции из кожуры баклажана красящих компонентов.

Методы и модели. В отходах производства баклажанной икры, значительную долю имеет поверхностный слой баклажана, в основном его кожура, т.к. она может являться исходным сырьем для производства натурального пищевого красителя по причине скопления в ней антоцианов. За объект исследования выбран рафинат после экстракции целевых компонентов из кожуры баклажана (*Solanum melongena* L.), который является отходом данного производства, но может быть востребованным продуктом для фармакотерапии, особенно в сухом виде.

В процессе конвективной сушки измельченной кожуры баклажан, прошедшей этап экстрагирования из нее водорастворимых веществ, получается сухой конечный продукт в виде мелких обезвоженных частиц, при этом плотностные характеристики исходного и конечного материала будут разные, вследствие различного содержания в них влаги. В этом случае будет достаточным экспериментально определить физическую плотность конечного сухого продукта, которая определена авторами ранее. При этом значение промежуточной плотности, с допустимой для инженерных расчетов точностью, можно будет найти, если линейно аппроксимировать искомую характеристику между крайними ее значениями, которые соответствуют исходному сырью и полученному из него сухому продукту.

Что касается значений истинной плотности объекта исследования, которые необходимы для расчета коэффициента теплопроводности, то ее изменение от исходного сырья с начальной влажностью до высушенного продукта с конечной влажностью можно получить, применяя правило аддитивности.

Выявление зависимостей теплофизических свойств объекта исследования от влажности в диапазоне $0.1 \leq W \leq 0.88$ кг/кг проводилось с учетом того, что теплоемкость, как и плотность, подчиняется правилу аддитивности. Теплопроводность на основе анализа, представленного в источнике [1] для свежих овощей, может быть рассчитана по эмпирической формуле, приведенной в работе [2], а температуропроводность является

комплексной величиной вышеназванных трех, целесообразно получить искомые зависимости расчетным путем [1, 3].

В таком варианте зная теплоемкость воды $C_{\text{воды}}$ и теплоемкость кожеры C_M при заданной W можно найти величину данной характеристики для сухих веществ, зная которую легко вычислить данный параметр для образца при варьировании W .

Таким образом, зная теплоемкость воды $C_{\text{воды}}$ и теплоемкость смеси C_M при фиксированной влажности W находим для абсолютно сухого вещества величину $C_{c.o.}$ смеси при произвольной W . $C_{c.o.}$ находим из следующего равенства:

$$C_{c.o.} = \frac{C_M - C_{\text{воды}} \cdot W}{C}, \quad (1)$$

где C – относительная доля сухого остатка в образце, причем $C = 1 - W$.

Коэффициент теплопроводности в отличие от теплоемкости не является аддитивной величиной, по этой причине для его вычисления можно использовать эмпирическую формулу, заменив в ней пористость объекта исследования ε_{II} отношением плотностей:

$$\lambda = \frac{\rho_{\phi}}{\rho_u} (A - B(100 - W)) + C \left(1 - \frac{\rho_{\phi}}{\rho_u} \right) \quad (2)$$

где $A = 0.47$, $B = 0.004$ и $C = 0.25$ – эмпирические коэффициенты; ρ_{ϕ} , ρ_{II} – физическая и истинная плотности материала, кг/м³; W – влажность материала, %.

Выявление рациональных режимных параметров процедуры обезвоживания водных экстрактов и габаритов аппаратов для ее проведения опирается на расходные соотношения при контакте образца и теплоносителя в варьируемых технико-технологических условиях формирования бинарной среды [3, 4].

Основополагающими расчетными соотношениями в данном случае служат балансовые материальные и термические уравнения, кинетические и статические соотношения, опирающиеся на 3-и основных термодинамических закона [3, 4, 5]. Данные соотношения включают параметры кинетики обмена тепловой энергией и веществом, в частности, коэффициенты тепло- α и массоотдачи β , точное определение которых, несмотря на множество отечественных и иностранных работ, посвященных этому вопросу, вызывает значительные трудности [5, 6]. Минимальные величины α наблюдаются в случаях теплообмена с газообразными средами, к примеру, воздухом: $\alpha = 10 \div 50$ Вт/(м²·К), а при контакте с жидкими средами, в частности, с водой, они возрастают до $\alpha = 200 \div 10000$. Интенсивность обмена тепловой энергией при движении теплоносителя относительно капли высушиваемого материала, которое может быть организовано по прямоточному и противоточному принципам, обусловлено формой, габаритами, исходной T и ТФХ дисперсных частиц, а также физическими параметрами сушильного агента и его T .

