

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

16+

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА И ИННОВАЦИИ

Научный журнал

Выпуск №1, 2025

Выходит 4 раза в год

ISSN 2307-910X

Ставрополь – Пятигорск
2025

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

*FEDERAL STATE AUTONOMOUS EDUCATIONAL
INSTITUTION FOR HIGHER EDUCATION
"NORTH-CAUCASUS FEDERAL UNIVERSITY"*

16+

MODERN SCIENCE AND INNOVATIONS

Scientific journal

Issue No. 1, 2025

Turns out 4 times a year

ISSN 2307-910X

Stavropol - Pyatigorsk
2025

Журнал «Современная наука и инновации» (Sovremennaya nauka i innovatsii)

Учредитель	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»
История журнала	Журнал основан в 2012 году. Дата выхода первого номера: 24.06.2013.
Цель	Основной целью журнала является освещение результатов научных исследований отечественный и зарубежных ученых, имеющих высокую теоретическую и практическую значимость.
Главный редактор	Шебзухова Т.А. , доктор исторических наук, профессор, профессор, директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского федерального университета (ПИ СКФУ) (Пятигорск, Россия)
Редакционный совет журнала	Вартумян А.А. , доктор политических наук, профессор председатель (ПИ СКФУ, Пятигорск, Россия); Першин И.М. , доктор технических наук, профессор, заместитель председателя (ПИ СКФУ, Пятигорск, Россия); Евдокимов И.А. , член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, зам. главного редактора по естественно-научному направлению (СКФУ, Ставрополь, Россия); 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, Россия); Веселов Г.Е. , доктор технических наук, профессор (ЮФУ, Таганрог, Россия); Григорьев В.В. , доктор технических наук, профессор (САО УИТМО, Санкт-Петербург, Россия); Душин С.Е. , доктор технических наук, профессор (СПб ГЭТУ, Санкт-Петербург, Россия); Балега Ю.Ю. , член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук (САО РАН, Верхний Архыз, Россия); Cynthia Pizarro , доктор антропологии, профессор, член национального совета понаучным и техническим исследованиям Аргентины (Университет Буэнос-Айреса, Буэнос-Айрес, Аргентина); Федорова М.М. , доктор политических наук, профессор (Институт философии РАН, Москва, Россия); Коробкеев А.А. , доктор медицинских наук, профессор (СтГМУ, Ставрополь, Россия); Hannes Meissner , доктор наук, профессор (Университет прикладных исследований Вены, Вена, Австрия); Шутов А.Ю. , член-корреспондент РАН, доктор исторических наук, профессор, зав. каф. истории и теории политики (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия).
Редакционная коллегия	Шебзухова Т.А. , доктор исторических наук, профессор, главный редактор (ПИ СКФУ, Пятигорск, Россия); Вартумян А.А. , доктор политических наук, профессор, зам. главного редактора по гуманитарному направлению (ПИ СКФУ, Пятигорск, Россия); Першин И.М. , доктор технических наук, профессор, зам. главного редактора по техническому направлению (ПИ СКФУ, Пятигорск); Евдокимов И.А. , член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, зам. главного редактора по естественно-научному направлению (СКФУ, Ставрополь, Россия); Боташева А.К. , доктор политических наук, профессор (ПГУ, Пятигорск, Россия); Брацихин А.А. , доктор технических наук, профессор (УдГАУ, Ижевск, Россия); Емельянов С.А. , доктор технических наук, профессор (СКФУ, Ставрополь, Россия); Казуб В.Т. , доктор технических наук, профессор (ПМФИ (филиал) ВолГМУ, Пятигорск, Россия); Карабушенко П.Л. , доктор философских наук, профессор (АГУ, Астрахань, Россия); Корячкина С.Я. , доктор технических наук, профессор (ОГУ им. И.С. Тургенева, Орел, Россия); Коновалов Д.А. , доктор фармацевтических наук, профессор (ПМФИ, Пятигорск, Россия); Косов Г.В. , доктор политических наук, профессор (СГУ, Республика Крым, Севастополь, Россия); Лодыгин А.Д. , доктор технических наук, доцент (СКФУ, Ставрополь, Россия); Cynthia Pizarro , доктор антропологии, профессор, член национального совета по научным и техническим исследованиям Аргентины (Университет Буэнос-Айреса, Буэнос-Айрес, Аргентина); Манинио Саверио , профессор, Миланский университет (Милан, Италия); Пушмина И.Н. , доктор технических наук, доцент (СФУ, Красноярск, Россия); Садовой В.В. , доктор технических наук, профессор (Ставропольский институт кооперации (филиал) Белгородского университета кооперации, экономики и права, Ставрополь, Россия); Теплый Д.Л. , доктор биологических наук, профессор, академик РАЕН (АГУ, Астрахань, Россия); Усманов Р.Х. , доктор политических наук, профессор (АГУ, Астрахань, Россия); Тарасов И.Н. , доктор политических наук, профессор (БФУ им. И. Канта, Калининград, Россия); Шабров О.Ф. , доктор политических наук, профессор (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия); Храмцова Ф.И. , доктор политических наук, профессор (филиал РГСУ, Минск, Республика Беларусь); Oliver Hinkelbein , доктор наук, профессор (Университет Бремена, Бремен, Германия); Khalid Khayati , доктор наук, профессор (Университет Линчопинг, Линчопинг, Швеция); Чернобабов А.И. , доктор физико-математических наук профессор (ПИ СКФУ, Пятигорск, Россия); Чернышев А.Б. , доктор физико-математических наук, доцент (ПИ СКФУ, Пятигорск, Россия); Ширинянц А.А. , доктор политических наук, профессор, зав. каф. истории социально-политических учений (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия); Шутов А.Ю. , член-корреспондент РАН, доктор исторических наук, профессор, зав. каф. истории и теории политики (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия).
Ответственный секретарь	Оробинская В.Н. , кандидат технических наук (Пятигорский институт (филиал) Северо-Кавказского федерального университета (ПИ СКФУ)) (Пятигорск, Россия)
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); в БД «Российский индекс научного цитирования». Свободная цена
Дата выхода в свет текущего номера	23.05.2025.
Типография и издательство	ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» филиала СКФУ в г. Пятигорске, 357500, Ставропольский край, г. Пятигорск, ул. Октябрьская / пр. 40 лет Октября, 38/90.
Тираж	500 экз.
Периодичность	4 выпуска в год.
Адрес	адрес издателя: 355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, ул. Пушкина 1 адрес редакции: 357500, Ставропольский край, г. Пятигорск, пр. 40 лет Октября, 56
Телефон	(879-3) 33-34-21, 8-928-351-93-25
E-mail	oronir@pfnfu.ru
ISSN	2307-910X

Материалы журнала открытого доступа в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License, которая разрешает их использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.
Авторское право на оригинал-макет и оформление принадлежит журналу, авторское право на статьи – авторам.

“Modern Science and Innovations” journal

Founder	Federal State Autonomous Educational Institution for Higher Education "North-Caucasus Federal University"
History of journal Purpose	The journal was founded in 2012. Release date of the first issue: 06.24.2013. The main purpose of the journal is to cover the results of scientific research of domestic and foreign scientists with high theoretical and practical relevance.
Editor-in-Chief	Shebzukhova T.A. , Dr. Sci. (Hist.), Professor, Professor, Director of the Pyatigorsk Institute (branch) of North-Caucasus Federal University (PI NCFU) (Pyatigorsk, Russia)
Editorial Council	Vartumyan A.A. , Dr. Sci. (Polit.), Professor, Chairman (PI NCFU, Pyatigorsk, Russia); Pershin I.M. , Dr. Sci. (Techn.), Professor (PI NCFU, Pyatigorsk, Russia); Evdokimov I.A. , Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Techn.), Professor, Deputy Editor-in-Chief in the natural science field (NCFU, Stavropol, Russia); Medetov N.A. , Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor (Kostanay State University named after Baitursynov, Kostanay, Republic of Kazakhstan); Utkin V.A. , Dr. Sci. (Medicine), Professor (Institute of Spa in Pyatigorsk, Russia); Veselov G.E. , Dr. Sci. (Techn.), Professor (Southern Federal University, Taganrog, Russia); Grigoriev V.V. , Dr. Sci. (Techn.), Professor (St. Petersburg National Research University Information Technologies, Mechanics and Optics, St. Petersburg, Russia); Dushyn S.E. , Dr. Sci. (Techn.), Professor (St. Petersburg State Electrotechnical University, St. Petersburg, Russia); Balega Yu.Yu. , Member-correspondent of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Phys.-Math.) (Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Upper Arkhyz, Russia); Dr. Cynthia Pizarro , Anthropology Professor, Member of the National Council for Scientific and Technical Research of Argentina (University of Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina); Fedorova M.M. , Dr. Sci. (Polit.), Professor (Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia); Korobkeev A.A. , Dr. Sci. (Medicine), Professor (Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia); Hannes Meissner , Doctor of Sciences, Professor (University of Applied Studies, Vienna, Austria); Shutov A.Yu. , Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Hist.), Professor, Head of the Department of History and Theory of Politics (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia).
Editorial Board	Shebzukhova T.A. , Dr. Sci. (Hist.), Professor, Chief Editor (PI NCFU, Pyatigorsk, Russia); Vartumyan A.A. , Dr. Sci. (Polit.), Professor, Deputy Chief Editor of the humanitarian direction (PI NCFU, Pyatigorsk, Russia); Pershin I.M. , Dr. Sci. (Techn.), Professor, Deputy Chief Editor of the technical direction (PI NCFU, Pyatigorsk, Russia); Evdokimov I.A. , Dr. Sci. (Techn.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Botasheva A.K. , Dr. Sci. (Polit.), Professor (Pyatigorsk State University, Pyatigorsk, Russia); Bratsikhin A.A. , Dr. Sci. (Techn.), Professor (Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia); Veselov G.E. , Dr. Sci. (Techn.), Professor; Emelyanov S.A. , Dr. Sci. (Techn.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Kazub V.T. , Dr. Sci. (Techn.), Professor (Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute (branch) of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia); Karabushenko P.L. , PhD, Professor (Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia); Koryachkina S.Ya. , Dr. Sci. (Techn.), Professor (Orel State University, Orel, Russia); Konovalov D.A. , Dr. Sci. (Pharmacy), Professor (Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute (branch) of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia); Kosov G.V. , Dr. Sci. (Polit.), Professor (Sevastopol State University, Sevastopol, Russia); Lodygin A.D. , Dr. Sci. (Techn.), Associate Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Dr. Cynthia Pizarro , Anthropology Professor, Member of the National Council for Scientific and Technical Research of Argentina (University of Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina); Pushmina I.N. , Dr. Sci. (Techn.), Associate Professor (Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia); Sadovoy V.V. , Dr. Sci. (Techn.), Professor (Stavropol Cooperative Institute (branch) of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Stavropol, Russia); Tepliy D.L. , Dr. Sci. (Biol.), Professor, Academician of Russian Academy of Natural Sciences (Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia); Usmanov R.Kh. , Dr. Sci. (Polit.), Professor (Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia); Tarasov I.N. , Dr. Sci. (Polit.), Professor (Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia); Shabrov O.F. , Dr. Sci. (Polit.), Professor (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia); Hramtsova F.I. , Dr. Sci. (Polit.), Professor (branch of Russian State Social University, Minsk, Republic of Belarus); Olivier Hinkelbein , Dr. Sci., Professor (University of Bremen, Bremen, Germany); Khalid Khayati , Dr. Sci. Professor (University of Linköping, Linköping, Sweden); Chernobabov A.I. , Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor (PI NCFU, Pyatigorsk, Russia); Chernyshev A.B. , Dr. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor (PI NCFU, Pyatigorsk, Russia); Shirinyants A.A. , Dr. Sci. (Polit.), Professor, Head of the Department of the History of Socio-Political Doctrines (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia); Shutov A.Yu. , Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Hist.), Professor, Head of the Department of History and Theory of Politics (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia).
Executive secretary	Orobinskaya V.N. , Cand. Sci. (Techn.) (Pyatigorsk Institute (branch) of North-Caucasus Federal University (PI NCFU)) (Pyatigorsk, Russia)
Certificate media registration	PI No. FS 77-51370 dated October 10 th 2012
Index	United catalogue. THE RUSSIAN PRESS. Newspapers and magazines: 94010 The journal is included in the new list of peer-reviewed publications (VAK); The journal is included in the database of the "Russian science citation index". Free price
Publication date of the current issue	05.23.2025.
Printing house and publishing house	Federal State Autonomous Educational Institution for Higher Education "North-Caucasus Federal University" branch of North-Caucasus Federal University in Pyatigorsk, 357500, Stavropol Territory, Pyatigorsk, Oktyabrskaya St. / 40 Let Oktyabrya Ave., 38/90.
Circulation	500 copies
Frequency	4 issues per year.
Address	publisher's address: 355017, Stavropol Territory, Stavropol, Pushkin St., 1 editorial office address: 357500, Stavropol Territory, Pyatigorsk, 40 let Oktyabrya Ave., 56 (879-3) 33-34-21, 8-928-351-93-25
Phone	
E-mail	oponir@pfnctu.ru
ISSN	2307-910X

Journal content is an open access under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright for the original layout and design belongs to the journal, copyright for the articles belongs to the authors.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Бородич А. Г.*
ПРОБЛЕМАТИКА ВНЕДРЕНИЯ РЕШЕНИЙ AI В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ 9
- Переухин Д. А., Котов Д. Д., Искандеров Ю. М.*
МЕТОДЫ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ИНТЕРЕСАХ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА 18
- Ильюшин Ю. В., Мартиросян А. В.*
АНАЛИЗ ИМПУЛЬСНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ 41
- Лиджи-Горяев В. В., Манкаева Г. А., Гольдварг Т. Б., Мучкаева С. С., Джахнаева Е. Н.*
ОЦЕНКА БИНАРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МОШЕННИЧЕСКИХ ОБЪЯВЛЕНИЙ В ОБЛАЧНЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ КАНДИДАТОВ ATS 51

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

- Васенина А. О., Анисимов Г. С., Лодыгин А. Д.*
ВЛИЯНИЕ МИКРОПАРТИКУЛЯТА СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ С ПОЛИФЕНОЛАМИ И КОНЦЕНТРАТА МИЦЕЛЛЯРНОГО КАЗЕИНА НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И БИОЛОГИЧЕСКУЮ ЦЕННОСТЬ ПОЛУТВЕРДОГО СЫРА 63
- Павлова О. В., Кучер А. С., Оробинская В. Н.*
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИТОКОМПОЗИЦИИ НА СЕНСОРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ 72
- Евдокимов И. А., Куликова И. К., Гридин А. С., Хазов Д. С., Гордиенко Л. С.*
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗАТРАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЛАКТОЗЫ 82
- Кучер А. С., Ануфрик С. С., Павлова О. В., Корнийчук В. Г., Владимиров С. В.*
ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ФИТОКОМПОЗИЦИЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВААННОГО И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ 90
- Досаев А. А., Сафаров Р. Р., Меньшутина Н. В.*
АНАЛИЗ КЛАССИФИКАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ БИОРЕАКТОРНЫХ СИСТЕМ (ОБЗОР). ЧАСТЬ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ БИОРЕАКТОРОВ ПО КОНСТРУКТИВНЫМ ПАРАМЕТРАМ 106
- Садовой В. В., Щедрина Т. В., Хамицаева А. С., Трубина И. А.*
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЛЬВАТАЦИИ ХИТОЗАНА В ВОДЕ И РАСТВОРАХ С ПОНИЖЕННОЙ АКТИВНОЙ КИСЛОТНОСТЬЮ 126

Григорян Р. Э., Курченко В. П., Головнева Н. А., Денисенко В. В., Найдено И. А., Салманова Д. А., Гарибян Л. В., Ржепаковский И. В., Алиева Л. Р., Лодыгин А. Д., Евдокимов И. А., Шрамко М. И.

ТЕХНОЛОГИЯ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ *LACTIPLANTIBACILLUS PLANTARUM* В ОБОЛОЧКУ АЛЬГИНАТА КАЛЬЦИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОКАПСУЛ РАЗЛИЧНЫХ РАЗМЕРОВ 135

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Шогенова З. А.
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ И РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ ПО СОЗДАНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПАЦИЕНТОВ 150

ПОЛИТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Малькевич А. А.
К ВОПРОСУ О ДЕФИНИЦИИ ПОНЯТИЯ «МОЛОДЕЖНАЯ ПОЛИТИКА» И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ МЕДИА В СОЦИАЛЬНО-ПОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ 158

Щедрова Г. П.
ПОЛИТИЧЕСКИЕ ЦЕННОСТИ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ В КОНТЕКСТЕ НОВЫХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКИХ ВЫЗОВОВ 165

Мехмет Э. И. Д., Магомедов А. К.
ВНЕШНЕПОЛИТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ АХМЕТА ДАВУТОГЛУ «СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ГЛУБИНА» И КУРДСКИЙ ВОПРОС 173

Миргород Д. А., Диденко Л. Р.
ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОМПОНЕНТ ГИБРИДНЫХ ВОЙН 184

Ибрагимов И. Д.
ПУБЛИЧНЫЕ ФОРМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КООРДИНАЦИОННОГО ЦЕНТРА МУСУЛЬМАН СЕВЕРНОГО КАВКАЗА В ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЯХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ 192

Головин В. Г., Головина Е. Е.
СОСТОЯНИЕ КОММУНИКАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ НА ПРОСТРАНСТВЕ БОЛЬШОГО КАСПИЯ 204

Дугужева О. А.
СТРАТЕГИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ МЯГКОЙ СИЛЫ РЕСПУБЛИКИ КОРЕЯ 213

ДИСКУССИОННЫЕ СТАТЬИ

Батуров А. В., Кишиневская В. Ф.
ЛОКУС-БРЕНДИНГ КАК ЭЛЕМЕНТ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО МАРКЕТИНГА ГОРОДОВ-КУРОРТОВ КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД 219

Требования к оформлению рукописей 231

CONTENTS

TECHNICAL SCIENCES INFORMATION, COMPUTING AND MANAGEMENT

<i>Borodich A. G.</i> CHALLENGES OF IMPLEMENTING AI SOLUTIONS IN THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY	9
<i>Pervukhin D. A., Kotov D. D., Iskanderov Yu. M.</i> METHODS OF STRUCTURAL-PARAMETRIC SYNTHESIS OF AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES DESIGNED TO SOLVE PROBLEMS IN THE INTERESTS OF THE MINERAL RESOURCES COMPLEX	18
<i>Ilyushin Yu. V., Martirosyan A. V.</i> ANALYSIS OF PULSE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM	41
<i>Ligi-Goryaev V. V., Mankaeva G. A., Goldvarg T. B., Muchkaeva S. S., Dzhakhnaeva E. N.</i> ASSESSMENT OF BINARY PREDICTION OF FRAUDULENT ADVERTISEMENTS IN ATS CANDIDATE TRACKING CLOUD SYSTEMS	51
TECHNOLOGY OF FOOD PRODUCTS	
<i>Vasenina A. O., Anisimov G. S., Lodygin A. D.</i> THE INFLUENCE OF MICROPARTICULATED WHEY PROTEINS WITH POLYPHENOLS AND MICELLAR CASEIN CONCENTRATE ON QUALITY INDICATORS AND BIOLOGICAL VALUE OF SEMI-HARD CHEESE	63
<i>Pavlova O. V., Kucher A. S., Orobinskaya V. N.</i> ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF PHYTOCOMPOSITION ON THE SENSORY CHARACTERISTICS OF BAKERY PRODUCTS	72
<i>Evdokimov I. A., Kulikova I. K., Gridin A. S., Khazov D. S., Gordienko L. A.</i> COMPARATIVE STUDY OF THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF SEED MATERIALS USED DURING THE LACTOSE CRYSTALLIZATION	82
<i>Kucher A. S., Anufrik S. S., Pavlova O. V., Korniychuk V. G., Vladimirov S. V.</i> STUDY OF THE PROPERTIES OF PLANT POWDERS FOR THE CREATION OF PHYTOCOMPOSITIONS OF SPECIALISED AND FUNCTIONAL PURPOSE	90
<i>Dosaev A. A., Safarov R. R., Menshutina N. V.</i> CLASSIFICATION ANALYSIS OF MODERN BIOREACTOR SYSTEMS (REVIEW). PART 1. CLASSIFICATION OF BIOREACTORS BY DESIGN PARAMETERS	106
<i>Sadovoy V. V., Shchedrina T. V., Khamitsaeva A. S., Trubina I. A.</i> COMPUTER SIMULATION OF CHITOSAN SOLVATION IN WATER AND SOLUTIONS WITH REDUCED ACTIVE ACIDITY	126
<i>Grigorian R. E., Kurchenko V. P., Golovnyova N. A., Denisenko Vera V., Naidenko I. A., Salmanova D. A., Garibian L. V., Rzhepakovsky I. V., Alieva L. R., Lodygin A. D., Evdokimov I. A., Shramko M. I.</i> THE TECHNOLOGY OF ENCAPSULATION OF <i>LACTIPLANTIBACILLUS PLANTARUM</i> IN A CALCIUM ALGINATE SHELL TO PRODUCE MICROCAPSULES OF VARIOUS SIZES	135

SHORT REPORT

- Shogenova Z. A.*
MODERN APPROACHES TO THE FORMATION AND IMPLEMENTATION OF METHODS FOR CREATING INFORMATION SYSTEMS OF DIGITAL TWINS OF PATIENTS 150

POLITICAL SCIENCES

- Malkevich A. A.*
ON THE DEFINITION OF THE CONCEPT OF "YOUTH POLICY" AND THE USE OF NEW MEDIA IN THE SOCIO-POLITICAL PROCESSES OF MODERN RUSSIA 158

- Shchedrova G. P.*
POLITICAL VALUES IN MODERN RUSSIA IN THE CONTEXT OF NEW GEOPOLITICAL CHALLENGES 165

- Mehmet E. I. D., Magomedov A. K.*
AHMET DAVUTOGLU'S FOREIGN POLICY CONCEPT OF "STRATEGIC DEPTH" AND THE KURDISH ISSUE 173

- Mirgorod D. A., Didenko L. R.*
THE INFORMATION COMPONENT OF HYBRID WARS 184

- Ibragimov I. J.*
PUBLIC FORMS OF POSITIONING OF THE COORDINATING CENTER OF MUSLIMS OF THE NORTH CAUCASUS IN PROBLEMATIC SITUATIONS OF PUBLIC RELATIONS 192

- Golovin V. G., Golovina E. E.*
STATE OF COMMUNICATION REGIMES IN THE AREA OF THE GREATER CASPIAN SEA 204

- Duguzheva O. A.*
THE STRATEGY AND TOOLS OF THE REPUBLIC OF KOREA'S SOFT POWER 213

DISCUSSION PAPERS

- Baturov A. V., Kshishnevskaya V. F.*
LOCUS BRANDING AS AN ELEMENT OF TERRITORIAL MARKETING OF CAUCASIAN MINERAL WATERS RESORT TOWNS 219

- Requirements for preparation of manuscripts** 231

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ | TECHNICAL SCIENCES

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

Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 9-17.
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И
УПРАВЛЕНИЕ

Modern Science and Innovations. 2025;(1):9-17.
TECHNICAL SCIENCE
INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING AND
MANAGEMENT

Научная статья
УДК 615.07:004.8
<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.1>



Проблематика внедрения решений AI в фармацевтической отрасли

Александр Геннадьевич Бородич

Ситибанк, г. Москва, Россия
alexanderborodich@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены проблемные области интеграции решений искусственного интеллекта (ИИ) в фармацевтической отрасли. Актуальность настоящего исследования определяется стремительным развитием цифровых технологий, которые вносят коренные преобразования в фармацевтику. На фоне глобальной цифровизации отчетливо фиксируется значительный сдвиг в подходах к разработке, производству, а также к реализации лекарственных средств, что порождает необходимость комплексного анализа возникающих барьеров, противоречий. Цель работы заключается в выявлении ключевых проблем внедрения AI-решений в фармацевтике, оценке их влияния на процессы инноваций, в систематизации представлений о перспективах с учетом ретроспективы. В литературе отмечаются разногласия между оценками экономической эффективности применения ИИ и его потенциальных рисков, сопряженных с качеством исходных данных, регуляторными ограничениями, этическими аспектами. Автор приходит к выводу о необходимости применения мультидисциплинарного подхода для преодоления выявленных проблемных зон, который представлен интеграцией передовых технологических решений, совершенствованием нормативного регулирования, разработкой механизмов независимой экспертизы. Авторский вклад состоит в систематизации существующих проблем, а также в выявлении малоисследованных аспектов. Полученные результаты служат основой для дальнейших научных изысканий и практических рекомендаций для специалистов в области фармацевтики, разработчиков ИИ-решений, представителей регуляторных органов, стремящихся обеспечить действенную интеграцию инновационных технологий в современные системы здравоохранения.

Ключевые слова: большие данные, инновации, искусственный интеллект, клинические испытания, регуляторные барьеры, фармацевтическая отрасль, экономическая эффективность

Для цитирования: Бородич А. Г. Проблематика внедрения решений AI в фармацевтической отрасли // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 9-17. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.1>

Challenges of implementing AI solutions in the pharmaceutical industry

Aleksander G. Borodich

Citibank, Moscow, Russia
alexanderborodich@yandex.ru

Abstract. *The article examines the problematic areas involved in integrating artificial intelligence (AI) solutions into the pharmaceutical industry. The relevance of this study is underscored by the rapid advancement of digital technologies that are fundamentally transforming the pharmaceutical sector. Against the backdrop of global digitalization, a pronounced shift is observed in the approaches to drug development, production, and distribution, thereby necessitating a comprehensive analysis of the emerging barriers and contradictions. The primary objective of this work is to identify the key challenges in the implementation of AI solutions within the pharmaceutical field, assess their impact on innovation processes, and systematize perspectives on future developments while taking historical trends into account. The literature reveals discrepancies between the assessments of the economic effectiveness of AI applications and the potential risks associated with factors such as the quality of input data, regulatory constraints, and ethical considerations. The author concludes that a multidisciplinary approach is essential for overcoming the identified challenges—an approach that integrates advanced technological solutions, enhanced regulatory frameworks, and the development of mechanisms for independent evaluation. The contribution of this study lies in the systematic organization of existing issues and the identification of underexplored aspects. The findings provide a foundation for further scientific inquiry and practical recommendations targeted at professionals in the pharmaceutical industry, developers of AI solutions, and regulatory bodies striving to ensure the effective integration of innovative technologies into modern healthcare systems.*

Keywords: Big Data, innovations, artificial intelligence, clinical trials, regulatory barriers, pharmaceutical industry, economic efficiency

For citation: Borodich AG. Challenges of implementing AI solutions in the pharmaceutical industry. *Modern Science and Innovations*. 2025;(1):9-17. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.1>

Введение. Современные достижения в области искусственного интеллекта (AI) формируют качественно иную новую парадигму в развитии фармацевтической индустрии. Согласно последним исследованиям, 80% специалистов в области фармацевтики и медико-биологических наук используют искусственный интеллект для разработки лекарственных препаратов [10].

Важно подчеркнуть, что модели машинного обучения и нейронные сети позволяют ускорять процессы открытия лекарственных препаратов, оптимизировать клинические испытания, персонализировать терапевтические стратегии.

Вместе с тем, широкомасштабная интеграция AI в фармацевтику сталкивается с комплексом проблем, которые обусловлены, в первую очередь, регуляторными ограничениями, необходимостью интерпретируемости алгоритмов, этическими дилеммами, многочисленными технологическими барьерами, связанными с обработкой больших данных, стандартизацией моделей.

С учетом отмеченного выше многие исследователи сегодня сосредоточены на детальном анализе наиболее серьезных препятствий, рассмотрении потенциальных способов их преодоления, а также на систематизации перспектив дальнейшей эволюции AI-решений в рассматриваемой отрасли.

Материалы и методы исследований. Литература по обсуждаемой проблематике охватывает множество вопросов, в том числе, экономические, технологические, управленческие, маркетинговые аспекты. Среди изученных источников целесообразно выделить несколько ключевых направлений изысканий.

Так, ряд работ посвящен анализу хозяйственных эффектов цифровизации и искусственного интеллекта в фармацевтике. Л.П. Вардомацкая, А.М. Лилухин [2] рассматривают нюансы влияния digital-инструментов на эффективность анализируемого сектора, акцентируя внимание на оптимизации логистики, управления запасами, цепочками поставок. В схожем ключе А.В. Погребняк [5] оценивает экономический потенциал AI-решений в отрасли, указывая на их способность принести значительный финансовый результат за счет ускорения процессов разработки и внедрения новых препаратов. Исследование М.Д. Шпякина [8] ориентировано на риски, которые возникают в условиях цифровой трансформации фармацевтического бизнеса, включая проблемы адаптации к новым технологиям.

Другие авторы сосредоточены на организационно-технологических сторонах вопроса. Л.В. Орлова, Ю.В. Первова, И.Е. Шафранский [4] дают характеристику внедрению нейросетевых решений в производство и контроль качества лекарств, высвечивая их место в повышении безопасности и эффективности фармакологических препаратов. Д. Фридман [6] описывает влияние AI на процессы молекулярного моделирования, а также поиска перспективных соединений, что сокращает временные и финансовые затраты на создание новых лекарственных средств.

Отдельное направление представляют изыскания, в частности, Д.Ю. Морозова, В.В. Омеляновского [3], в которых рассматриваются нюансы воздействия AI на систему здравоохранения и медицинскую практику. Это исследуется через призму диагностики, персонализированной медицины.

К. Шахбазов, Э. Ибрагимова [7] изучают применение цифровых технологий в фармацевтическом маркетинге, в том числе, анализ данных потребителей, прогнозирование спроса, рекламу. О.В. Борисова, А.А. Гаспарян [1] рассматривают автоматизацию производственных процессов в различных отраслях, что дает возможность оценить роль AI в совершенствовании фармацевтического производства.

Обзор зарубежных материалов дополняет картину. D. Varol [10] анализирует инновации и вызовы, возникающие при интеграции AI в рассматриваемую индустрию, делая упор на необходимости регуляторных адаптаций, управлении этическими рисками. В свою очередь, в рыночном отчете «AI In Pharma Market Definition» [9] освещены тенденции роста мирового рынка AI в фармацевтике.

Несмотря на обширность исследований, ряд аспектов остается недостаточно проработанным. В частности, слабо раскрыты вопросы юридической ответственности при ошибках AI в фармразработках, а также влияние автоматизации на занятость специалистов отрасли. Противоречия в литературе связаны, прежде всего, с оценками экономической эффективности AI: одни авторы подчеркивают огромный потенциал технологии, другие указывают на высокие барьеры на пути интеграции.

Методы, применяемые в данной статье, представлены сравнительным подходом, обработкой статистических сводок и экспертными оценками, а также контент-анализом публикаций, систематизацией и обобщением.

Результаты исследований и их обсуждение. История внедрения AI в фармацевтику началась с применения базовых вычислительных методов — в целях обработки биомедицинских данных в 1980-х годах.

В 1990-х гг. появились экспертные системы для поддержки принятия решений, а в 2000-х — алгоритмы машинного обучения, анализирующие молекулярные структуры.

В 2010-х гг. развитие Big Data дало возможность существенно ускорить разработку лекарств, оптимизировать клинические испытания. В нынешнем десятилетии AI стал активно применяться для моделирования белковых взаимодействий, предсказания побочных эффектов, персонализации терапии, что открыло дополнительные опции для фармацевтических исследований (рис. 1).



Рисунок 1 – Ретроспектива интеграции решений AI в фармацевтической отрасли / Figure 1. A retrospective of the integration of AI solutions in the pharmaceutical industry
Источник: составлено автором на основе [1, 4, 6])
Source: (compiled by the author based on [1, 4, 6])

В течение последних лет объем рынка AI в фармацевтической отрасли рос достаточно стремительно. По прогнозам он вырастет с 2,92 млрд долл. в 2024 году до 3,8 млрд долл. в 2025 году [9] (рис. 2).

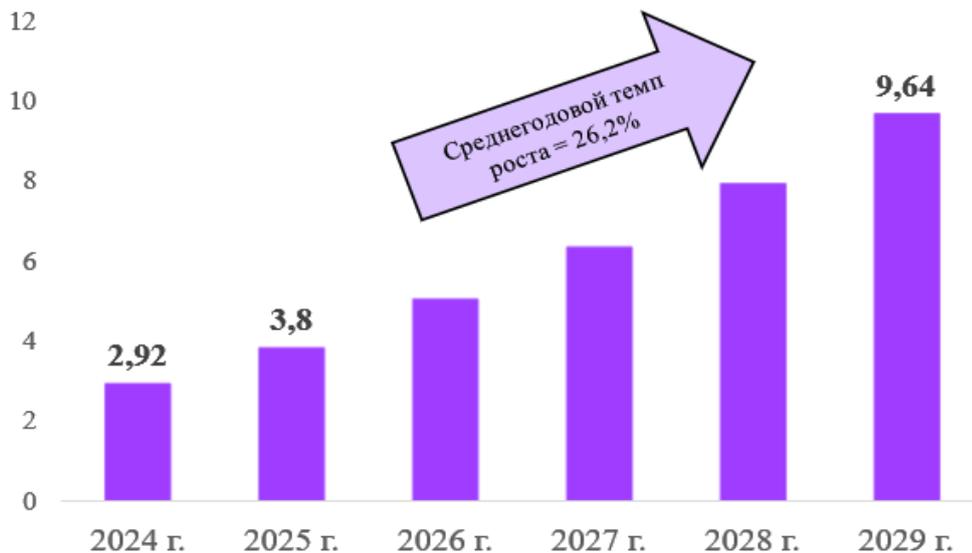


Рисунок 2 – Достигнуты и прогнозные значения объема рынка AI в фармацевтической отрасли / Figure 2 – The forecast values of the AI market volume in the pharmaceutical industry have also been achieved
Источник: составлено автором на основе [10]
Source: compiled by the author based on [10]

В соответствии со статистическими сводками, в настоящее время 80% специалистов в области фармацевтики и биомедицины уже применяют AI в своих исследованиях, а 95% фармацевтических организаций инвестируют в развитие технологий. Искусственный интеллект помогает значительно ускорить процесс создания новых препаратов, сокращая стандартные сроки с 5-6 лет до одного года. Помимо этого, внедрение AI в клинические испытания способно снизить их стоимость на 70%, сократить сроки на 80%. Исследования также показывают, что применение AI сказывается на уменьшении среднего времени разработки лекарств на четыре года, обеспечивая экономию в 26 млрд долл. 65% экспертов полагают, что наибольшее влияние AI окажет на производство лекарств и управление цепочками поставок. В сфере геномики, имеющей критическое значение для фармацевтических исследований, прогнозируется ежегодный рост рынка AI в среднем на 52,7% до 2028 года [10].

В нынешних условиях одним из ключевых затруднений является соответствие регуляторным требованиям. Любое инновационное решение, внедряемое в характеризуемую практику, должно проходить строгую валидацию, подтверждающую его безопасность, эффективность. В случае AI-инструментов это представляет значительную сложность, поскольку алгоритмы нередко функционируют как своего рода «черные ящики», лишённые прозрачности в процессе принятия решений. Наличие трудноинтерпретируемых предсказательных моделей вызывает настороженность со стороны регуляторов, весомо затрудняя их одобрение для клинического использования [2, 8].

Помимо этого, вопросы качества, стандартизации данных остаются нерешёнными. Фармацевтические компании работают с разрозненными массивами сведений, содержащимися в:

- электронных медицинских картах;
- результатах клинических испытаний;
- биомедицинских публикациях.

Отсутствие унифицированных протоколов обработки создает препятствия для их интеграции в AI-системы. Проблема усугубляется необходимостью обеспечения репрезентативности, а также достоверности обучающих выборок, поскольку неполные либо искаженные данные влекут за собой ошибочные предсказания и, как следствие, неблагоприятные клинические исходы.

Технические ограничения также накладывают серьезные ограничения на внедрение AI-разработок (рис. 3). Несмотря на значительный прогресс в области глубокого обучения, модели требуют колоссальных вычислительных мощностей, что делает их применение экономически нецелесообразным для небольших компаний. Высокая стоимость разработки и эксплуатации AI-платформ ограничивает их доступность, формируя разрыв между крупными корпорациями, обладающими значительными ресурсами, и менее капиталоемкими организациями.



Рисунок 3 – Систематизация технических ограничений внедрения решений AI в фармацевтической отрасли / Figure 3 – Systematization of the technical limitations of the implementation of AI solutions in the pharmaceutical industry

**Источник: составлено автором на основе [3-5, 7]
Source: compiled by the author based on [3-5, 7]**

Этические аспекты играют немаловажную роль в дискуссии о применении AI в медицине и фармацевтике. Возникает вопрос о юридической ответственности в случае ошибок алгоритмов, особенно если автоматизированные системы участвуют в принятии решений, которые прямым образом сопряжены с назначением терапии или отбором пациентов для клинических испытаний. В дополнение к отмеченному, использование AI в разработке лекарств рискует спровоцировать новую волну биоэтических дискуссий, например, относительно потенциального нарушения принципа справедливости при доступе к инновационным методам лечения.

Как представляется, для успешной интеграции AI-разработок в фармацевтическую отрасль необходим системный подход, представленный усовершенствованием регуляторных механизмов, разработкой прозрачных моделей, модернизацией инфраструктуры данных. Одним из перспективных направлений видится создание интерпретируемых AI-систем, способных объяснять ход своих рассуждений. В рассматриваемом контексте разрабатываются гибридные методы, сочетающие элементы

традиционного статистического анализа с нейросетевыми архитектурами, что повышает доверие к результатам моделей.