Обмен теплом при трансфере сушильного агента сквозь слой образца и конвейерную решетку обусловлен габаритами и конфигурацией объекта сушки и решетки, порозности слоя, параметров сушильного агента его температуры и перфорированной ленты транспортера.

С целью нахождения α в стационарном режиме, при трансфере агента параллельно образцу с низкой λ в пределах $0.13 \div 1.7$ Вт/(м·К), опираясь на опытные данные и их обработку рядом ученых [5] эмпирически получено соотношения для расчета критерия Нуссельта:

$$Nu = 0.123 Re^{0.83}, \quad (3)$$

где $Nu = \frac{\alpha l_2}{\lambda_{ж}}$ (l_2 – эквивалентная величина диаметра капли; $\lambda_{ж}$ – коэффициент теплопроводности теплоносителя); $Re = \frac{\rho v l_2}{\mu_{ж}}$ (ρv – массовая скорость теплоносителя; $\mu_{ж}$ – коэффициент динамической вязкости воздуха).

Выражение, можно трансформировать для упрощения нахождения α при изменении интенсивности трансфера теплоносителя и определения его рациональной T в вид:

$$\alpha = 0.123 \lambda_{ж} l_{э}^{-0.17} \left(\frac{\rho}{\mu_{ж}} \right)^{0.83} v^{0.83} \quad (4)$$

В соотношении 4 значения теплофизических величин $\lambda_{ж}$, ρ и $\mu_{ж}$ для теплоносителя (воздух) известны [7], а эквивалентный размер $l_{э}$ а эквивалентный размер определен в ранних исследованиях авторов $l_{э} = d_{эквср}$.

Результаты и обсуждения. Точкой отсчета служит значение истинной плотности исходного сырья, которое с учетом известной пористости $\varepsilon_{II} = 21\%$ будет иметь значение $\rho_{II} = 898 \text{ кг/м}^3$. Для расчета также понадобится значение плотности сухого остатка $\rho_{с.о.}$, которое можно найти из следующей формулы:

$$\rho_{с.о.} = \frac{1 - W / 100}{1 / \rho_{II} - \frac{W / 100}{\rho_g}} = \frac{1 - 88.2 / 100}{1 / 898 - \frac{88.2 / 100}{1000}} = 510 \text{ кг/м}^3,$$

где W – влажность исходного сырья, %; $\rho_g = 1000$ – плотность воды, кг/м^3 .

В итоге изменение истинной плотности кожуры баклажан в зависимости от ее влажности W в диапазоне от 10% до 88% будет подчиняться уравнению, представленному ниже:

$$\rho_{II} = \frac{1}{\frac{W / 100}{1000} + \frac{1 - W / 100}{510}}. \quad (5)$$

Результаты экспериментов по определению физической плотности конечного сухого продукта представлены в таблице 1.

Таблица 1

Опытные данные по нахождению физической плотности конечного сухого продукта
в пикнометре объемом 50 мл

Эксперимент	Масса образца, г	Масса жидкости, г	Плотность суспензии, г/мл	Плотность образца, кг/м^3
1	2,63	43,24	0,917	977
2	1,83	43,98	0,916	976
3	2,16	46,68	0,917	974
4	3,32	42,59	0,918	979
5	1,72	44,08	0,916	970
Среднее значение				975

На рис. 1, 2 показаны в графическом виде закономерности варьирования физической и истинной ρ частиц рафината при $T = 274 \div 363 \text{ K}$ и W в пределах от 0,10 до 0,88 кг/кг . ρ продукта обусловлена химическим строением материала, в частности его W , при снижении растет физическая плотность.