С другой стороны, формирование стандартов обработки, хранения информации содействует более результативному применению AI-инструментария. В этом ключе перспективными представляются инициативы по разработке общих протоколов работы с медицинскими и фармацевтическими данными, в том числе, внедрение блокчейн-технологий с целью обеспечения прозрачности и достоверности информационных потоков.

Экономические барьеры представляется возможным частично устранить за счет развития облачных вычислений, сервисных моделей (AI-as-a-Service), помогающих использовать передовые алгоритмы без необходимости инвестировать в дорогостоящее оборудование.

С этической точки зрения значимым шагом вперед рекомендуется сделать внедрение систем комплексного контроля за работой AI-алгоритмов, включая независимые экспертные комитеты и механизмы аудита решений, принимаемых автоматизированными системами. С авторской позиции, это позволит свести к минимуму либо существенно сгладить риски, связанные с возможными ошибками, и повысить общественное доверие к AI в медицине.

Заключение. В современных реалиях хозяйствования фармацевтическая отрасль сталкивается с серьезными вызовами на пути интеграции AI-технологий, однако эти барьеры не являются непреодолимыми.

Проблемы интерпретируемости алгоритмов, регуляторных ограничений, качества данных, экономической доступности, этической приемлемости требуют мультидисциплинарного подхода, опирающегося на сотрудничество следующих субъектов:

- разработчики;
- фармацевтические компании;
- регуляторы;
- медицинское сообщество.

Успешное преодоление рассмотренных в статье препятствий даст возможность использовать потенциал AI для ускорения разработки новых препаратов, повышения точности диагностики, а также персонализации лечения, что в перспективе приведет к значительным положительным преобразованиям в анализируемой практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисова О. В., Гаспарян А. А. Влияние автоматизации на производство в прошлом, настоящем и будущем. примеры автоматизации в различных отраслях // Наука и технологии: тенденции современного развития. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2023. С. 27–31.
2. Вардомацкая Л. П., Лилухин А. М. Инструменты цифровой экономики в контексте их влияния на эффективность фармации // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2020. № 2. С. 112–117.
3. Морозов Д. Ю., Омеляновский В. В. Нужен ли искусственный интеллект системе здравоохранения? // Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2024. № 4 (46). С. 40–48.
4. Орлова Л. В., Первова Ю. В., Шафранский И. Е. Интеграция нейросетей в фармацевтическую индустрию: повышение эффективности и безопасности // Социокультурные факторы консолидации современного общества. Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. Пенза: 2024. С. 288–293.

5. Погребняк А. В. Применение искусственного интеллекта способно принести фармацевтической отрасли десятки триллионов рублей // Безопасность и риск фармакотерапии. 2023. Т. 11. № 4. С. 367–371.
6. Фридман Д. ИИ помогает создавать новые лекарства // В мире науки. 2020. № 6. С. 96–103.
7. Шахбазов К., Ибрагимова Э. Использование цифровых технологий в фармацевтическом маркетинге // Proceedings of Azerbaijan High Technical Educational Institutions. 2024. Т. 39. № 4. С. 416–424.
8. Шпякин М. Д. Управление рисками фармацевтических промышленных предприятий в условиях трансформации экономики Российской Федерации // Финансовые рынки и банки. 2024. № 6. С. 321–326.
9. AI In Pharma Market Definition. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/ai-in-pharma-global-market-report> (дата обращения: 14.02.2025).
10. Varol D. AI in the Pharmaceutical Industry: Innovations and Challenges. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.scilife.io/blog/ai-pharma-innovation-challenges> (дата обращения: 14.02.2025).

REFERENCES

1. Borisova OV, Gasparyan AA. The impact of automation on production in the past, present and future. Examples of automation in various industries. In Science and technology: trends in modern development. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Petrozavodsk; 2023;27-31. (In Russ.).
2. Vardomatskaya LP, Lilyukhin AM. Digital economy tools in the context of their impact on pharmaceutical efficiency. State and municipal management. Scholar notes. 2020;(2):112-117. (In Russ.).
3. Morozov DYU, Omelyanovsky VV. Is artificial intelligence necessary for healthcare system? Medical Technologies. Assessment and Choice. 2024;4(46):40-48. (In Russ.).
4. Orlova LV, Pervova YuV, Shafransky IE. Integration of neural networks into the pharmaceutical industry: improving efficiency and safety. In Socio-cultural factors of consolidation of modern society. Collection of articles based on the materials of the International Scientific and Practical Conference. Penza; 2024;288-293. (In Russ.).
5. Pogrebnyak AV. Artificial intelligence can bring tens of trillions of rubles to the pharmaceutical industry. Safety and risk of pharmacotherapy. 2023;11(4):367-371. (In Russ.).
6. Friedman D. AI helps to create new medicines. V mire nauki = In the world of science. 2020;(6):96-103. (In Russ.).
7. Shakhbazov K, Ibragimova E. The use of digital technologies in pharmaceutical marketing. In Proceedings of Azerbaijan High Technical Educational Institutions. 2024;39(4):416-424. (In Russ.).
8. Shpyakin MD. Risk management of pharmaceutical industrial enterprises in the context of the transformation of the economy of the Russian Federation. Finansovye rynki i banki = Financial markets and banks. 2024;(6):321-326. (In Russ.).
9. AI In Pharma Market Definition. Available from: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/ai-in-pharma-global-market-report> [Accessed 14 February 2025].
10. Varol D. AI in the Pharmaceutical Industry: Innovations and Challenges. Available from: <https://www.scilife.io/blog/ai-pharma-innovation-challenges> [Accessed 14 February 2025].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Александр Геннадьевич Бородич – вице-президент, руководитель отдела управления корпоративными приложениями, Ситибанк, alexanderborodich@yandex.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 03.01.2025;
одобрена после рецензирования: 21.02.2025;
принята к публикации: 05.03.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Alexander G. Borodich – Vice President, Head of Corporate Application Management, Citibank,
alexanderborodich@yandex.ru

Conflict of interest: the author declares no conflicts of interests.

The article was submitted: 03.01.2025;
approved after reviewing: 21.02.2025;
accepted for publication: 05.03.2025.

Научная статья

УДК 519.23

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.2>



Методы структурно-параметрического синтеза автономных необитаемых подводных аппаратов, предназначенных для решения задач в интересах минерально-сырьевого комплекса

Дмитрий Анатольевич Первухин^{1*}, Дмитрий Дмитриевич Котов², Юрий Марсович Искандеров³

^{1,2} Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Россия

³ Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

¹ pervuchin@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3547-2932>

² dmk.kotov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2001-9118>

³ iskanderov.y@iias.spb.su; <https://orcid.org/0000-0002-8168-6504>

* Автор, ответственный за переписку: Дмитрий Анатольевич Первухин, pervuchin@rambler.ru

Аннотация. В данной статье представлены выводы, сделанные по результатам исследования процесса разработки автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА). Исследование показывает, что разработка АНПА — это сложный и многодисциплинарный процесс, в котором задействован широкий спектр технических и нетехнических факторов. В нем также подчеркиваются проблемы и ограничения, которые замедляют процесс разработки. На основании этих выводов в статье дается несколько рекомендаций по улучшению процесса разработки АНПА, таких как использование модульных и масштабируемых конструкций, постановка четких целей, формирование партнерств и сотрудничество с регулирующими и политическими органами. Принятие этих рекомендаций может значительно улучшить процесс разработки и вывести на рынок новые и инновационные технологии АНПА, способствуя дальнейшему развитию области разработки АНПА. В целом, данное исследование дает ценное представление о сложностях разработки АНПА и определяет возможности для улучшения, которые могут ускорить разработку новых технологий для АНПА.

Ключевые слова: автономные необитаемые подводные аппараты, система управления, архитектура системы управления, синтез системы управления, устойчивое развитие МСК

Для цитирования: Первухин Д. А., Котов Д. Д., Искандеров Ю. М. Методы структурно-параметрического синтеза автономных необитаемых подводных аппаратов, предназначенных для решения задач в интересах минерально-сырьевого комплекса // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 18-40. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.2>

Research article

Methods of structural-parametric synthesis of autonomous underwater vehicles designed to solve problems in the interests of the mineral resources complex

Dmitry A. Pervukhin^{1*}, Dmitry D. Kotov², Yuri M. Iskanderov³

^{1,2} Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II, Saint Petersburg, Russia

³ Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

¹ pervuchin@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3547-2932>

² dmk.kotov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2001-9118>

³ iskanderov.y@iias.spb.su; <https://orcid.org/0000-0002-8168-6504>

* Corresponding author: Dmitry A. Pervukhin, pervuchin@rambler.ru

© Первухин Д. А., Котов Д. Д., Искандеров Ю. М., 2025

Abstract. *This paper presents the conclusions drawn from a study of the development process of autonomous unmanned underwater vehicles (AUV). The study reveals that the development of AUV is a complex and multidisciplinary process involving a wide range of technical and non-technical factors. It also highlights the challenges and constraints that slow down the development process. Based on these findings, the article makes several recommendations to improve the AUV development process, such as using modular and scalable designs, setting clear goals, forming partnerships, and collaborating with regulatory and policy agencies. Adopting these recommendations can significantly improve the development process and bring new and innovative AUV technologies to the market, further advancing the field of AUV development. Overall, this study provides valuable insight into the complexities of AUV development and identifies opportunities for improvement that can accelerate the development of new technologies for AUV.*

Keywords: autonomous underwater vehicles, control system, architecture control system, synthesis of control system, sustainable development of MSCs

For citation: *Pervukhin DA, Kotov DD, Iskandarov YuM. Methods of structural and parametric synthesis of autonomous underwater vehicles designed to solve problems in the interests of the mineral resource complex. Modern Science and Innovations. 2025;(1):18-40. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.2>*

Введение. Автономные необитаемые подводные аппараты — это подводные роботы, которые могут работать в подводной среде без непосредственного вмешательства человека [1]. Эти аппараты оснащены различными датчиками и инструментами, которые позволяют им собирать данные и выполнять такие задачи, как составление карты океанского дна, проверка состояния морской инфраструктуры и наблюдение за морскими обитателями [2]. Развитие АНПА прошло долгий путь с момента создания первых прототипов в 1960-х годах. Сегодня АНПА используются в широком спектре приложений и стали неотъемлемой частью изучения и исследования океана [3]. Однако процесс разработки АНПА является сложным и требует интеграции различных технологий, включая движительные, навигационные, коммуникационные и энергетические системы [4]. В данном исследовании мы изучим текущее состояние разработки АНПА и выделим некоторые проблемы и возможности, существующие в этой области. Мы также представим предложения о том, как можно улучшить процесс разработки.

Одними из основных проблем при разработке АНПА являются высокие требования к производительности, надежности и стоимости [5]. АНПА должны быть способны работать в сложной среде, где они подвергаются воздействию высокого давления, экстремальных температур и ограниченной видимости [6]. В то же время они должны быть достаточно надежными и долговечными, чтобы выдерживать длительное погружение и не требовать частого технического обслуживания или ремонта [7]. Наконец, АНПА должны быть экономически эффективными в производстве и эксплуатации, поскольку они часто используются в тех случаях, когда бюджет ограничен [8]. Чтобы решить эти задачи, разработчики АНПА должны тщательно спроектировать и испытать различные компоненты и системы, из которых состоит аппарат. Сюда входят корпус, двигательная и рулевая системы, датчики и приборы, а также системы питания и связи [9]. Каждый из этих компонентов должен быть качественно интегрирован в аппарат для обеспечения эффективной работы АНПА [10].

Помимо этих технических проблем, разработка АНПА также требует значительных инвестиций в исследования [11]. Сюда входят как фундаментальные, так и прикладные исследования, а также разработка прототипов и демонстрационных образцов [12]. Научно-исследовательские работы дорогостоящие, требуют много времени, и предполагают сотрудничество между исследователями из различных областей и организаций. Несмотря на эти проблемы, потенциальные преимущества АНПА огромны. АНПА могут предоставить ценные данные об океанической среде, что может помочь нам лучше понять

нашу планету [13]. Они также могут быть использованы для выполнения задач, которые слишком опасны для человека, например, для осмотра морских нефтегазовых платформ или поиска затонувших судов [14].

Существует несколько способов улучшить процесс разработки АНПА, чтобы ускорить развертывание этих ценных активов в океане. Один из подходов заключается в поощрении сотрудничества и обмена знаниями между исследователями и разработчиками [15]. Это может быть сделано путем объединения групп исследователей или создания платформ с открытым исходным кодом, где можно обмениваться данными и программным обеспечением. Еще один способ улучшить процесс разработки АНПА - инвестировать в обучение и подготовку следующего поколения разработчиков АНПА [16]. Этот способ включает разработку обучающих программ, обеспечивающих практический опыт проектирования и разработки АНПА, или создание стипендий или стажировок для поддержки студентов, заинтересованных в карьере в этой области. Наконец, правительства и частные организации могут поддержать развитие АНПА, предоставив финансирование для научно-исследовательских и демонстрационных проектов. Это может включать поддержку разработки новых технологий или расширение существующих возможностей, таких как разработка новых датчиков или интеграция алгоритмов искусственного интеллекта [17].

В заключение следует отметить, что разработка АНПА — это сложный и трудный процесс, требующий интеграции различных технологий и вложения значительных ресурсов в НИОКР. Однако потенциальные преимущества этих подводных роботов огромны, и есть несколько способов улучшить процесс разработки.

Существующие проблемы в области. В настоящее время АНПА являются одним из наиболее перспективных направлений развития робототехники [18]. Однако текущее состояние технологий, используемых при разработке АНПА, и современная методология их проектирования не позволяют реализовать все возможные функции АНПА [19]. Основной проблемой, связанной с разработкой АНПА, является отсутствие результатов исследований по созданию систем управления, отвечающих современным требованиям к качеству решаемых задач.

По мнению экспертов, наиболее перспективным направлением в автоматизации АНПА является широкий спектр исследований в области применения искусственного интеллекта в системах управления [20].

АНПА должен стабильно и эффективно выполнять заданные функции в неопределенной среде, которая может быть, как частично, так и полностью неопределенной [21]. Функции АНПА при решении задач АНПА приведены на рис. 1. В то же время, независимо от функционального назначения системы управления, она должна полностью обеспечивать:

- Принятие быстрых решений по задаче;
- Качественное распознавание образов;
- Выбор математически оптимальных маршрутов движения;
- Корректирования принятые решения в зависимости от внешних воздействий;
- Полную отчетность о выполненных действия;
- Возврат в точку старта при окончании выполнении программы.

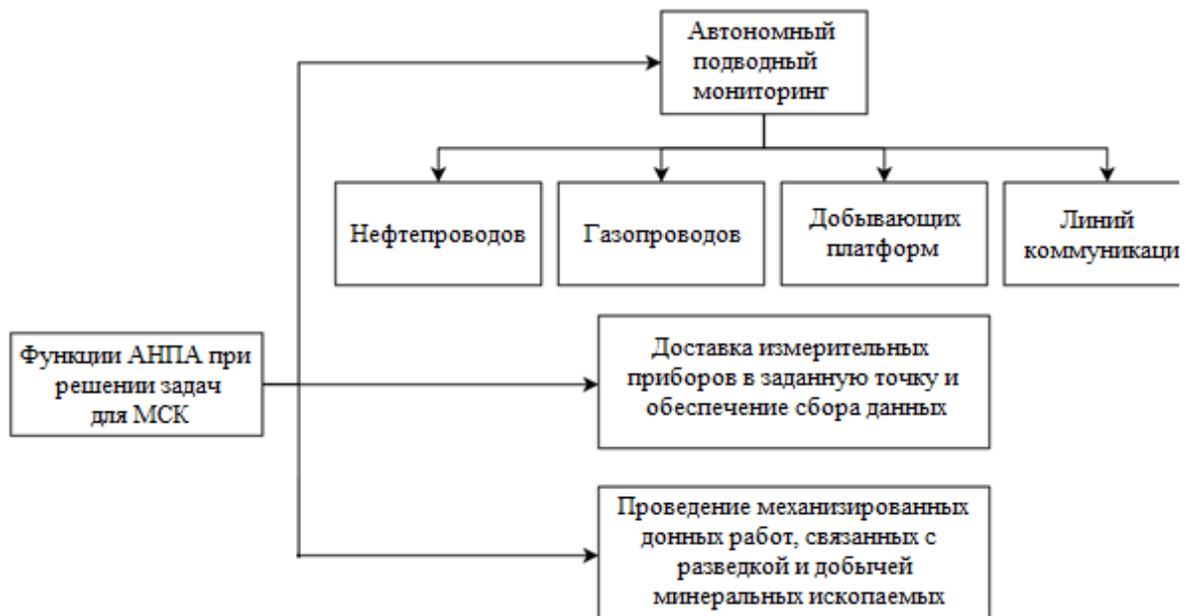


Рисунок 1 – Функции АНПА при решении задач для минерально-сырьевого комплекса / Figure 1 – ANPA functions in solving problems for the mineral resource complex

Многие морские исследовательские лаборатории разрабатывают системы, которые в будущем позволят осуществлять подводные миссии на большие расстояния [22]. Другим важным направлением является создание и разработка небольших систем управления и связи, а также двигателей.

Актуальность разработки АНПА в России определяется несколькими существенными факторами [23]:

- обширностью богатых сырьевыми (в первую очередь энергетическими) ресурсами территорий северных морей, покрытых льдом;
- слабой изученностью этих территорий;
- необходимостью научного и практического подтверждения прав Российской Федерации на расширение своей экономической зоны в северных широтах;
- необходимостью гидрографического обеспечения для расширения используемой зоны Северного морского пути и его надежного функционирования;
- перспективностью и целесообразностью коммерческого освоения арктических морских территорий, их охраны и рядом других факторов.

В исследовании, проведенном Боженковым, он раскрывает проблему отсутствия разработанных российских технологий АНПА и дает обзор использования АНПА в развитых западных странах. Он также описывает опыт их использования для картирования территории подо льдом путем отбора проб и подчеркивает тот факт, что в России эти направления не развиты [24]. В выводах Бардачевского и Безсуднова отмечается, что в настоящее время в России наблюдается высокий дефицит специалистов в области разработки АНПА и систем управления для них [25]. В другом исследовании Лаверов и др. отмечают, что Россия отстает от развитых стран в вопросах разведки шельфа и указывают на нехватку ресурсов, технологий и специалистов для проведения сейсморазведочных работ [26].

Постановка задачи. Пусть определена цель создания системы разведки и сопровождения добычи минеральных ресурсов (СРСД МР) в акватории России,

оснащаемая АНПА, обеспечивающая решение задач минерально-сырьевого комплекса России.

В состав СРСД МР могут быть включены полностью или частично существующие организационные структуры, организационно-технические и технические системы, в том числе АНПА, осуществляющие функции непосредственных исполнительных элементов. При необходимости облик этих структур и систем может изменяться. Кроме того, для включения в состав СРСД МР возможно формирование новых организационных структур и разработка новых организационно-технических и технических систем, а также комплексов. Требуется определить облик такой СРСД МР, которая наилучшим образом соответствует поставленной цели в заданных ограничениях.

Математически задача синтеза СРСД МР записывается в следующем виде:

$$V^* = \underset{V \in \{V_o\}}{\text{Arg min}} C(V, U),$$

$$\{V_o\} = \{V : W(V, U) \geq W_{mp},$$

$$R(V, U) \subseteq R\}, \quad (1)$$

где $C(V, U)$ – функция затрат (расходов в денежном выражении) на создание, содержание и применение будущей СРСД МР, минимальное значение которой соответствует представлениям заказчика о наилучшем варианте СРСД МР V^* ;

$\{V_o\}$ – множество допустимых вариантов СРСД МР V_o ;

$W(V, U)$ – показатель эффективности решения задач вариантом СРСД МР V в условиях U ;

W_{mp} – требуемая эффективность решения задач СРСД МР;

$R(V, U)$ – ресурс, потребный для создания, содержания и применения варианта СРСД МР V в условиях U ;

R – заданные ограничения (энергетические, пространственные, временные и др.) ресурса $R(V, U)$, потребные для создания и применения варианта СРСД МР V .

Непосредственно решить задачу синтеза СРСД МР (1), вследствие ее структурной сложности и большой размерности, практически невозможно. Основным методом решения указанной задачи, как показывает опыт синтеза подобных систем, является метод иерархической декомпозиции задачи по аспектам, уровням и стадиям синтеза. Иерархическая декомпозиция задачи синтеза СРСД МР (1) позволяет не только разукрупнить задачу на основе отношения «целое – часть», но и реализовать «право вмешательства верхнего уровня» и «зависимость верхнего уровня от нижних уровней».

Представим облик СРСД МР в виде совокупности $V = (V^D, V^S, V^X)$ описаний функций V^D , структуры V^S и множества характеристик V^X СРСД МР, то есть совокупности организационного, функционального, структурного и параметрических обликов СРСД МР.

В зависимости от состояния проработки облика СРСД МР и целей в ходе исследований между аспектами ее синтеза могут устанавливаться различные отношения иерархии. Применительно к случаю, когда верхний уровень занимает организационно-функциональный аспект синтеза СРСД МР (то есть главным процессом является организационно-функциональный синтез), а нижний уровень – технический аспект синтеза, декомпозиция общей задачи синтеза СРСД МР (1) будет иметь вид:

а) задача организационно-функционального синтеза

$$V^{D*} = \mathit{Arg} \min_{V^D \in \{V_\partial^D\}} C(V^D, \tilde{V}^{S*}, \tilde{V}^{X*});$$

$$\{V_\partial^D\} = \{V^D : V^D \in V = (V^D, \tilde{V}^{S*}, \tilde{V}^{X*}), W(V, U) \geq W_{mp}, R(V, U) \subseteq R\}; \quad (2)$$

б) задача системотехнического синтеза

$$V^{S*} = \mathit{Arg} \min_{V^S \in \{V_\partial^S\}} C(\tilde{V}^{D*}, V^S, \tilde{V}^{X*});$$

$$\{V_\partial^S\} = \{V^S : V^S \in V = (\tilde{V}^{D*}, V^S, \tilde{V}^{X*}), W(V, U) \geq W_{mp}, R(V, U) \subseteq R\}; \quad (3)$$

в) задача технического (параметрического) синтеза

$$V^{X*} = \mathit{Arg} \min_{V^X \in \{V_\partial^X\}} C(\tilde{V}^{D*}, \tilde{V}^{S*}, V^X);$$

$$\{V_\partial^X\} = \{V^X : V^X \in V = (\tilde{V}^{D*}, \tilde{V}^{S*}, V^X), W(V, U) \geq W_{mp}, R(V, U) \subseteq R\}, \quad (4)$$

где символ «~» указывает на решения, полученные с предыдущего шага итерации.

Задачи организационно-функционального, системотехнического и технического синтеза (2), (3) и (4) решаются совместно. При невозможности получения приемлемого решения какой-либо одной из этих задач уточняются решения других задач, а также ограничения и условия. Возникающая в результате такого итерационного процесса последовательность решений будет сходиться к варианту $V^* = (V^{D*}, V^{S*}, V^{X*})$, являющемуся решением общей задачи синтеза СРСД МР (1).

При этом решением частных задач синтеза по аспектам предварительно ищутся промежуточные варианты $\{\tilde{V}^*\}^D, \{\tilde{V}^*\}^S, \{\tilde{V}^*\}^X$, в результате неоднократного циклического перехода от одного аспекта к другому эти решения уточняются, и при получении «устойчивых» множеств $\{V^*\}^D, \{V^*\}^S, \{V^*\}^X$ итерационный процесс останавливается.

В результате такого сложного поступательно-возвратного движения по видам и внутри каждого вида декомпозиции образуется циклический итерационный процесс с нестационарной иерархической структурой, обеспечивающий постепенное обоснование свойств, характеристик и порядка функционирования будущей СРСД МР и достижение в итоге представлений об ее целесообразном облике.

Материалы и методы исследований.

Исследований и создание прототипов

В большинстве случаев для проектирования и испытаний АНПА используются программы автоматизированного проектирования (САПР), инструменты моделирования и физическое прототипирование [27]. Программное обеспечение САПР, такое как AutoCAD и SolidWorks, используется для создания цифровых моделей АНПА и его компонентов. Эти модели можно использовать для визуализации общей конструкции и проверки правильности подгонки всех компонентов. Анализ напряжений и другие моделирования также могут быть выполнены с помощью программного обеспечения САПР, чтобы убедиться, что АНПА спроектирован хорошо и может выдерживать нагрузки подводной среды [28]. Другие инструменты имитационного моделирования, такие как ANSYS и COMSOL, используются для моделирования работы АНПА и его компонентов в различных условиях. Эти инструменты могут моделировать гидродинамические силы, действующие на АНПА, поведение двигательной и рулевой систем, а также работу датчиков приборов [29]. Инструменты моделирования также могут быть использованы для улучшения конструкции АНПА. Например, можно уменьшить сопротивление или повысить эффективность движительной установки [30].

Модель движения АНПА может быть выражена с помощью следующей системы уравнений [31].

1. Уравнение обновления позиции:

$$X(k+1) = X(k) + V(k) \cos(\theta(k)) \cos(\phi(k))T + \delta(k)$$

$$Y(k+1) = Y(k) + V(k) \cos(\theta(k)) \sin(\phi(k))T + \delta(k)$$

$$Z(k+1) = Z(k) + V(k) \sin(\theta(k))T + \delta(k)$$

где X , Y и Z - положение АНПА в декартовой системе координат, V - скорость АНПА, θ - угол тангажа, ϕ - угол рысканья, T - интервал выборки, а δ - гауссовский шум.

2. Уравнение обновления скорости:

$$V(k+1) = V(k) + \frac{T}{M} (F(t) - F_d - D \cdot V(k)) + \eta(k)$$

где M представляет массу АНПА, $F(t)$ представляет силу тяги, F_d представляет силу сопротивления, D представляет коэффициент гидродинамического сопротивления, а η представляет гауссовский шум.

3. Уравнение обновления аттитюдов:

$$\theta(k+1) = \theta(k) + \frac{T}{J_x} (M_y \sin(\phi(k)) - M_z \cos(\phi(k))) + \zeta_1(k)$$

$$\phi(k+1) = \phi(k) + \frac{T}{J_y} (M_x + M_z \sin(\theta(k))) + \zeta_2(k)$$

где J_x и J_y представляют моменты инерции относительно осей x и y , соответственно, M_x , M_y , и M_z представляют моменты, создаваемые движителями, а ζ_1 и ζ_2 представляют гауссовский шум.

Эти уравнения представляют движение АНПА в трех измерениях, учитывая его положение, скорость и ориентацию. Система уравнений может быть использована для моделирования поведения АНПА и имитации различных стратегий управления для оптимизации его работы.

Физическое прототипирование предполагает создание физических моделей или прототипов АНПА, которые могут быть использованы для проверки конструкции и тестирования различных компонентов и систем [32]. Прототипирование также может быть выполнено с использованием различных материалов и технологий, таких как 3D-печать, механическая обработка и ручное изготовление. Физические прототипы могут быть использованы для проверки соответствия и функционирования компонентов, а также общей производительности АНПА в воде [33].

Движительные и рулевые системы

Движительная и рулевая системы АНПА имеют важное значение для его способности перемещаться по воде и маневрировать в определенных местах [34]. Существует несколько различных типов движителей и систем управления, которые могут быть использованы в АНПА, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения. Одним из распространенных типов движителей для АНПА является винтовая система, которая состоит из двигателя, редуктора и гребного винта [35]. Двигатель обеспечивает энергию для вращения гребного винта, который создает тягу и двигает АНПА по воде. Редуктор используется для регулировки скорости и крутящего момента двигателя, что позволяет АНПА регулировать свою скорость и маневренность [36]. В зависимости от конкретных требований АНПА гребные системы могут приводиться в движение либо электродвигателями, либо двигателями внутреннего сгорания. Другим типом движительной системы является подруливающая система, которая использует один или несколько небольших двигателей с высоким крутящим моментом для создания тяги [37]. Подруливающие системы обычно используются в небольших АНПА, поскольку они более компактны и эффективны, чем гребные винты. Но они также менее мощные и могут не подойти для больших или более сложных задач.

Системы управления для АНПА могут быть как активными, так и пассивными [2]. Активные системы рулевого управления используют движители или другие средства для управления направлением движения АНПА, в то время как пассивные системы рулевого управления полагаются на форму корпуса или другие внешние силы для направления движения АНПА. Активные системы рулевого управления более точны и позволяют лучше контролировать движение АНПА, но они также требуют больше энергии и могут быть менее энергоэффективными [37]. Пассивные системы рулевого управления проще и энергоэффективнее, но они также менее точны и могут быть менее надежными в сложных или динамичных условиях.

Мощность, необходимая для движения АНПА по воде, в основном определяется тягой, создаваемой его движителями [38, 39]. Для расчета мощности движителей АНПА можно использовать следующую математическую модель:

$$P = F \cdot V$$

где P - требуемая мощность (в ваттах), F - тяга, создаваемая движителями (в Ньютонах), а V - скорость АНПА (в метрах в секунду).

Тяга, создаваемая движителями, может быть рассчитана по следующему уравнению:

$$F = \rho \cdot A \cdot \eta \cdot (n \cdot D)^2$$

где ρ - плотность воды (в кг/м^3), A - площадь лопастей движителя (в квадратных метрах), η - эффективность движителя (безразмерная), n - скорость вращения движителя (в оборотах в секунду), D - диаметр движителя (в метрах).

Подстановка этого уравнения в уравнение мощности дает:

$$P = \rho \cdot A \cdot \eta \cdot (n \cdot D)^3 \cdot V$$

Эта модель может быть использована для расчета мощности, необходимой для данной конфигурации подруливающего устройства АНПА, с учетом условий эксплуатации, таких как плотность воды и желаемая скорость аппарата.

Датчики и приборы

АНПА оснащены целым рядом датчиков и приборов для сбора данных и выполнения различных задач. Конкретные датчики и приборы, используемые в АНПА, зависят от сферы применения и требований миссии [40, 41]. В табл. 1 приведены типы датчиков и их применение в АНПА.

Таблица 1 – Общие типы датчиков, используемых в АНПА / Table 1 – Common types of sensors used in AUVs

Тип датчика	Описание
Камеры и видеокamеры	Используются для захвата изображений и видео подводной среды, полезны для картографирования и научных исследований.
Сонары	Измеряют расстояния и ориентируют объекты с помощью звуковых волн, полезны для картографирования.
Лидары	Используют лазеры вместо звуковых волн для измерения расстояний и ориентации объектов.
Датчики качества воды	Измеряют параметры, такие как температура, соленость, pH, уровень растворенного кислорода и другие параметры воды.
Навигационные датчики	Используются для определения местоположения и ориентации с помощью GPS, инерциальных измерительных блоков и других приборов.

Помимо датчиков, АНПА могут быть оснащены различными инструментами для выполнения конкретных задач. Например, АНПА могут быть оснащены манипуляторами или устройствами для сбора образцов для выполнения таких задач, как осмотр инфраструктуры или сбор биологических образцов [42, 43]

АНПА также могут быть оснащены системами связи для передачи данных на поверхность или для связи с другими транспортными средствами или платформами [44].

Энергетические системы

Питание является критически важным моментом при проектировании АНПА, поскольку АНПА должны быть способны работать в течение длительных периодов времени без доступа к внешним источникам питания [7]. Система электропитания АНПА обычно состоит из батареи или другого накопителя энергии, системы управления электропитанием и системы распределения энергии [45].

Накопитель энергии используется для хранения электрической энергии, которая может быть использована для питания различных систем АНПА. Аккумуляторы являются наиболее распространенным типом накопителей энергии, используемых в АНПА, и они бывают разных размеров и химического состава [46]. Выбор батареи зависит от конкретных требований АНПА, таких как потребность в энергии, рабочая глубина и продолжительность миссии [47]. В некоторых приложениях могут использоваться и другие типы накопителей энергии, например, топливные элементы.

Система управления питанием отвечает за регулирование потока электроэнергии от накопителя энергии к различным системам АНПА [48]. Система управления питанием может иметь такие элементы, как преобразователи питания, регуляторы напряжения и автоматические выключатели, чтобы гарантировать, что АНПА всегда будет иметь стабильную подачу электроэнергии. Кроме того, система распределения энергии используется для распределения энергии от накопителя энергии к различным системам АНПА [44]. Система распределения энергии может включать силовые кабели, разъемы и распределительные панели для подключения различных систем АНПА [49].

Система управления

Система управления АНПА является важным компонентом, который регулирует поведение аппарата и его реакцию на внешние воздействия [16]. Система управления отвечает за поддержание положения аппарата, корректировку его курса и контроль скорости. Система управления состоит из набора программных и аппаратных компонентов, которые работают вместе для обеспечения безопасной и эффективной работы АНПА [50].

Система управления АНПА полагается на ряд датчиков для сбора данных об окружающей среде аппарата, включая его местоположение, ориентацию, глубину и скорость [51, 52, 53]. Эти данные затем обрабатываются бортовым компьютером, который использует алгоритмы для определения оптимального курса действий, основанного на целях миссии аппарата.

Уравнения управления описывают алгоритмы и законы управления, используемые

системой управления АНПА для поддержания положения аппарата, корректировки его курса и контроля скорости. [54]. Эти уравнения могут быть получены из теории управления с обратной связью и обычно представляются в следующем виде:

$$u = K_p * e + K_i * \int e dt + K_d * de/dt$$

где u - управляющий вход, K_p , K_i , и K_d - пропорциональный, интегральный и производный коэффициенты усиления, e - ошибка между желаемым и действительным состояниями, и de/dt - производная ошибки [55].

Программные компоненты системы управления включают алгоритмы навигации, обхода препятствий и планирования миссии [56, 57, 58]. Эти алгоритмы должны быть оптимизированы для того, чтобы АНПА мог работать в широком диапазоне подводных сред и приспосабливаться к изменяющимся условиям.

Аппаратные компоненты системы управления включают двигатели и рули управления, которые регулируют курс, скорость и глубину движения аппарата [59, 60]. Эти компоненты должны быть рассчитаны на надежную работу в жестких подводных условиях, где такие факторы, как давление, температура и соленость, могут влиять на их работу.

Система управления отвечает за поддержание связи между АНПА и его операторами на поверхности [61]. Эта связь необходима для планирования миссии, передачи данных и дистанционного управления аппаратом [62].

В целом, система управления АНПА является критически важным компонентом, обеспечивающим безопасную и эффективную работу аппарата в широком диапазоне подводных сред. Она опирается на набор программных и аппаратных компонентов, включая датчики, алгоритмы, двигатели и рули управления, для управления поведением аппарата и его реакцией на внешние воздействия.

Проектирование и разработка

Проектирование и разработка АНПА обычно включает следующие этапы:

1. Определение требований к миссии

Первым шагом в проектировании АНПА является определение требований к миссии.

Она включает в себя определение конкретных целей и задач миссии АНПА, что, в свою очередь, направляет проектирование и разработку аппарата [63]. Ниже перечислены некоторые ключевые факторы, которые учитываются при определении требований к миссии для АНПА:

- **Тип миссии:** Первым шагом в определении требований к миссии является определение типа миссии, которую будет выполнять АНПА. Это может включать широкий спектр задач, таких как океанографические исследования, мониторинг окружающей среды, подводные инспекции или поисково-спасательные операции [64, 65, 66].

- **Максимальная рабочая глубина:** Следующим фактором, который необходимо учитывать, является максимальная рабочая глубина АНПА. Различные АНПА предназначены для работы на разных глубинах, причем некоторые способны погружаться на глубину до нескольких тысяч метров.

- **Грузоподъемность:** Грузоподъемность АНПА - еще один критический фактор, который необходимо учитывать. Это вес оборудования и инструментов, которые способен нести АНПА. Грузоподъемность зависит от конкретных требований миссии.

- **Выносливость:** Выносливость АНПА означает, как долго он может работать под водой, прежде чем его нужно будет извлечь для технического обслуживания или дозаправки. Это важный фактор для миссий, в которых АНПА должен работать в течение длительных периодов времени.

- **Датчики и приборы:** Датчики и приборы, которые несет АНПА, будут варьироваться в зависимости от конкретных требований миссии. Например, АНПА, предназначенный для океанографических исследований, может иметь датчики для измерения температуры воды,

солёности и уровня растворенного кислорода, а АНПА, предназначенный для подводных инспекций, может иметь камеры и гидролокационные системы.

- **Связь:** Способность АНПА поддерживать связь с наземной станцией или человеком-оператором также является важным фактором. Это может быть достигнуто с помощью различных средств, включая акустические, спутниковые или радиокommunikационные системы.

2. Концептуальный дизайн

После определения требований к миссии следующим шагом является разработка концептуального проекта АНПА [7]. На этом этапе проектная группа разрабатывает высокоуровневую концепцию АНПА, которая служит основой для фаз детального проектирования и создания прототипов. Ниже перечислены некоторые ключевые элементы этапа концептуального проектирования:

- **Двигательная система:** Двигательная система является одним из наиболее важных компонентов АНПА, поскольку она определяет скорость, маневренность и дальность хода аппарата [67]. Существует несколько типов двигательных систем, используемых в АНПА, включая электрические двигатели, гидравлические системы и системы, управляемые плавучестью. На этапе концептуального проектирования выбирается наиболее подходящая двигательная установка для конкретных требований миссии.