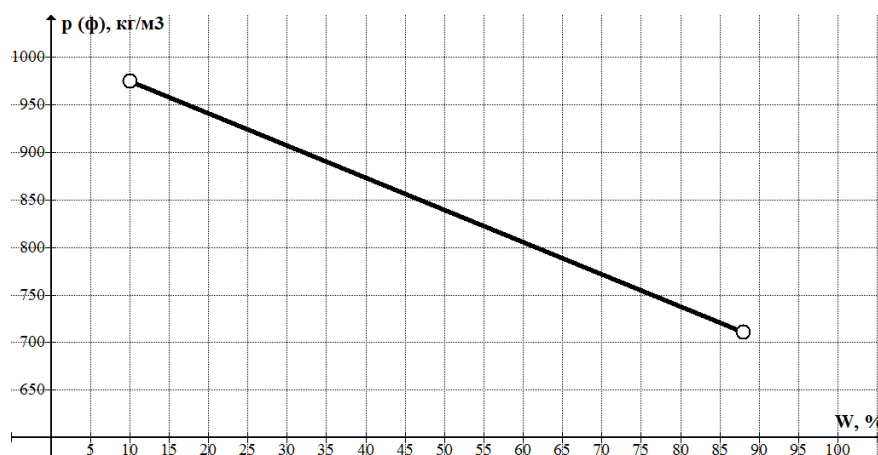

 Рис. 1. Зависимость варьирования физической плотности рафината от W в пределах варьирования $T = 274 \div 363 \text{ K}$

График 1 описан линейным соотношением при $10\% \leq W \leq 88\%$ и T в пределах от 274 до 363 К:

$$\rho_{\phi} = 1008.8 - 3.388W. \quad (6)$$

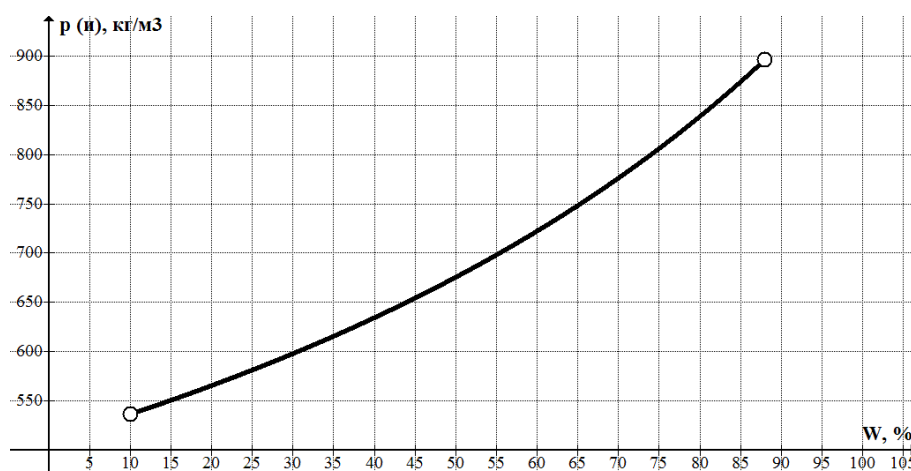


Рис. 2. Зависимость варьирования истинной плотности рафината от W в пределах варьирования $T = 274 \div 363$ К

Итак, значение теплоемкости для сухого остатка найдено следующим образом:

$$c_{c.o.} = \frac{c_M - c_{\text{воды}} \cdot W}{C} = \frac{4368 - 4183 \cdot 0.88}{0.12} = 5725 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

На рис. 3 показана зависимость массовой теплоемкости объекта исследования в интервале температур $274 \div 363$ К и влажности от 0,1 до 0,88 кг/кг. График 3 получен путем графической интерпретации закономерности линейного вида в пределах $0.1 \leq W \leq 0.88$ кг/кг и T от 274 до 363 К:

$$c_M = 5724 - 15.41W. \quad (7)$$

На рисунке 4 показан график зависимости коэффициента теплопроводности для объекта исследования в пределах варьирования $T = 274 \div 363$ К и W от 0,1 до 0,88 кг/кг, путем описания соотношения (2).

Коэффициент температуропроводности находим из соотношения:

$$a(W) = \frac{\lambda(W)}{c(W)\rho(W)}, \quad (8)$$

На рис. 5 показан график зависимости $a(W)$ для объекта исследования в пределах варьирования $T = 274 \div 363$ К и W от 0,1 до 0,88 кг/кг, путем описания соотношения (8).