- **Форма и размер:** Форма и размер АНПА также являются важными аспектами проектирования. При выборе формы и размера аппарата проектная группа должна учитывать такие факторы, как гидродинамика, плавучесть и устойчивость [68]. АНПА могут иметь разнообразную форму, включая цилиндрическую, сферическую и торпедообразную, в зависимости от требований миссии.

- **Система питания:** Система питания - еще один критический момент при проектировании, поскольку она определяет выносливость и дальность миссии АНПА [46]. Для питания двигателей и сенсорных систем АНПА обычно используют батареи или топливные элементы. На этапе концептуального проектирования необходимо выбрать наиболее подходящую систему питания для конкретных требований миссии.

- **Система управления:** Система управления отвечает за управление движением АНПА и сбор данных. На этапе концептуального проектирования выбирается наиболее подходящая система управления для конкретных требований миссии, которая может включать автономное управление, дистанционное управление или комбинацию обоих вариантов [16].

- **Материалы и компоненты:** Этап концептуального проектирования также включает выбор материалов и компонентов для АНПА. Они могут включать металлы, пластмассы и композиты для корпуса АНПА, а также электронные компоненты и датчики.

3. Детальный дизайн

Этап детального проектирования АНПА включает в себя создание комплексного плана проектирования, который включает в себя подробные спецификации для каждого компонента транспортного средства [69]. На этом этапе проектная группа использует концепцию высокого уровня, разработанную на этапе концептуального проектирования, и превращает ее в детальный проект АНПА. Ниже перечислены некоторые ключевые элементы этапа детального проектирования:

- **Механическое проектирование:** Механическая конструкция АНПА включает в себя структурную конструкцию аппарата, а также конструкцию его двигательной, навигационной и управляющей систем [28]. Это включает определение размера, формы и материалов каждого компонента, а также указание механических допусков и требований к производительности.

- **Электрическое проектирование:** Электрическое проектирование АНПА включает в себя проектирование систем питания и связи, а также датчиков и приборов. Это включает в себя определение электрических требований к каждому компоненту, выбор

соответствующего источника питания, а также разработку схем и проводки для АНПА.

- **Проектирование программного обеспечения:** Проектирование программного обеспечения АНПА включает разработку алгоритмов и систем управления, которые позволят аппарату работать автономно или под дистанционным управлением. Это включает разработку программного обеспечения управления, определение входов и выходов каждого датчика и исполнительного механизма, а также разработку протоколов связи для передачи данных на аппарат и с него.

4. Прототипирование:

Прототипирование — это критически важный этап в разработке АНПА. Этап создания прототипа обычно следует за этапом детального проектирования и включает в себя создание рабочей модели АНПА для тестирования и доработки перед серийным производством.

На этапе создания прототипа проектная группа строит физическую модель АНПА, как правило, с использованием специализированного оборудования и технологий. Прототип может включать все компоненты АНПА, такие как двигательная установка, система управления, датчики и приборы. В качестве альтернативы прототип может быть сосредоточен на конкретных подсистемах или компонентах АНПА, таких как двигательная установка или навигационные датчики.

Основная цель создания прототипа - выявить любые недостатки конструкции или проблемы с производительностью АНПА и доработать конструкцию для повышения ее производительности, надежности и безопасности. Создание прототипа позволяет команде разработчиков испытать АНПА в различных условиях, включая имитацию подводной среды или реальные условия.

Этап создания прототипа может включать несколько итераций, причем каждая итерация направлена на доработку и улучшение конструкции АНПА на основе результатов предыдущих испытаний. Этот итерационный процесс позволяет команде разработчиков доработать конструкцию в соответствии с конкретными требованиями миссии и оптимизировать АНПА для выполнения поставленной задачи.

Этап создания прототипов может также включать сотрудничество с внешними партнерами, такими как научно-исследовательские институты, государственные учреждения или частные компании. Такие партнерства могут обеспечить доступ к специализированному оборудованию, опыту и финансированию, что может ускорить процесс создания прототипов и разработки.

5. Тестирование и развертывание

После того как АНПА спроектирован и построен, его необходимо испытать, чтобы убедиться, что он работает в подводной среде так, как задумано. Испытания могут проводиться различными способами, включая:

- **Испытание в резервуаре:** включает в себя тестирование АНПА в контролируемой среде, такой как резервуар с водой или волновой бассейн, для проверки его работы и выявления любых проблем. Испытания в резервуаре позволяют разработчикам смоделировать различные условия и оценить возможности АНПА без необходимости дорогостоящего развертывания в полевых условиях [70].

- **Полевые испытания:** они включают в себя тестирование АНПА в реальном океане или другом водоеме, где он будет использоваться. Пример приведен на рис. 2. Полевые испытания позволяют разработчикам проверить работу АНПА в реальных условиях и собрать данные в более реалистичной обстановке. Полевые испытания могут проводиться с судна или с берегового объекта, в зависимости от конкретных требований испытания [68].

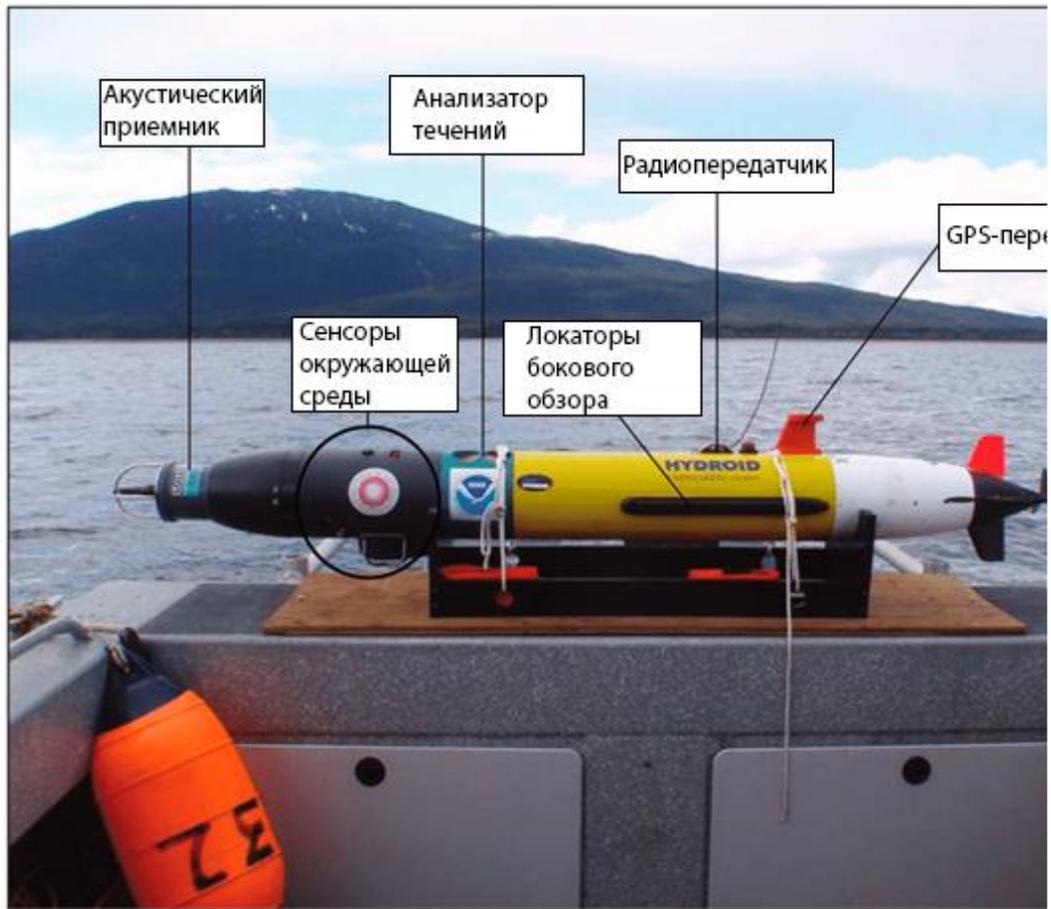


Рисунок 2 – Автономный подводный аппарат (АНПА) REMUS 100, использовавшийся для проведения трекинговых исследований в морских водах вблизи Джуно, Аляска, в 2010 г. / Figure 2 – REMUS 100 Autonomous Underwater Vehicle (ANPA) used for tracking research in marine waters near Juneau, Alaska, in 2010

Источник: [2]

Source: [2]

- Демонстрационные проекты: это крупномасштабные инициативы по тестированию, которые предполагают развертывание АНПА для конкретной цели, например, для картирования дна океана или мониторинга морской жизни [69]. Демонстрационные проекты могут быть использованы для демонстрации возможностей АНПА и сбора данных для дальнейшего анализа.

После успешного тестирования АНПА его можно развернуть для использования в различных областях. АНПА могут быть развернуты с различных платформ, включая корабли, самолеты или береговые сооружения, в зависимости от конкретных требований миссии [70]. АНПА могут управляться человеком на расстоянии, или они могут быть настроены на самостоятельную работу с использованием заранее запрограммированных маршрутов или алгоритмов.

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенное исследование того, как создаются автономные подводные аппараты, позволило сделать ряд важных выводов и выводов. Во-первых, было установлено, что разработка АНПА — это сложный и междисциплинарный процесс, который включает в себя широкий спектр технических и нетехнических факторов. Эти факторы включают в себя дизайн и конфигурацию АНПА, выбор датчиков и двигательных систем, разработку алгоритмов управления и навигации, а также объединение этих систем в единое целое. Во-вторых, было установлено, что разработке АНПА часто мешает ряд проблем и ограничений, включая технические вопросы, связанные с конструкцией и характеристиками АНПА, а также нетехнические вопросы,

такие как финансирование и ресурсы, нормативные и политические соображения, а также необходимость сотрудничества и партнерства. В-третьих, разработка АНПА может быть значительно улучшена за счет использования передовой практики и методов, таких как создание модульных и масштабируемых конструкций, использование аппаратного и программного обеспечения с открытым исходным кодом, определение четких целей и этапов разработки, а также использование гибких методов разработки.

На основании этих выводов можно дать ряд рекомендаций по улучшению разработки АНПА.

- Во-первых, разработчикам АНПА рекомендуется сосредоточиться на создании модульных и масштабируемых конструкций, которые можно легко адаптировать и настраивать для различных приложений и условий. Этого можно добиться за счет использования стандартных интерфейсов и протоколов и применения аппаратного и программного обеспечения с открытым исходным кодом.

- Во-вторых, разработчикам АНПА рекомендуется установить четкие цели и этапы разработки и принять методологию гибкой разработки, которая позволяет проводить быстрые итерации. Это поможет снизить риск дорогостоящих задержек и неудач и обеспечит более эффективный и оперативный процесс разработки.

- В-третьих, разработчикам АНПА рекомендуется искать и устанавливать партнерские отношения и сотрудничество с другими организациями и учреждениями, включая научные круги, промышленность и правительство. Эти партнерства могут помочь обеспечить доступ к ресурсам и опыту, а также ускорить процесс разработки.

- В-четвертых, разработчикам АНПА рекомендуется тесно сотрудничать с регулирующими и политическими органами, чтобы обеспечить соответствие их аппаратов соответствующим нормам и стандартам, а также выступать за создание благоприятной политической среды, способствующей разработке и внедрению АНПА.

Заключение. В целом, проведенное исследование процесса разработки АНПА показало сложность междисциплинарный характер этого процесса, а также проблемы и ограничения, которые должны преодолеть разработчики АНПА. Применяя передовые методы и подходы и стремясь к партнерству и сотрудничеству, разработчики АНПА могут значительно улучшить процесс разработки и вывести на рынок новые и инновационные технологии АНПА.

В качестве дополнения необходимо отметить, что оценка экономической эффективности применения АНПА [71, 72] связана не только с технической реализацией [73] и задачами реализуемыми объектами [74, 75], но и местами применения данных аппаратов [76, 77]. Для исследования морских нефтяных и газовых запасов [78, 79] применение специализированных подводных аппаратов экономически обусловлено, тогда как анализ железорудных концентратов практически не производится. Необходимо так же отметить, что в последнее время ведутся разработки гибридных аппаратов, имеющих электрическую и дизельную силовую установку. В данной работе такие аппараты не рассматривались. Отметим только, что в таких установках возможно применение биодизельных топлив [80, 81] получаемых на основе рапсовых культур [82]. В условиях современной экономики [83, 84] такие задачи приобретают все большую актуальность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carreras M., Palomeras N., Ridaio P., Ribas D. Design of a mission control system for an AUV // *Int J Control*. 2007. Vol. 80. No. 7. P. 993–1007.
2. Eiler J. H., Grothues T. H., Dobarro J. A., Masuda M. M. Comparing Autonomous Underwater Vehicle (AUV) and Vessel-based Tracking Performance for Locating Acoustically Tagged Fish // *Marine Fisheries Review*. 2014. Vol. 75. No. 4. P. 27–42.

3. Hoth J., Kowalczyk W. Determination of Flow Parameters of a Water Flow Around an AUV Body // Robotics. 2019. Vol. 8. No. 1. P. 5.
4. Yokota S., Kim K., Imasato M., Sawada K. Development and sea trial of an Autonomous Underwater Vehicle equipped with a sub-bottom profiler for surveying mineral resources // 2016 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (AUV). IEEE, 2016. P. 81–84.
5. Allotta B., Conti R., Costanzi R., Fanelli F. A low cost autonomous underwater vehicle for patrolling and monitoring // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment. 2017. Vol. 231. No. 3. P. 740–749.
6. Brito M. P., Griffiths G., Challenor P. Risk Analysis for Autonomous Underwater Vehicle Operations in Extreme Environments // Risk Analysis. 2010. Vol. 30. No. 12. P. 1771–1788.
7. Furlong M. E., McPhail S. D., Stevenson P. A Concept Design for an Ultra-Long-Range Survey Class AUV // OCEANS 2007 - Europe. IEEE, 2007. P. 1–6.
8. Yoshida H., Aoki T., Yamamoto I., Tsukioka S., Hyakudome T., Ishibashi S. A working AUV for scientific research // Oceans '04 MTS/IEEE Techno-Ocean '04 (IEEE Cat. No.04CH37600). IEEE. P. 863–868.
9. Foster S. D., Hosack G. R., Hill N. A., Barrett N. S. Choosing between strategies for designing surveys: autonomous underwater vehicles // Methods Ecol Evol. 2014. Vol. 5. No. 3. P. 287–297.
10. Kukulya A. L., Bellingham J., Kaeli J. W., Reddy C. S., Godin M. A., Conmy R. Development of a propeller driven long range autonomous underwater vehicle (LRAUV) for under-ice mapping of oil spills and environmental hazards: An Arctic Domain Center of Awareness project (ADAC) // 2016 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (AUV). IEEE, 2016. P. 95–100.
11. Allotta B., Allotta B., Bartolini F., Pugi L., Costanzi R., Monni N. Preliminary design and fast prototyping of an Autonomous Underwater Vehicle propulsion system // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment. 2015. Vol. 229. No. 3. P. 248–272.
12. Camilli R., Reddy C. M., Yoerger D., Mooy B. V., Jakuba M. V., Kinsey J. C., McIntyre C. P., Sylva S., Maloney J. V. Tracking Hydrocarbon Plume Transport and Biodegradation at Deepwater Horizon // Science (1979). 2010. Vol. 330. No. 6001. P. 201–204.
13. Niu H., Adams S., Kenneth L., Husain T., Bose N. Applications of Autonomous Underwater Vehicles in Offshore Petroleum Industry Environmental Effects Monitoring // Journal of Canadian Petroleum Technology. 2009. Vol. 48. No. 05. P. 12–16.
14. Wang B., Wan L., Xu Yu., Qin Z. Modeling and simulation of a mini AUV in spatial motion // Journal of Marine Science and Application. 2009. Vol. 8, No. 1. P. 7–12.
15. Che G., Yu Z. Neural-network estimators based fault-tolerant tracking control for AUV via ADP with rudders faults and ocean current disturbance // Neurocomputing. 2020. Vol. 411. P. 442–454.
16. Ridao P., Yun J., Battle J., Sugihara K. On AUV control architecture // Proceedings. 2000 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2000) (Cat. No.00CH37113). IEEE. P. 855–860.
17. Silvestre C., Pascoal A. Control of the INFANTE AUV using gain scheduled static output feedback // Control Eng Pract. 2004. Vol. 12. No. 12. P. 1501–1509.
18. Kao M., Weitzel G., Zheng X., Black M. A simple approach to planning and executing complex AUV missions // Proceedings of the 1992 Symposium on Autonomous Underwater Vehicle Technology. IEEE. 1992. P. 95–102.
19. Sans-Muntadas A., Kelasidi E., Pettersen K. Y., Brekke E. Learning an AUV docking maneuver with a convolutional neural network // IFAC Journal of Systems and Control. 2019. Vol. 8. P. 100049.
20. Lapierre L. Robust diving control of an AUV // Ocean Engineering. 2009. Vol. 36. No. 1. P. 92–104.
21. Wynn R. B., Huvenne V. A., Bas T. L., Murton B. J., Connelly D. P., Bett B. J., Ruhl H. A., Morris K., Peakall J., Parsons D. R., Sumner E. J., Darby S. E., Dorrell R. M., Hunt J. E. Autonomous Underwater Vehicles (AUVs): Their past, present and future contributions to the advancement of marine geoscience // Mar Geol. 2014. Vol. 352. P. 451–468.
22. Боженков Ю. А. Использование автономных необитаемых подводных аппаратов для

- исследования Арктики и Антарктики // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2011. P. 47–68.
23. Бардачевский Н. Н., Безсуднов Е. Ю. Состояние и перспективы применения необитаемых подводных аппаратов в области гидрографических исследований и подводной навигации // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2013.
 24. Лаверов Н. П., Дмитриевский А. Н., Богоявленский В. И. Фундаментальные аспекты освоения нефтегазовых ресурсов арктического шельфа России // *Арктика: экология и экономика*. 2011. № 1. С. 26-37.
 25. Xiang X., Yu C., Qin Xh., Wilson Ph., Xua G. Manoeuvring-based actuation evaluation of an AUV with control surfaces and through-body thrusters // *Applied Ocean Research*. 2020. Vol. 96. P. 102046.
 26. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973.
 27. Fadel M., Rabie M., Youssef A. Modeling, Simulation and Control of a Fly-by-wire Flight Control System Using Classical PID and Modified PI-D Controllers // *Journal Européen des Systèmes Automatisés*. 2019. Vol. 52, № 3. P. 267–276.
 28. Aguirre F., Vargas S., Valdes D., Tornero J. State of the Art of Parameters for Mechanical Design of an Autonomous Underwater Vehicle // *International Journal of Oceans and Oceanography*. 2017. Vol. 11. No. 1. P. 89–103.
 29. JM K., Sulthan S. M., Ahamed T., Shafeeque K. M. Design and Simulation of Stand-alone DC Microgrid with Energy Storage System // *2019 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS)*. IEEE, 2019. P. 1–5.
 30. Ge H., Chen G., Xu G. Multi-AUV Cooperative Target Hunting Based on Improved Potential Field in a Surface-Water Environment // *Applied Sciences*. 2018. Vol. 8. No. 6. P. 973.
 31. Brooks R. A robust layered control system for a mobile robot // *IEEE Journal on Robotics and Automation*. 1986. Vol. 2. No. 1. P. 14–23.
 32. Gao Z., Huang Y., Han J. An alternative paradigm for control system design // *Proceedings of the 40th IEEE Conference on Decision and Control (Cat. No.01CH37228)*. IEEE. P. 4578–4585.
 33. Panda J. P., Mitra A., Warrior H. V. A review on the hydrodynamic characteristics of autonomous underwater vehicles // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*. 2021. Vol. 235, № 1. P. 15–29.
 34. Austin T. C., Stokey R. P., Sharp K. M. Paradigm: a buoy-based system for AUV navigation and tracking // *OCEANS 2000 MTS/IEEE Conference and Exhibition. Conference Proceedings (Cat. No.00CH37158)*. IEEE. P. 935–938.
 35. Gasparoto H. F., Chocron O., Benbouzid M., Meirelles R. S. Magnetic design and analysis of a radial reconfigurable magnetic coupling thruster for vectorial AUV propulsion // *IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. IEEE, 2017. P. 2876–2881.
 36. Smith R. N., Chao Y., Li P., Caron D. A. Planning and Implementing Trajectories for Autonomous Underwater Vehicles to Track Evolving Ocean Processes Based on Predictions from a Regional Ocean Model // *Int J Rob Res*. 2010. Vol. 29. No. 12. P. 1475–1497.
 37. Roper D. T., Sharma S., Sutton R., Culverhouse P. A review of developments towards biologically inspired propulsion systems for autonomous underwater vehicles // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*. 2011. Vol. 225. No. 2. P. 77–96.
 38. Zong G., Sun H., Nguang S. K. Decentralized Adaptive Neuro-Output Feedback Saturated Control for INS and Its Application to AUV // *IEEE Trans Neural Netw Learn Syst*. 2021. Vol. 32. No. 12. P. 5492–5501.
 39. Zhang T., Chen L., Li Y. AUV Underwater Positioning Algorithm Based on Interactive Assistance of SINS and LBL // *Sensors*. 2015. Vol. 16. No. 1. P. 42.
 40. Yun X., Bachmann E. R., McGhee R. B., Whalen R. H. Testing and evaluation of an integrated GPS/INS system for small AUV navigation // *IEEE Journal of Oceanic Engineering*. 1999. Vol. 24.