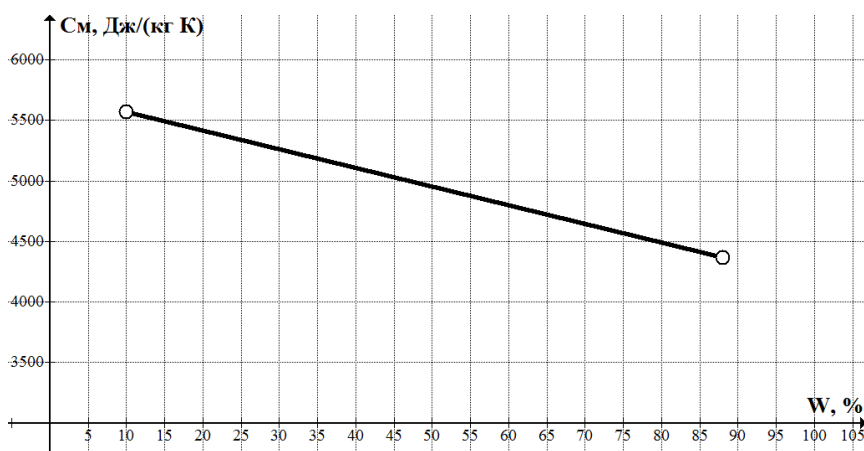
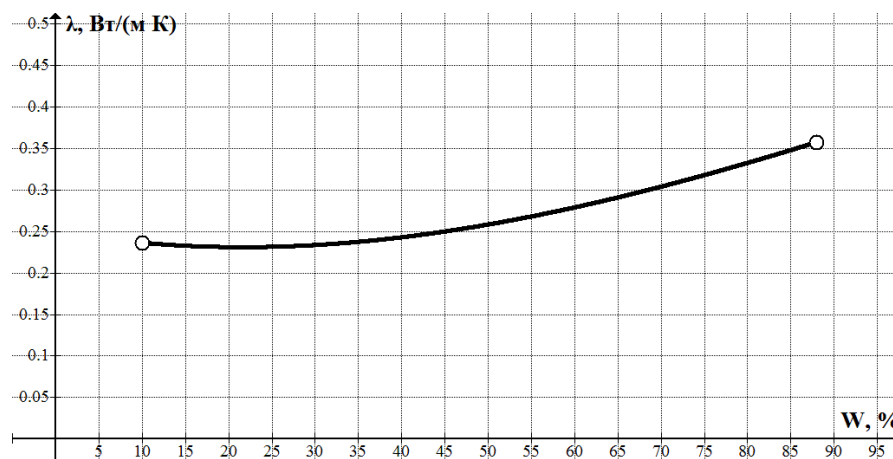
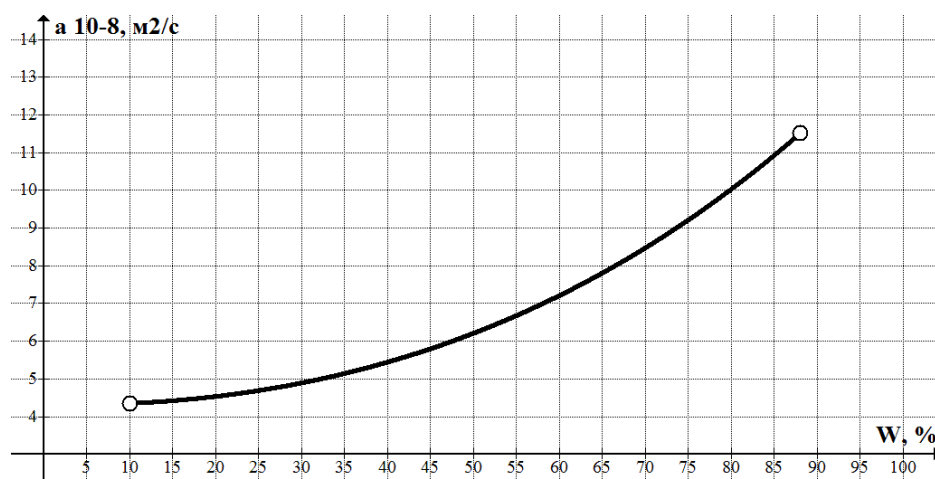


Рис. 3. Закономерность варьирования C_M в зависимости от W при $T = 274 \div 363$ К


 Рис. 4. Закономерность варьирования λ в зависимости от W при $T = 274 \div 363$ К

Ниже в таблице 2 представлены численные значения $\lambda_{жс}$, $l_э$, ρ и $\mu_{жс}$ для объекта обезвоживания и сушильного агента при его варьируемых T .


 Рис. 5. Закономерность варьирования a в зависимости от W при $T = 274 \div 363$ К

Учитывая, что величины входящие в соотношение 4 зависят от температуры теплоносителя, то для упрощения его применения резонно найти соотношения, куда вводится обобщенный комплекс

$$K_\alpha = 0.123 \lambda_{жс} l_э^{-0.17} \left(\frac{\rho}{\mu_{жс}} \right)^{0.83} \text{ и представить 4 в виде номограммы.}$$

Таблица 2

Значения величин $\lambda_{жс}$, $l_э$, ρ и $\mu_{жс}$ для теплоносителя и высушиваемого материала

$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda_{жс}, \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	$\mu_{жс}, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$l_э, \text{м}$
50	$2,83 \cdot 10^{-2}$	$19,6 \cdot 10^{-6}$	1,093	0,00462
60	$2,90 \cdot 10^{-2}$	$20,1 \cdot 10^{-6}$	1,060	0,00462
70	$2,96 \cdot 10^{-2}$	$20,6 \cdot 10^{-6}$	1,029	0,00462
80	$3,05 \cdot 10^{-2}$	$21,1 \cdot 10^{-6}$	1,000	0,00462
90	$3,13 \cdot 10^{-2}$	$21,5 \cdot 10^{-6}$	0,972	0,00462
100	$3,21 \cdot 10^{-2}$	$21,9 \cdot 10^{-6}$	0,946	0,00462

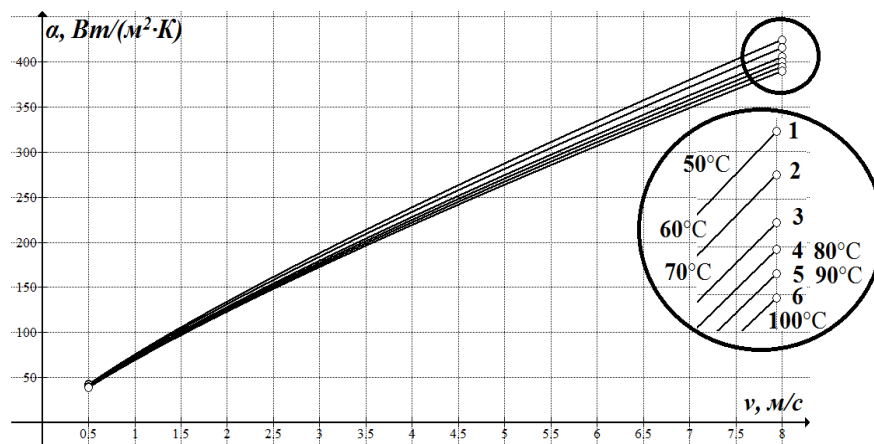
В таблице 3 сведены величины K_α для варьируемых T теплоносителя.

Таблица 3

 Значения K_α для различных температур теплоносителя

$t, ^\circ\text{C}$	50	60	70	80	90	100
K_α	75,5	73,9	72,1	71,1	70,2	69,3

На рис. 6 представлена номограмма зависимости коэффициента теплоотдачи, характеризующего интенсивность теплообмена между поверхностью частичек кожуры баклажан и окружающей средой, при $T = 323 \div 373$ К и скорости воздуха в пределах от 0,5 до 8 м/с, по рекомендациям, данным в работах [4, 8, 9].


 Рис. 6. $\alpha \sim v$ – номограмма при варьировании T в пределах $50 \div 100$ $^\circ\text{C}$ и скорости воздуха в интервале от 0,5 до 8 м/с

Заключение. Итак, определены теплофизические, структурно-механические и теплообменные параметры частичек рафината после экстракции кожуры баклажана, а также закономерности их варьирования в рациональных температурных и влажностных интервалах для рафината и теплоносителя в процессе обезвоживания.