- No. 3. P. 396–404.
41. Eichhorn M., Ament C., Jacobi M., Pfitzenreuter T. Modular AUV System with Integrated Real-Time Water Quality Analysis // *Sensors*. 2018. Vol. 18. No. 6. P. 1837.
 42. Kemna S., Gamilton M. J., Hughes D. T., Lepage K. D. Adaptive autonomous underwater vehicles for littoral surveillance // *Intell Serv Robot*. 2011. Vol. 4. No. 4. P. 245–258.
 43. Khan J., Cho H.-S. A Distributed Data-Gathering Protocol Using AUV in Underwater Sensor Networks // *Sensors*. 2015. Vol. 15. No. 8. P. 19331–19350.
 44. Li D., Du L. AUV Trajectory Tracking Models and Control Strategies: A Review // *J Mar Sci Eng*. 2021. Vol. 9. No. 9. P. 1020.
 45. Hou G., Gong L., Huang C., Zhang J. Novel fuzzy modeling and energy-saving predictive control of coordinated control system in 1000 MW ultra-supercritical unit // *ISA Trans*. 2019. Vol. 86. P. 48–61.
 46. Mendez A., Leo T., Herreros M. Current State of Technology of Fuel Cell Power Systems for Autonomous Underwater Vehicles // *Energies (Basel)*. 2014. Vol. 7. No. 7. P. 4676–4693.
 47. Kan T., Mai R., Mercier P. P., Mi C. C. Design and Analysis of a Three-Phase Wireless Charging System for Lightweight Autonomous Underwater Vehicles // *IEEE Trans Power Electron*. 2018. Vol. 33. No. 8. P. 6622–6632.
 48. Petillot Y. R., Antonelli G., Casalino G., Ferreira F. Underwater Robots: From Remotely Operated Vehicles to Intervention-Autonomous Underwater Vehicles // *IEEE Robot Autom Mag*. 2019. Vol. 26. No. 2. P. 94–101.
 49. Wakita N., Hirokawa K., Ichikawa T., Yamauchi Yo. Development of Autonomous Underwater Vehicle (AUV) for Exploring Deep Sea Marine Mineral Resources. 2010. Vol. 47. No. 3.
 50. Doyle J. Structured uncertainty in control system design // 1985 24th IEEE Conference on Decision and Control. IEEE, 1985. P. 260–265.
 51. Jia L., Zhu Z. Improved Fractional-Order Integral Sliding Mode Control for AUV Based on RBF Neural network // 2019 Chinese Automation Congress (CAC). IEEE, 2019. P. 4809–4814.
 52. Ru J., Yu Sh., Wu H., Li Yu. A Multi-AUV Path Planning System Based on the Omni-Directional Sensing Ability // *J Mar Sci Eng*. 2021. Vol. 9. No. 8. P. 806.
 53. Mao Y., Gao F., Zhang Q., Yang Z. An AUV Target-Tracking Method Combining Imitation Learning and Deep Reinforcement Learning // *J Mar Sci Eng*. 2022. Vol. 10. No. 3. P. 383.
 54. Fujii T., Ura T. Development of motion control system for AUV using neural nets // *Symposium on Autonomous Underwater Vehicle Technology*. IEEE. P. 81–86.
 55. Ang K. H., Chong G., Yun L. PID control system analysis, design, and technology // *IEEE Transactions on Control Systems Technology*. 2005. Vol. 13. No. 4. P. 559–576.
 56. Tabataba'i-Nasab F. S., Keymasi K. A., Moosavian S. A. A. Adaptive nonlinear control of an autonomous underwater vehicle // *Transactions of the Institute of Measurement and Control*. 2019. Vol. 41. No. 11. P. 3121–3131.
 57. Wang J., Xu T., Wang Z. Adaptive Robust Unscented Kalman Filter for AUV Acoustic Navigation // *Sensors*. 2019. Vol. 20. No. 1. P. 60.
 58. Klein I., Diamant R. Observability Analysis of DVL/PS Aided INS for a Maneuvering AUV // *Sensors*. 2015. Vol. 15. No. № 10. P. 26818–26837.
 59. Pshikhopov V. Kh., Medvedev M., Gaiduk A. R., Gurenko B. V., et al. Control System Design for Autonomous Underwater Vehicle // 2013 Latin American Robotics Symposium and Competition, Arequipa, Peru. IEEE, 2013. P. 77–82.
 60. Liu L., Wang J., Zhang L., Zhang Sh. Multi-AUV Dynamic Maneuver Countermeasure Algorithm Based on Interval Information Game and Fractional-Order DE // *Fractal and Fractional*. 2022. Vol. 6. No. 5. P. 235.
 61. Liu S., Xu S., Lim Y., Gao L. Visual Navigation for Recovering an AUV by Another AUV in Shallow Water // *Sensors*. 2019. Vol. 19. No. 8. P. 1889.
 62. Xiang X., Jouvencel B., Parodi O. Coordinated Formation Control of Multiple Autonomous Underwater Vehicles for Pipeline Inspection // *Int J Adv Robot Syst*. 2010. Vol. 7. No. 1. P. 3.
 63. Yan Z., Li J., Wu Y., Zhang J. A Real-Time Path Planning Algorithm for AUV in Unknown Underwater Environment Based on Combining PSO and Waypoint Guidance // *Sensors*. 2018. Vol. 19. No. 1. P.

- 20.
64. Yuan C., Licht S., He H. Formation Learning Control of Multiple Autonomous Underwater Vehicles With Heterogeneous Nonlinear Uncertain Dynamics // *IEEE Trans Cybern.* 2018. Vol. 48. No. 10. P. 2920–2934.
 65. Jianya Yu., Wang H., Zhang H., Lin C., Yu D., Li C. AUV Obstacle Avoidance Planning Based on Deep Reinforcement Learning // *J Mar Sci Eng.* 2021. Vol. 9. No. 11. P. 1166.
 66. Sun Y., Ran X., Zhang C., Xu H., Wang X. AUV 3D Path Planning Based on the Improved Hierarchical Deep Q Network // *J Mar Sci Eng.* 2020. Vol. 8. No. 2. P. 145.
 67. Cavallo E., Michelini R. C., Filaretov V. F. Conceptual Design of an AUV Equipped with a Three Degrees of Freedom Vectored Thruster // *J Intell Robot Syst.* 2004. Vol. 39. No. 4. P. 365–391.
 68. Hai H., Zexing Z., Jiyong L., Qirong T. Investigation on the mechanical design and manipulation hydrodynamics for a small sized, single body and streamlined I-AUV // *Ocean Engineering.* 2019. Vol. 186. P. 106106.
 69. Pambudi W. S., Alfianto E., Rachman A., Hapsari D. P. Simulation design of trajectory planning robot manipulator // *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics.* 2019. Vol. 8. No. 1. P. 196–205.
 70. Phillips A. B., Turnock S. R., Furlong M. The Use of Computational Fluid Dynamics to Aid Cost-Effective Hydrodynamic Design of Autonomous Underwater Vehicles // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment.* 2010. Vol. 224. No. 4. P. 239–254.
 71. Katysheva E. Analysis of the Interconnected Development Potential of the Oil, Gas and Transport Industries in the Russian Arctic // *Energies (Basel).* 2023. Vol. 16. No. 7. P. 3124.
 72. Marinina O., Nechitailo A., Stroykov G., Tsvetkova A., Reshneva E., Turovskaya L. Technical and Economic Assessment of Energy Efficiency of Electrification of Hydrocarbon Production Facilities in Underdeveloped Areas // *Sustainability.* 2023. Vol. 15. No. 12. P. 9614.
 73. Afanaseva O., Bezukhov O., Pervukhin D., Tukeev D. Experimental Study Results Processing Method for the Marine Diesel Engines Vibration Activity Caused by the Cylinder-Piston Group Operations // *Inventions.* 2023. Vol. 8. No. 3. P. 71.
 74. Pershin I. M., Papsuh E. G., Kukharova T. V., Utkin V. A. Modeling of Distributed Control System for Network of Mineral Water Wells // *Water (Basel).* 2023. Vol. 15. No. 12. P. 2289.
 75. Katysheva E. G. Application of BigData technology to improve the efficiency of Arctic shelf fields development // *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2021. Vol. 937. No. 4. P. 042080.
 76. Marinina O., Kirsanova N., Nevskaya M. Circular Economy Models in Industry: Developing a Conceptual Framework // *Energies (Basel).* 2022. Vol. 15. No. 24. P. 9376.
 77. Katysheva E. Creation of the integrated field model to increase the oil and gas assets management. 2020. P. 153–160.
 78. Marinina O., Tsvetkova A., Vasilev Yu., Komendantova N., Parvenova A. Evaluating the Downstream Development Strategy of Oil Companies: The Case of Rosneft // *Resources.* 2022. Vol. 11. No. 1. P. 4.
 79. Ilyushin Y. V. Development of a Process Control System for the Production of High-Paraffin Oil // *Energies (Basel).* 2022. Vol. 15. No. 17. P. 6462.
 80. Ereemeeva A. M., Kondrasheva M., Khasanov A., Oleynik I. L. Environmentally Friendly Diesel Fuel Obtained from Vegetable Raw Materials and Hydrocarbon Crude // *Energies (Basel).* 2023. Vol. 16. No. 5. P. 2121.
 81. Kondrasheva N., Ereemeeva A. Production of biodiesel fuel from vegetable raw materials // *Journal of Mining Institute.* 2023. Vol. 260. P. 248–256.
 82. Ereemeeva A., Kondrasheva N., Nelkenbaum K. Studying the possibility of improving the properties of environmentally friendly diesel fuels // *Scientific and Practical Studies of Raw Material Issues.* CRC Press, 2019. P. 108–113.
 83. Litvinenko V., Petrov E. I., Vasilevskaya D. V., Yakovenko A. V., Naumov I. A., Ratnikov A.

Assessment of the role of the state in the management of mineral resources // Journal of Mining Institute. 2022. Vol. 259. Online first.

84. Bykova E., Khaykin M., Shabaeyva Yu., Beloborodva M. Development of methodology for economic evaluation of land plots for the extraction and processing of solid minerals // Journal of Mining Institute. 2023. Vol. 259. P. 52–67.

REFERENCES

1. Carreras M, Palomeras N, Ridao P, Ribas D. Design of a mission control system for an AUV. *Int J Control*. 2007;80(7):993-1007.
2. Eiler JH, Grothues TH, Dobarro JA, Masuda MM. Comparing Autonomous Underwater Vehicle (AUV) and Vessel-based Tracking Performance for Locating Acoustically Tagged Fish. *Marine Fisheries Review*. 2014;75(4):27-42.
3. Hoth J, Kowalczyk W. Determination of Flow Parameters of a Water Flow Around an AUV Body. *Robotics*. 2019;8(1):5.
4. Yokota S, Kim K, Imasato M, Sawada K. Development and sea trial of an Autonomous Underwater Vehicle equipped with a sub-bottom profiler for surveying mineral resources. 2016 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (AUV). IEEE; 2016;81-84.
5. Allotta B, Conti R, Costanzi R, Fanelli F. A low cost autonomous underwater vehicle for patrolling and monitoring. In *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*. 2017;231(3):740-749.
6. Brito MP, Griffiths G, Challenor P. Risk Analysis for Autonomous Underwater Vehicle Operations in Extreme Environments. *Risk Analysis*. 2010;30(12):1771-1788.
7. Furlong ME, McPhail SD, Stevenson P. A Concept Design for an Ultra-Long-Range Survey Class AUV. *OCEANS 2007 - Europe*. IEEE; 2007;1-6.
8. Yoshida H, Aoki T, Yamamoto I, Tsukioka S, et al. A working AUV for scientific research. *Oceans '04 MTS/IEEE Techno-Ocean '04 (IEEE Cat. No.04CH37600)*. IEEE; 2004;863-868.
9. Foster SD, Hosack GR, Hill NA, Barrett NS. Choosing between strategies for designing surveys: autonomous underwater vehicles. *Methods Ecol Evol*. 2014;5(3):287-297.
10. Kukulya AL, Belingham J, Kaeli JW, Reddy CS, et al. Development of a propeller driven long range autonomous underwater vehicle (LRAUV) for under-ice mapping of oil spills and environmental hazards: An Arctic Domain Center of Awareness project (ADAC). In *2016 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (AUV)*. IEEE, 2016. P. 95–100.
11. Allotta B, Allotta B, Bartolini F, Pugi L, et al. Preliminary design and fast prototyping of an Autonomous Underwater Vehicle propulsion system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*. 2015;229(3):248-272.
12. Camilli R, Reddy CM, Yoerger D, Mooy BV, et al. Tracking Hydrocarbon Plume Transport and Biodegradation at Deepwater Horizon. *Science (1979)*. 2010;330(6001):201-204.
13. Niu H, Adams S, Kenneth L, Husain T, et al. Applications of Autonomous Underwater Vehicles in Offshore Petroleum Industry Environmental Effects Monitoring. *Journal of Canadian Petroleum Technology*. 2009;48(05):12-16.
14. Wang B, Wan L, Xu Yu, Qin Z. Modeling and simulation of a mini AUV in spatial motion. *Journal of Marine Science and Application*. 2009;8(1):7-12.
15. Che G, Yu Z. Neural-network estimators based fault-tolerant tracking control for AUV via ADP with rudders faults and ocean current disturbance. *Neurocomputing*. 2020;411:442-454.
16. Ridao P, Yun J, Battle J, Sugihara K. On AUV control architecture. In *Proceedings. 2000 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2000) (Cat. No.00CH37113)*. IEEE; 2000;855-860.
17. Silvestre C, Pascoal A. Control of the INFANTE AUV using gain scheduled static output feedback. *Control Eng Pract*. 2004;12(12):1501-1509.
18. Kao M, Weitzel G, Zheng X, Black M. A simple approach to planning and executing complex AUV missions. *Proceedings of the 1992 Symposium on Autonomous Underwater Vehicle Technology*. IEEE; 1992;95-102.

19. Sans-Muntadas A, Kelasidi E, Pettersen KY, Brekke E. Learning an AUV docking maneuver with a convolutional neural network. *IFAC Journal of Systems and Control*. 2019;8:100049.
20. Lapiere L. Robust diving control of an AUV. *Ocean Engineering*. 2009;36(1):92-104.
21. Wynn RB, Huvenne VA, Bas TL, Murton BJ, et al. Autonomous Underwater Vehicles (AUVs): Their past, present and future contributions to the advancement of marine geoscience. *Mar Geol*. 2014;352:451-468.
22. Bozhenov YuA. Use of Autonomous Unmanned Underwater Vehicles for Arctic and Antarctic Research. *Fundamental and Applied Hydrophysics*. 2011;47-68. (In Russ.).
23. Bardachevsky NN, Bezsudnov EYu. Status and Prospects of Unmanned Underwater Vehicles Application in Hydrographic Research and Underwater Navigation. *Inter Expo Geo-Siberia*. 2013. (In Russ.).
24. Laverov NP, Dmitrievsky AN, Bogoyavlensky VI. Fundamental Aspects of Oil and Gas Resource Development on the Russian Arctic Shelf. *Arctic: Ecology and Economics*. 2011;(1):26-37. (In Russ.).
25. Xiang X, Yu C, Qin Xh, Wilson Ph, et al. Manoeuvring-based actuation evaluation of an AUV with control surfaces and through-body thrusters. *Applied Ocean Research*. 2020;96:102046.
26. Mesarovich M, Mako D, Takahara I. *Theory of hierarchical multilevel systems*. Moscow: Mir; 1973. (In Russ.).
27. Fadel M, Rabie M, Youssef A. Modeling, Simulation and Control of a Fly-by-wire Flight Control System Using Classical PID and Modified PI-D Controllers. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*. 2019;52(3):267-276.
28. Aguirre F, Vargas S, Valdes D, Tornero J. State of the Art of Parameters for Mechanical Design of an Autonomous Underwater Vehicle. *International Journal of Oceans and Oceanography*. 2017;11(1):89-103.
29. JM K, Sulthan SM, Ahamed T, Shafeeque KM. Design and Simulation of Stand-alone DC Microgrid with Energy Storage System. In *2019 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS)*. IEEE; 2019;1-5.
30. Ge H, Chen G, Xu G. Multi-AUV Cooperative Target Hunting Based on Improved Potential Field in a Surface-Water Environment. *Applied Sciences*. 2018;8(6):973.
31. Brooks R. A robust layered control system for a mobile robot. *IEEE Journal on Robotics and Automation*. 1986;2(1):14-23.
32. Gao Z, Huang Y, Han J. An alternative paradigm for control system design. In *Proceedings of the 40th IEEE Conference on Decision and Control (Cat. No.01CH37228)*. IEEE; 2001;4578-4585.
33. Panda JP, Mitra A, Warrior HV. A review on the hydrodynamic characteristics of autonomous underwater vehicle. In *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*. 2021;235(1):15-29.
34. Austin TC, Stokey RP, Sharp KM. Paradigm: a buoy-based system for AUV navigation and tracking. *OCEANS 2000 MTS/IEEE Conference and Exhibition*. In *Conference Proceedings (Cat. No.00CH37158)*. IEEE; 2000:935-938.
35. Gasparoto HF, Chocron O, Benbouzid M, Meirelles RS. Magnetic design and analysis of a radial reconfigurable magnetic coupling thruster for vectorial AUV propulsion. *IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. IEEE; 2017;2876-2881.
36. Smith RN, Chao Y, Li P, Caron DA. Planning and Implementing Trajectories for Autonomous Underwater Vehicles to Track Evolving Ocean Processes Based on Predictions from a Regional Ocean Model. *Int J Rob Res*. 2010;29(12):1475-1497.
37. Roper DT, Sharma S, Sutton R, Culverhouse P. A review of developments towards biologically inspired propulsion systems for autonomous underwater vehicles. In *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*. 2011;225(2):77-96.
38. Zong G, Sun H, Nguang SK. Decentralized Adaptive Neuro-Output Feedback Saturated Control for INS and Its Application to AUV. *IEEE Trans Neural Netw Learn Syst*. 2021;32(12):5492-5501.