ЛИТЕРАТУРА

- Остриков А.Н. Анализ теплофизических характеристик рапсового масла / А.Н. Остриков, А.Н. Горбатова, М.В. Копылов, А.А. Аникин // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 5 (19). – С. 107-112.
- Добровольская А.В. Комплексное использование физических способов консервирования и растворов природных антисептиков при производстве полуфабрикатов из топинамбура / А.В. Добровольская, В.Ю. Токарев, Н.Т. Шамкова, Н.А. Бугаец // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2019. – № 59. – С. 252-263.
- Алексян И.Ю. Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пе-носушка. Теория. Практика. Моделирование: монография. / И.Ю. Алексян, А.А. Буйнов. – Астрахань: АГТУ, 2004. – 380 с.
- Лыков А.В. Тепло- и массообмен в процессах сушки / А.В. Лыков. – М.: Гостоптехиздат, 1956. – 464 с.
- Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. для вузов/ А.Г. Касаткин. – М.: ООО ТИД Альянс, 2005. – 753 с.
- Калашников Г.В. Ресурсосберегающая машинно-аппаратурная схема линии переработки овощей / Г.В. Калашников, О.В. Черняев // Актуальная биотехнология. – 2017. – № 2 (21). – С. 165-167.
- Физические свойства воздуха: плотность, вязкость, удельная теплоемкость [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://thermalinfo.ru/svoystva-gazov/gazovye-smesi/fizicheskie-svoystva-vozduha-plotnost-vyazkost-teploemkost-entropiya> (Дата обращения: 04.09.2020).
- Прибытков А.В., Шахов С.В., Помыкин Д.О. Развитие процесса сушки с применением активного гидродинамического режима в аппаратах с закрученным потоком теплоносителя / А.В. Прибытков, С.В. Шахов, Д.О. Помыкин // Новая наука: техника и технологии. – 2017. – № 3. – С. 55-57.
- Еременко В.Т. Методологические аспекты математического моделирования тепло-массообменных процессов на примере замораживания термолабильных материалов / В.Т. Еременко, М.Н. Орешина // Информационные системы и технологии. – 2020. № 3 (119). – С. 47-55.

REFERENCES

1. Ostrikov A.N. Analiz teplofizicheskikh harakteristik rapsoвого masla / A.N. Ostrikov, A.N. Gorbatoва, M.V. Kopylov, A.A. Anikin // Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. – 2017. – № 5 (19). – S. 107-112.
2. Dobrovol'skaya A.V. Kompleksnoe ispol'zovanie fizicheskikh sposobov konservirovaniya i rastvorov prirodnykh antiseptikov pri proizvodstve polufabrikatov iz topinambura / A.V. Dobrovol'skaya, V.YU. Tokarev, N.T. SHamkova, N.A. Bugaev // Elektronnyj setevoy politematicheskij zhurnal "Nauchnye trudy KubGTU". – 2019. – № 59. – S. 252-263.
3. Aleksanyan I.YU. Vysokointensivnaya sushka pishchevyyh produktov. Pe-nosushka. Teoriya. Praktika. Modelirovanie: monografiya. / I.YU. Aleksanyan, A.A. Bujnov. – Astrahan': AGTU, 2004. – 380 s.
4. Lykov A.V. Teplo- i massoobmen v processah sushki / A.V. Lykov. – M.: Gostoptekhizdat, 1956. – 464 s.
5. Kasatkin A.G. Osnovnye processy i apparaty himicheskoy tekhnologii: ucheb. dlya vuzov./ A.G. Kasatkin. – M.: OOO TID Al'yans, 2005. – 753 s.
6. Kalashnikov G.V. Resursosberegayushchaya mashinno-apparurnaya skhema linii pererabotki ovoshchej / G.V. Kalashnikov, O.V. Chernyaev // Aktual'naya biotekhnologiya. – 2017. – № 2 (21). – S. 165-167.
7. Fizicheskie svoystva vozduha: plotnost', vyazkost', udel'naya teploemkost' [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://thermalinfo.ru/svoystva-gazov/gazovye-smesi/fizicheskie-svoystva-vozduha-plotnost-vyazkost-teploemkost-entropiya> (Data obrashcheniya: 04.09.2020).
8. Pribytkov A.V., SHahov S.V., Pomykin D.O. Razvitie processa sushki s primeneniem aktivnogo gidrodinamicheskogo rezhima v apparatah s zakruchennym potokom teplonositelya / A.V. Pribytkov, S.V. SHahov, D.O. Pomykin // Novaya nauka: tekhnika i tekhnologii. – 2017. – № 3. – S. 55-57.
9. Eremenko V.T. Metodologicheskie aspekty matematicheskogo modelirovaniya teplo-massoobmennyyh processov na primere zamorazhivaniya termolabil'nykh materialov / V.T. Eremenko, M.N. Oreshina // Informacionnye sistemy i tekhnologii. – 2020. – № 3 (119). – S. 47-55.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Андреева Елена Викторовна, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «АГТУ», Кафедра «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология», тел.: 8-905-060-38-83, elpetrovicheva1970@gmail.com
Andreeva Elena Viktorovna, Senior Lecturer, Department of Life Safety and Engineering Ecology, Astrakhan State Technical University