39. Zhang T, Chen L, Li Y. AUV Underwater Positioning Algorithm Based on Interactive Assistance of SINS and LBL. *Sensors*. 2015;16(1):42.
40. Yun X, Bachmann ER, McGhee RB, Whalen RH. Testing and evaluation of an integrated GPS/INS system for small AUV navigation. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*. 1999;24(3):396-404.
41. Eichhorn M, Ament C, Jacobi M, Pfitzenreuter T. Modular AUV System with Integrated Real-Time Water Quality Analysis. *Sensors*. 2018;18(5):1837.
42. Kemna S, Gamilton MJ, Hughes DT, Lepage KD. Adaptive autonomous underwater vehicles for littoral surveillance. *Intell Serv Robot*. 2011;4(4):245-258.
43. Khan J, Cho H.-S. A Distributed Data-Gathering Protocol Using AUV in Underwater Sensor Networks. *Sensors*. 2015;15(8):19331-19350.
44. Li D, Du L. AUV Trajectory Tracking Models and Control Strategies: A Review. *J Mar Sci Eng*. 2021;9(9):1020.
45. Hou G, Gong L, Huang C, Zhang J. Novel fuzzy modeling and energy-saving predictive control of coordinated control system in 1000 MW ultra-supercritical unit. *ISA Trans*. 2019;86:48-61.
46. Mendez A, Leo T, Herreros M. Current State of Technology of Fuel Cell Power Systems for Autonomous Underwater Vehicles. *Energies (Basel)*. 2014;7(7):4676-4693.
47. Kan T, Mai R, Mercier PP, Mi CC. Design and Analysis of a Three-Phase Wireless Charging System for Lightweight Autonomous Underwater Vehicles. In *IEEE Trans Power Electron*. 2018;33(8):6622-6632.
48. Petillot YR, Antonelli G, Casalino G, Ferreira F. Underwater Robots: From Remotely Operated Vehicles to Intervention-Autonomous Underwater Vehicles. *IEEE Robot Autom Mag*. 2019;26(2):94-101.
49. Wakita N, Hirokawa K, Ichikawa T, Yamauchi Yo. Development of Autonomous Underwater Vehicle (AUV) for Exploring Deep Sea Marine Mineral Resources. 2010;47(3).
50. Doyle J. Structured uncertainty in control system design. In 1985 24th IEEE Conference on Decision and Control. *IEEE*; 1985;260-265.
51. Jia L, Zhu Z. Improved Fractional-Order Integral Sliding Mode Control for AUV Based on RBF Neural network. 2019 Chinese Automation Congress (CAC). *IEEE*; 2019;4809-4814.
52. Ru J, Yu Sh, Wu H, Li Yu. A Multi-AUV Path Planning System Based on the Omni-Directional Sensing Ability. *J Mar Sci Eng*. 2021;9(8):806.
53. Mao Y, Gao F, Zhang Q, Yang Z. An AUV Target-Tracking Method Combining Imitation Learning and Deep Reinforcement Learning. *J Mar Sci Eng*. 2022;10(3):383.
54. Fujii T, Ura T. Development of motion control system for AUV using neural nets. *Symposium on Autonomous Underwater Vehicle Technology*. *IEEE*; 1990;81-86.
55. Ang KH, Chong G, Yun L. PID control system analysis, design, and technology // *IEEE Transactions on Control Systems Technology*. 2005;13(4):559-576.
56. Tabataba'i-Nasab FS, Keymasi KA, Moosavian SAA. Adaptive nonlinear control of an autonomous underwater vehicle. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*. 2019;41(11):3121-3131.
57. Wang J, Xu T, Wang Z. Adaptive Robust Unscented Kalman Filter for AUV Acoustic Navigation. *Sensors*. 2019;20(1):60.
58. Klein I, Diamant R. Observability Analysis of DVL/PS Aided INS for a Maneuvering AUV. *Sensors*. 2015;15(10):26818-26837.
59. Pshikhopov VKh, Medvedev M, Gaiduk AR, Gurenko BV. Control System Design for Autonomous Underwater Vehicle. In 2013 Latin American Robotics Symposium and Competition, Arequipa, Peru. *IEEE*; 2013;77-82.
60. Liu L, Wang J, Zhang L, Zhang Sh. Multi-AUV Dynamic Maneuver Countermeasure Algorithm Based on Interval Information Game and Fractional-Order DE. *Fractal and Fractional*. 2022;6(5):235.
61. Liu S, Xu S, Lim Y, Gao L. Visual Navigation for Recovering an AUV by Another AUV in Shallow Water. *Sensors*. 2019;19(8):1889.
62. Xiang X, Jouvencel B, Parodi O. Coordinated Formation Control of Multiple Autonomous Underwater Vehicles for Pipeline Inspection. *Int J Adv Robot Syst*. 2010;7(1):3.

63. Yan Z, Li J, Wu Y, Zhang J. A Real-Time Path Planning Algorithm for AUV in Unknown Underwater Environment Based on Combining PSO and Waypoint Guidance. *Sensors*. 2018;19(1):20.
64. Yuan C, Licht S, He H. Formation Learning Control of Multiple Autonomous Underwater Vehicles With Heterogeneous Nonlinear Uncertain Dynamics. *IEEE Trans Cybern*. 2018;48(10):2920-2934.
65. Jianya Yu, Wang H, Zhang H, Lin C, et al. AUV Obstacle Avoidance Planning Based on Deep Reinforcement Learning. *J Mar Sci Eng*. 2021;9(11):1166.
66. Sun Y, Ran X, Zhang C, Xu H, et al. AUV 3D Path Planning Based on the Improved Hierarchical Deep Q Network. *J Mar Sci Eng*. 2020;8(2):145.
67. Cavallo E, Michellini RC, Filaretov VF. Conceptual Design of an AUV Equipped with a Three Degrees of Freedom Vectored Thruster. *J Intell Robot Syst*. 2004;39(4):365-391.
68. Hai H, Zexing Z, Jiyong L, Qirong T. Investigation on the mechanical design and manipulation hydrodynamics for a small sized, single body and streamlined I-AUV. *Ocean Engineering*. 2019;186:106106.
69. Pambudi WS, Alfianto E, Rachman A, Hapsari DP. Simulation design of trajectory planning robot manipulator. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 2019;8(1):196-205.
70. Phillips AB, Turnock SR, Furlong M. The Use of Computational Fluid Dynamics to Aid Cost-Effective Hydrodynamic Design of Autonomous Underwater Vehicles. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*. 2010;224(4):239-254.
71. Katysheva E. Analysis of the Interconnected Development Potential of the Oil, Gas and Transport Industries in the Russian Arctic. *Energies (Basel)*. 2023;16(7):3124.
72. Marinina O, Nechitailo A, Stroykov G, Tsvetkova A, et al. Technical and Economic Assessment of Energy Efficiency of Electrification of Hydrocarbon Production Facilities in Underdeveloped Areas. *Sustainability*. 2023;15(12):9614.
73. Afanaseva O, Bezukhov O, Pervukhin D, Tukeev D. Experimental Study Results Processing Method for the Marine Diesel Engines Vibration Activity Caused by the Cylinder-Piston Group Operations. *Inventions*. 2023;8(3):71.
74. Pershin IM, Papsuh EG, Kukharova TV, Utkin VA. Modeling of Distributed Control System for Network of Mineral Water Wells. *Water (Basel)*. 2023;15(12):2289.
75. Katysheva EG. Application of BigData technology to improve the efficiency of Arctic shelf fields development. In *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2021;937(4):042080.
76. Marinina O, Kirsanova N, Nevskaya M. Circular Economy Models in Industry: Developing a Conceptual Framework. *Energies (Basel)*. 2022;15(24):9376.
77. Katysheva E. Creation of the integrated field model to increase the oil and gas assets management. 2020;153-160.
78. Marinina O, Tsvetkova A, Vasilev Yu, Komendantova N, et al. Evaluating the Downstream Development Strategy of Oil Companies: The Case of Rosneft. *Resources*. 2022;11(1):4.
79. Ilyushin YV. Development of a Process Control System for the Production of High-Paraffin Oil. *Energies (Basel)*. 2022;15(17):6462.
80. Eremeeva AM, Kondrasheva M, Khasanov A, Oleynik IL. Environmentally Friendly Diesel Fuel Obtained from Vegetable Raw Materials and Hydrocarbon Crude. *Energies (Basel)*. 2023;16(5):2121.
81. Kondrasheva N, Eremeeva A. Production of biodiesel fuel from vegetable raw materials. *Journal of Mining Institute*. 2023;260:248-256.
82. Eremeeva A, Kondrasheva N, Nelkenbaum K. Studying the possibility of improving the properties of environmentally friendly diesel fuels. In *Scientific and Practical Studies of Raw Material Issues*. CRC Press; 2019;108-113.
83. Litvinenko V, Petrov EI, Vasilevskaya DV, Yakovenko AV, et al. Assessment of the role of the state in the management of mineral resources. *Journal of Mining Institute*. 2022;259. Online first.
84. Bykova E, Khaykin M, Shabaeyva Yu, Beloboroodva M. Development of methodology for economic evaluation of land plots for the extraction and processing of solid minerals. *Journal of Mining Institute*.

2023;259:52-67.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дмитрий Анатольевич Первухин – доктор технических наук, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, pervuchin@rambler.ru

Дмитрий Дмитриевич Котов – аспирант 3 курса, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, dmk.kotov@gmail.com

Юрий Марсович Искандеров – доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН, iskanderov.y@ias.spb.su

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 12.01.2025;

одобрена после рецензирования: 26.03.2025;

принята к публикации: 04.04.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dmitry A. Pervukhin – Dr. Sci. (Techn.), Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II, pervuchin@rambler.ru

Dmitry D. Kotov – 3rd year Postgraduate Student, Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II, dmk.kotov@gmail.com

Yuri M. Iskanderov – Dr. Sci. (Techn.), Professor, Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, iskanderov.y@ias.spb.su

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted: 12.01.2025;

approved after reviewing: 26.03.2025;

accepted for publication: 04.04.2025.

Научная статья

УДК 621.391

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.3>



Анализ импульсных систем автоматического управления

Юрий Валерьевич Ильюшин^{1*}, Александр Витальевич Мартиросян²

^{1,2} Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Россия

¹ ilyushin_yuv@pers.spmi.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9175-8751>

² martalex11@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1455-0930>

* Автор, ответственный за переписку: Юрий Валерьевич Ильюшин, ilyushin_yuv@pers.spmi.ru

Аннотация. В современных условиях развития информационных технологий остро встает вопрос анализа и синтеза импульсных систем автоматического управления. В данной статье рассматривается вопрос анализа импульсной системы автоматического управления. Проверки разработанной системы на устойчивость, согласно различным критериям устойчивости. Показываются положительные и отрицательные стороны таких систем. Делается вывод о необходимости дальнейших исследований по анализу и синтезу импульсных распределенных систем автоматического управления.

Ключевые слова: системный анализ, управление, наведение, синтез

Для цитирования: Ильюшин Ю. В., Мартиросян А. В. Анализ импульсных систем автоматического управления // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 41-50. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.3>

Research article

Analysis of pulse automatic control systems

Yuri V. Ilyushin^{1*}, Alexander V. Martirosyan²

^{1,2} Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II, Saint Petersburg, Russia

¹ ilyushin_yuv@pers.spmi.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9175-8751>

² martalex11@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1455-0930>

* Corresponding author: Yuri V. Ilyushin, ilyushin_yuv@pers.spmi.ru

Abstract. The modern conditions for the development of information technologies are sharply raising the issue of analyzing and synthesizing pulsed automatic control systems. This article deals with the analysis of a linear impulse automatic control system. Verification of the developed system for stability, according to various criteria of stability. Positive and negative aspects of such systems are shown. The conclusion is made about the need for further research on the analysis and synthesis of pulsed distributed automatic control systems.

Keywords: systems analysis, management, guidance, synthesis

For citation: Ilyushin YuV, Martirosyan AV. Analysis of pulse automatic control systems. Modern Science and Innovations. 2025;(1):41-50. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.3>

© Ильюшин Ю. В., Мартиросян А. В., 2025

Введение. Современный газовый промысел представляет собой совокупность добычи, хранения и переработки углеводородов различного состава. В зависимости от скорости добычи, существенно возрастает нагрузка на транспортную систему. Для увеличения пропускной способности транспортной системы используют трубы различного диаметра. Согласно ГОСТ 633-80 «Трубы насосно-компрессорные» в газонефтедобыче используют трубы толщиной стенки от 3,5 до 9 мм. В процессе производства которых, для поддержания температурного поля, используются карбидокремниевые нагревательные элементы с релейным(импульсным) принципом управления. Формируемое ими температурное поле однородно по своей структуре. Однако с развитием цифровой электроники управление данными нагревателями переходит на новый уровень. Уровень цифрового управления. Что зачастую сказывается на устойчивости протекания температурных процессов.

Материалы и методы исследований. Постановка задачи и ее решение. Рассмотрим импульсную нелинейную систему автоматического управления, формируемую входным сигналом, представленным на рис. 1.

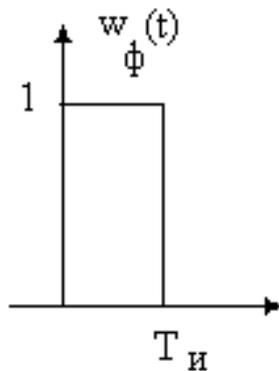


Рисунок 1. – графическое входного управляющего сигнала

Структурная схема импульсной системы автоматического управления (САУ) поддержания температурного поля, представляется следующим образом:

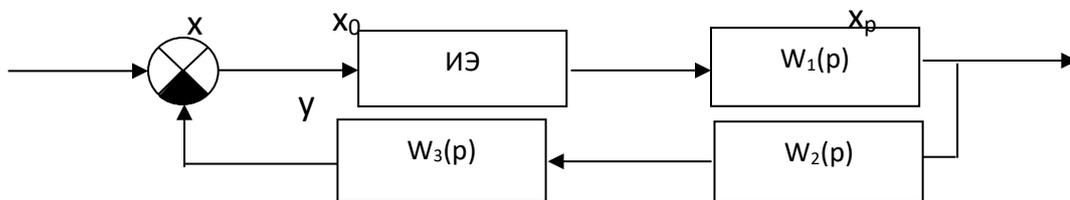


Рисунок 2 – Структурная схема импульсной САУ / Figure 2 – Structural diagram of the pulse control system

Пусть передаточные характеристики линейных звеньев выглядят следующим образом:

$$W_1 = \frac{0,2}{1 + 0,8 \cdot p} ;$$

$$W_2 = \frac{2}{p} ;$$

$$W_3 = \frac{4}{1 + 1,5 \cdot p} .$$

Тогда преобразуем приведем исходную САУ к общему виду. Полученная схема примет следующий вид:

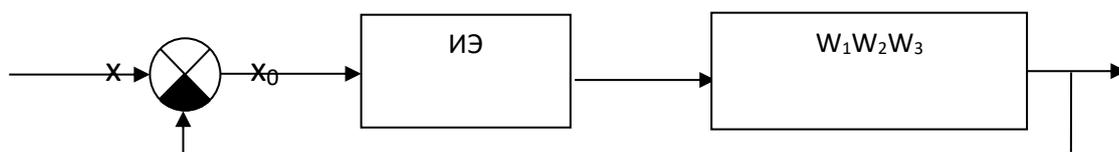


Рисунок 3 – Структурная схема преобразованной импульсной САУ / Figure 3 – Structural diagram of the converted pulse control system

А результирующая передаточная функция будет являться произведением всех составляющих исходной системы. Таким образом получим:

$$W_H(p) = \frac{0,2}{1+0,8 \cdot p} \cdot \frac{2}{p} \cdot \frac{4}{1+1,5 \cdot p} = 1,6 \cdot \left(\frac{0,914}{1+0,8p} + \frac{1}{p} - \frac{3,214}{1+1,5p} \right).$$

Найдём дискретную передаточную функцию $W_p(p)$. Пусть передаточная функция формирующего фильтра:

$$W_\phi(p) = \frac{1 - e^{-pT_u}}{p}.$$

Где: T_u – период квантования. Тогда передаточная функция приведенной непрерывной части:

$$\begin{aligned} W_{\text{ПН}}(p) &= W_\phi(p) \cdot W_H(p) = 1,6 \cdot (1 - e^{-pT_u}) \cdot \left[\frac{0,914}{(1+0,8p)p} + \frac{1}{p^2} - \frac{3,214}{(1+1,5p)p} \right] = \\ &= 1,6 \cdot (1 - e^{-pT_u}) \cdot \left[\frac{0,914}{p} - \frac{0,7312}{(1+0,8p)} + \frac{1}{p^2} - \frac{4,821}{(1+1,5p)} - \frac{3,214}{p} \right] = \\ &= 1,6 \cdot (1 - e^{-pT_u}) \cdot \left[\frac{1}{p^2} - \frac{0,7312}{(1+0,8p)} + \frac{4,821}{(1+1,5p)} - \frac{2,3}{p} \right] = 1,6 \cdot (1 - e^{-pT_u}) \cdot \left[\frac{1}{p^2} - \frac{0,914}{1,25+p} + \frac{3,214}{0,667+p} - \frac{2,3}{p} \right]. \end{aligned}$$