Евсеева София Сергеевна, старший преподаватель, Кафедра экспертизы, эксплуатации и управления недвижимостью, ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», тел.: 8-917-198-30-86, e-mail: ruslana2212010@mail.ru
Evseeva Sofia Sergeevna, Senior Lecturer, Department of Expertise, Operation and Management of Real Estate, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering

Алексанян Игорь Юрьевич, д.т.н., профессор, Кафедра «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВО «АГТУ», тел.: 8-927-282-43-07, 16081960igor@gmail.com
Aleksanian Igor Yuryevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Technological Machines and Machinery, Astrakhan State Technical University, phone: 8-927-282-43-07, 16081960igor@gmail.com

Дата поступления в редакцию: 10.07.2020

После рецензирования: 13.08.2020

Дата принятия к публикации: 03.09.2020



**Требования к оформлению и сдаче рукописей
в редакцию журнала**

**«СОВРЕМЕННАЯ НАУКА
И ИННОВАЦИИ»**

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-51370

от 10 октября 2012г.

ISSN: 2307-910X

Редакция журнала сотрудничает с авторами – преподавателями вузов, научными работниками, аспирантами, докторантами и соискателями ученых степеней

Журнал публикует материалы в разделах:

Технические науки: классические исследования и инновации

Информатика, вычислительная техника и управление

Технология продовольственных продуктов

Дискуссионные статьи

Краткие сообщения

Политические науки

Политология

Материалы в редакцию журнала принимаются в соответствии с требованиями к оформлению и сдаче рукописей постоянно и публикуются после обязательного внутреннего рецензирования и решения редакционной коллегии в порядке очередности поступления с учётом рубрикации номера.

1. Для оптимизации редакционно-издательской подготовки редакция принимает от авторов рукописи и сопутствующие им необходимые документы в следующей комплектации:

1.1. В печатном варианте:

Отпечатанный экземпляр рукописи

Объем статьи: 6–12 страниц (оригинальная статья), 15–20 стр. (обзорная статья), 2–3 стр. краткое сообщение. Требования к компьютерному набору: формат А4; кегль 12; шрифт TimesNewRoman; межстрочный интервал 1,15; нумерация страниц внизу по центру; поля все 2 см; абзацный отступ 1,25 см.

Сведения об авторе (на русском и английском языках)

Сведения должны включать следующую информацию: ФИО (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, место и адрес работы, адрес электронной почты и телефоны для связи.

1.2. На электронном носителе в отдельных файлах (CD-DVD диск или флеш-карта): Электронный вариант рукописи в текстовом редакторе Word (название файла: «Фамилия_И.О._статья»); Сведения об авторе (название файла: «Фамилия_И.О._сведения об авторе»).

1.3. Отзыв научного руководителя (для аспирантов, адъюнктов и соискателей). Подписывается научным руководителем собственноручно.

1.4. Рецензия специалиста в данной научной сфере, имеющего ученую степень. Подпись рецензента должна быть заверена соответствующей кадровой структурой (рецензия должна быть внешней по отношению к кафедре или другому структурному подразделению, в котором работает автор).

1.5. Экспертное заключение (для технических наук). Во всех институтах созданы экспертные комиссии, которые подписывают экспертные заключения о возможности опубликования статьи в открытой печати.

2. Статья должна содержать следующие элементы оформления:

индекс УДК (на русском и английском языках);

фамилию, имя, отчество автора (авторов) (имя и отчество полностью) (на русском и английском языках);

название; (на русском и английском языках);

место работы автора (авторов) (в скобках в именительном падеже) (на русском и английском языках);

краткую аннотацию содержания рукописи (3–4 строчки, не должны повторять название) (на русском и английском языках);

список ключевых слов или словосочетаний (5–7) (на русском и английском языках);

в конце статьи реферат на английском языке;

3. Оформление рисунков, формул и таблиц:

Рисунки и таблицы вставляются в текст в нужное место. Ссылки в тексте на таблицы и рисунки обязательны. За качество рисунков или фотографий редакция ответственности не несет.

3.1. Оформление рисунков (графиков, диаграмм):

все надписи на рисунках должны читаться;

рисунки должны быть оформлены с учетом особенности черно-белой печати (рекомендуется использовать в качестве заливки различные виды штриховки и узоров, в графиках различные виды линий – пунктирные, сплошные и т. д., разное оформление точек, по которым строится график – кружочки, квадраты, ромбы, треугольники); цветные и полутоновые рисунки исключаются;

рисунки должны читаться отдельно от текста, поэтому оси должны иметь название и единицы измерения;

рисунки нумеруются снизу (Рисунок 1 – Название) и выполняются в графическом редакторе **10 кеглем** (шрифтом).

3.2. Оформление формул: формулы выполняются в программе редактор формул **MathType; 12 шрифтом**, выравниваются по центру, их номера ставятся при помощи табулятора в круглых скобках по правому краю.

3.3. Оформление таблиц: таблицы должны иметь название. **Таблицы** нумеруются сверху (Таблица 1 – Название) и выполняются **10 кеглем (шрифтом)**, междустрочное расстояние – одинарное.

4. Библиографический список. Размещается в конце статьи. В нем перечисляются все источники, на которые ссылается автор, с полным библиографическим аппаратом издания (в соответствии с ГОСТР 7.0.5-2008).

5. Авторское визирование:

автор несет ответственность за точность приводимых в его рукописи сведений, цитат и правильность указания названий книг в списке литературы;

автор на последней странице пишет: «Объем статьи составляет ... (указать количество страниц)», ставит дату и подпись.

Адрес редакции

г. Пятигорск, ул. 40 лет Октября, 56 Статьи с комплектом документов в журнал «Современная наука и инновации» сдавать: г. Пятигорск, ул. 40 лет Октября, 56, каб. № 45 ОПО НИР, ответственному секретарю журнала: Оробинской Валерии Николаевне.

Контактные телефоны

(8793)33-34-21; 8-928-351-93-25,

e-mail: nauka-pf@yandex.ru_orobinskaya.val@yandex.ru

Научное издание

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА И ИННОВАЦИИ

Научный журнал

Выпуск №3 (31) 2020

Научное редактирование, проверка статей на антиплагиат рубрики
«Технические науки» – В. Н. Оробинская
Перевод аннотаций, ключевых слов, рефератов на английский язык – Е. В. Галдин
Корректировка текста – Д. А. Вартумян

Технический редактор, компьютерная верстка Н. Неговора

Подписано в печать 12.10.2020

Выход в свет 17.10.2020

Формат 210x297 1/8	Усл. печ. л. 13,02	Усл. издат. л. 12,64
Бумага офсетная. Печать офсетная	Тираж 500 экз.	Заказ №

Отпечатано с готового оригинал-макета, представленного авторами,
в типографии ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»
филиала СКФУ в г. Пятигорске
357500, Ставропольский край, г. Пятигорск,
ул. Октябрьская / пр. 40 лет Октября, 38/90.
Тел. 8(8793) 97-32-38

СВОБОДНАЯ ЦЕНА