Для полученной передаточной функции применим дискретное преобразование Лапласа. Тогда передаточная функция разомкнутой импульсной системы примет следующий вид:

$$W_p(p) = 1,6 \cdot \left(\frac{e^{pT_u} - 1}{e^{pT_u}} \right) \cdot \left[\frac{T_u \cdot e^{pT_u}}{(e^{pT_u} - 1)^2} - \frac{0,7312 \cdot e^{pT_u}}{e^{pT_u} - e^{-0,8pT_u}} + \frac{4,821 \cdot e^{pT_u}}{e^{pT_u} - e^{-1,5pT_u}} - \frac{2,3 \cdot e^{pT_u}}{e^{pT_u} - 1} \right].$$

Откуда:

$$W_p(p) = 1,6 \cdot \left[\frac{T_u}{e^{pT_u} - 1} - \frac{0,914 \cdot (e^{pT_u} - 1)}{e^{pT_u} - e^{-1,25T_u}} + \frac{3,214 \cdot (e^{pT_u} - 1)}{e^{pT_u} - e^{-0,667T_u}} - 2,3 \right].$$

Тогда $W_p^*(p)$ в можно представить в следующем виде:

$$W_p(p) = K \cdot \frac{b_2 \cdot e^{2pT_u} + b_1 e^{pT_u} + b_0}{a_3 e^{3pT_u} + a_2 e^{2pT_u} + a_1 e^{pT_u} + a_0}.$$

Где:

$$K=1,6;$$

$$b_2 = T_u - 0,914e^{-1,25T_u} + 3,214e^{-0,667T_u} - 2,3 = -1,215 \cdot 10^{-5};$$

$$b_1 = 6,428e^{-1,25T_u} + 4,128e^{-0,667T_u} - 2,3e^{-1,917T_u} - 2,3e^{-1,25T_u} - T_u(e^{-1,25T_u} + e^{-0,667T_u}) + 2,3 = 2,507 \cdot 10^{-5};$$

$$b_0 = 0,914e^{-0,667T_u} - 3,214e^{-1,25T_u} + 2,3e^{-1,25T_u} \cdot e^{-0,667T_u} + T_u e^{-1,917T_u} = -1,209 \cdot 10^{-5};$$

$$a_3 = 1;$$

$$a_2 = -e^{-1,25T_u} - e^{-0,667T_u} - 1 = -2,981;$$

$$a_1 = e^{-1,25T_u} + e^{-0,667T_u} + e^{-1,917T_u} = 2,962;$$

$$a_0 = -e^{-1,917T_u} = 0,981;$$

Выполним построение амплитудно-фазовой характеристики (АФХ) импульсной непрерывной разомкнутой системы двумя способами: точным и приближенным – по формуле:

$$W_p^*(j\omega) = \frac{\omega_0}{2 \cdot \pi} \cdot \sum_{l=-\infty}^{\infty} W_{nn}(j\omega - j\omega_0 l) + \frac{w_{nn}(0)}{2}.$$

Где $w_{nn}(0) = 0$.

Тогда положим:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi}{T_u};$$

$$w_{np}(w) = \frac{w_0}{2 \cdot \pi} \cdot \left[w_{np1}(w) + w_{np2}(w) + w_{np3}(w) - \frac{w_{np0}}{2} \right];$$

где:

$$w_{np1}(w) = 1,6 \cdot (1 - e^{-i \cdot w T_u}) \cdot \left[\frac{1}{(i \cdot w)^2} - \frac{0,7312}{1 + 0,8 \cdot i \cdot w} + \frac{4,821}{1 + 1,5 \cdot i \cdot w} - \frac{2,3}{i \cdot w} \right];$$

$$w_{np2}(w) = 1.6 \cdot (1 - e^{-i(w-w_0)T_u}) \cdot \left[\frac{1}{i \cdot (w-w_0)^2} - \frac{0.7312}{1+0.8 \cdot i \cdot (w-w_0)} + \frac{4.821}{1+1.5 \cdot i \cdot (w-w_0)} - \frac{2.3}{i \cdot (w-w_0)} \right];$$

$$w_{np3}(w) = 1.6 \cdot (1 - e^{-i(w-2w_0)T_u}) \cdot \left[\frac{1}{i \cdot (w-2w_0)^2} - \frac{0.7312}{1+0.8 \cdot i \cdot (w-2w_0)} + \frac{4.821}{1+1.5 \cdot i \cdot (w-2w_0)} - \frac{2.3}{i \cdot (w-2w_0)} \right];$$

Построенные АФХ представлены на рис. 4.

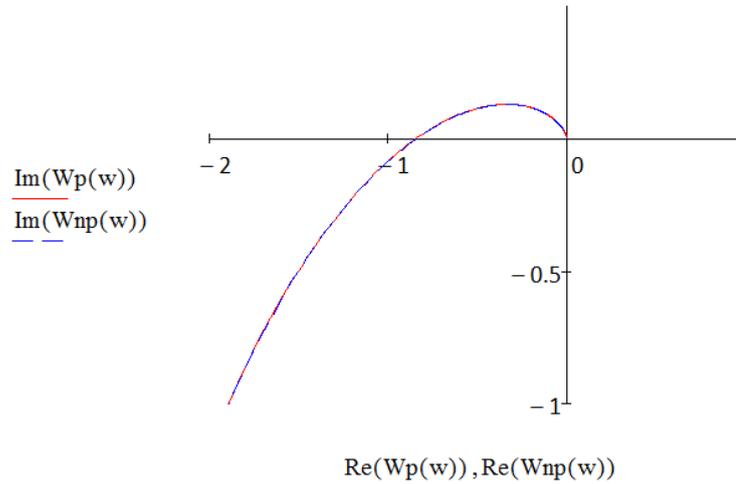


Рисунок 4 – АФХ для $W_p^*(j\omega)$ и $W_{np}(j\omega)$ / Figure 4 – Amplitude-phase characteristic for $W_p^*(j\omega)$ and $W_{np}(j\omega)$

Как видно из рисунка, годографы импульсной разомкнутой системы, построенные точным и приближительным методом, практически совпадают. Численные значения годографов импульсной разомкнутой системы, построенные точным и приближенным методами представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Численные значения годографов, построенных разными методами / Table 1 – Numerical values of hodographs constructed by different methods

	Точный метод	Приближенный метод
n = 1	-1.621e-5+4.679e-4i	-1.554e-5+3.588e-4i
n = 2	1.121e-5+1.055e-4i	4.92e-6+5.102e-5i
n = 3	1.113e-5+5.39e-5i	3.541e-6+1.792e-5i
n = 4	1.072e-5+3.576e-5i	2.667e-6+9.142e-6i
n = 5	1.046e-5+2.658e-5i	2.189e-6+5.665e-6i
n = 6	1.03e-5+2.095e-5i	1.904e-6+3.927e-6i
n = 7	1.02e-5+1.71e-5i	1.72e-6+2.915e-6i
n = 8	1.013e-5+1.424e-5i	1.593e-6+2.26e-6i
n = 9	1.009e-5+1.201e-5i	1.5e-6+1.801e-6i
n = 10	1.005e-5+1.02e-5i	1.429e-6+1.46e-6i

n = 11	1.003e-5+8.671e-6i	1.374e-6+1.195e-6i
n = 12	1.001e-5+7.352e-6i	1.329e-6+9.815e-7i
n = 13	9.995e-6+6.185e-6i	1.293e-6+8.041e-7i
n = 14	9.984e-6+5.133e-6i	1.263e-6+6.527e-7i
n = 15	9.976e-6+4.167e-6i	1.24e-6+5.203e-7i
n = 16	9.969e-6+3.265e-6i	1.222e-6+4.019e-7i
n = 17	9.965e-6+2.41e-6i	1.209e-6+2.936e-7i
n = 18	9.962e-6+1.589e-6i	1.2e-6+1.922e-7i
n = 19	9.96e-6+7.895e-7i	1.196e-6+9.509e-8i
n = 20	9.959e-6	1.196e-6-1.228e-10i

Для оценки устойчивости замкнутой импульсной системы и ее предельного коэффициента усиления произведем расчет по двух критериям.

По критерию Найквиста.

Для обеспечения устойчивости импульсной системы необходимо чтобы годограф разомкнутой импульсной системы не охватывает точку (-1; j0).

Значение предельного коэффициента усиления разомкнутой импульсной системы найдем из пропорции:

$$K = 0,84;$$

$$K_{пред} = 1.$$

Откуда:

$$K_{пред} = \frac{1}{0,84} = 1,19.$$

По критерию Гурвица.

Найдем передаточную функцию замкнутой ИСАУ, выделив коэффициент усиления К:

$$W_3^*(p) = \frac{W_p^*(p)}{1 + W_p^*(p)} = K \cdot \frac{b_2 \cdot e^{2pT_u} + b_1 \cdot e^{pT_u} + b_0}{a_3 \cdot e^{3pT_u} + (a_2 + Kb_2) \cdot e^{2pT_u} + (a_1 + Kb_1) \cdot e^{pT_u} + (a_0 + Kb_0)}.$$

Введем обозначение $z = e^{pT_u}$ и запишем характеристическое уравнение:

$$A' = a_3 \cdot e^{3pT_u} + (a_2 + Kb_2) \cdot e^{2pT_u} + (a_1 + Kb_1) \cdot e^{pT_u} + (a_0 + Kb_0).$$

Произведем подстановку:

$$z = \frac{1 + v}{1 - v};$$

$$A' = A_3 \cdot v^3 + A_2 \cdot v^2 + A_1 \cdot v + A_0;$$

где

$$A_3 = a_1 - a_0 - a_2 + a_3 - K \cdot b_0 + K \cdot b_1 - K \cdot b_2 > 0;$$

$$A_3 = 7,924 > 0;$$

$$A_2 = 3 \cdot a_0 - a_1 - a_2 + 3 \cdot a_3 + 3 \cdot K \cdot b_0 - K \cdot b_1 - K \cdot b_2 > 0;$$

$$A_2 = 0,076 > 0;$$

$$A_1 = a_2 - a_1 - 3 \cdot a_0 + 3 \cdot a_3 - 3 \cdot K \cdot b_0 - K \cdot b_1 + K \cdot b_2 > 0;$$

$$A_1 = 1,636 \cdot 10^{-4} > 0;$$

$$A_0 = a_0 + a_1 + a_2 + a_3 + K \cdot b_0 + K \cdot b_1 + K > 0;$$

$$A_0 = 1,6 > 0;$$

Так как все коэффициенты A_i положительны, то замкнутая ИСАУ устойчива. Значение предельного коэффициента усиления:

$$K_{пред} = 1.9.$$

Построение переходного процесса $y(t)$ для замкнутой импульсной САУ.

Для построения переходного процесса замкнутой ИСАУ преобразуем передаточную:

$$W_3^*(p) = K \cdot \frac{b_2 \cdot e^{2pT_u} + b_1 \cdot e^{pT_u} + b_0}{a_3 \cdot e^{3pT_u} + (a_2 + Kb_2) \cdot e^{2pT_u} + (a_1 + Kb_1) \cdot e^{pT_u} + (a_0 + Kb_0)} = \frac{Y^*(p)}{X^*(p)};$$

Выполнив преобразования, получим:

$$K \cdot X^*(p) \cdot (b_2 \cdot e^{-pT_u} + b_1 \cdot e^{-2pT_u} + b_0 e^{-3pT_u}) = Y^*(p) \cdot (a_3 + (a_2 + Kb_2) \cdot e^{-pT_u} + (a_1 + Kb_1) e^{-2pT_u} + (a_0 + Kb_0) e^{-3pT_u}).$$

Перейдем от изображения к оригиналу, получая разностное уравнение:

$$Kb_2 \cdot x((l-1)T_u) + Kb_1 \cdot x((l-2)T_u) + Kb_0 \cdot x((l-3)T_u) = a_3 \cdot y(lT_u) + (a_2 + Kb_2) \cdot y((l-1)T_u) + (a_1 + Kb_1) \cdot y((l-2)T_u) + (a_0 + Kb_0) \cdot y((l-3)T_u);$$

$$y_i = -\frac{a_2 + Kb_2}{a_3} \cdot y_{i-1} - \frac{a_1 + Kb_1}{a_3} \cdot y_{i-2} - \frac{a_0 + Kb_0}{a_3} \cdot y_{i-3} + K \frac{b_2}{a_3} \cdot x_{i-1} +$$

$$+ K \frac{b_1}{a_3} \cdot x_{i-2} + K \frac{b_0}{a_3} \cdot x_{i-3}.$$

График переходного процесса, построенный на основе последнего соотношения, изображен на рис. 5.

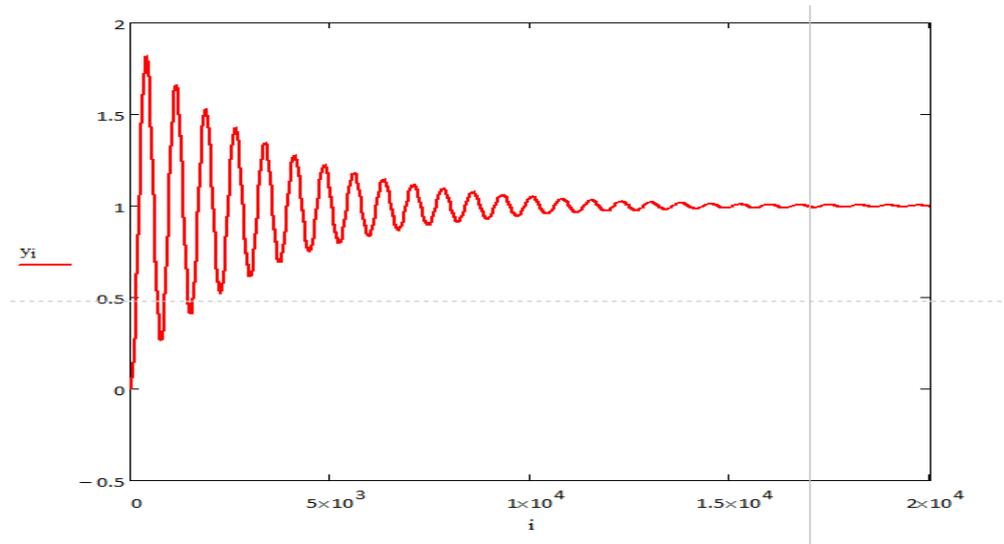


Рисунок 5 – Переходный процесс в замкнутой ИСАУ / Figure 5 – Transient process in a closed-loop ISAU

Численные значения переходного процесса в определенные моменты времени замкнутой ИСАУ представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Численные значения переходного процесса в определенные моменты времени / Table 2 – Numerical values of the transient process at certain points in time

Номер шага	Момент времени	Значение переходного процесса
1	0,01	-0,00001945
3	0,03	-0,00005227
9	0,09	-0,00001211
10	0,1	0,00002729
50	0,5	0,021
80	0,8	0,078
90	0,9	0,106
130	1,3	0,267
150	1,5	0,374
250	2,5	1,065

Рассчитаем статическую и кинетическую ошибку замкнутой импульсной САУ. Расчет будем вести по следующим формулам:

$$x_0 = \lim_{p \rightarrow 0} (e^{p \cdot T_n} - 1) \cdot X_o^*(p);$$

$$X_o^*(p) = \frac{1}{1 + W_p^*(p)} \cdot X^*(p).$$

Статическая ошибка.

На входе системы $X(t)=1(t)$

$$X(p) = \frac{1}{p}; \quad X^*(p) = \frac{e^{p \cdot T_u}}{e^{p \cdot T_u} - 1};$$

$$x_{ocm} = \lim_{p \rightarrow 0} (e^{p \cdot T_u} - 1) X_o^*(p) = \lim_{p \rightarrow 0} (e^{p \cdot T_u} - 1) \frac{1}{1 + W_p^*(p)} \cdot \frac{e^{p \cdot T_u}}{e^{p \cdot T_u} - 1} =$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0} \left(\frac{1}{1 + W_p^*(p)} e^{p \cdot T_u} \right);$$

$$x_{ocm} = \lim_{p \rightarrow 0} (e^{p \cdot T_u} - 1) \left(\frac{e^{p \cdot T_u}}{1 + K \frac{b_2 \cdot e^{2 \cdot p \cdot T_u} + b_1 \cdot e^{p \cdot T_u} + b_0}{a_3 e^{3 \cdot p \cdot T_u} + a_2 e^{2 \cdot p \cdot T_u} + a_1 \cdot e^{p \cdot T_u} + a_0}} \right) \frac{e^{p \cdot T_u}}{e^{p \cdot T_u} - 1} = 0.$$

Кинетическая ошибка.

На входе системы $X(t)=t \cdot 10(t)$

$$X(p) = \frac{1}{p^2}; \quad X^*(p) = \frac{T_u e^{p \cdot T_u}}{(e^{p \cdot T_u} - 1)^2};$$

$$x_{окин} = \lim_{p \rightarrow 0} (e^{p \cdot T_u} - 1) \cdot X_o^*(p) = \lim_{p \rightarrow 0} (e^{p \cdot T_u} - 1) \cdot \frac{1}{1 + W_p^*(p)} \cdot \frac{T_u e^{p \cdot T_u}}{(e^{p \cdot T_u} - 1)^2} =$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0} \frac{T_u e^{p \cdot T_u}}{e^{p \cdot T_u} - 1} \cdot \frac{1}{1 + W_p^*(p)};$$

$$x_{окин} = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{T_u e^{p \cdot T_u}}{e^{p \cdot T_u} - 1} \cdot \frac{1}{1 + K \frac{b_2 \cdot e^{2 \cdot p \cdot T_u} + b_1 \cdot e^{p \cdot T_u} + b_0}{a_3 e^{3 \cdot p \cdot T_u} + a_2 e^{2 \cdot p \cdot T_u} + a_1 \cdot e^{p \cdot T_u} + a_0}} = 0,757.$$

Результаты исследований и их обсуждение. Экспериментальные исследования, проведенные на основе полученных величин, показали разницу между аналитическим решением и экспериментальным в среднем на 10 % [2-4].

Заключение. Актуальность выполненного исследования определяется сложностью реализации нелинейных систем управления. Однако данные системы не зависят от распределённости по пространственной области, занимаемой объектом. Что крайне отрицательно сказывается на практическом использовании полученных результатов. В связи с этим необходимо, принципиально расширить класс управляющих воздействий, прежде всего за счёт возможности включения в их число пространственно-временных управлений, описываемых функциями нескольких переменных – времени и пространственных координат. Однако, это будет являться предметом дальнейшего исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беседин В. М., Ягодкина Т. В. Анализ линейных импульсных систем автоматического управления. Методические указания к самостоятельным занятиям по курсу «Основы теории автоматического управления». М.: Изд-во МЭИ, 2001, 48 с.
2. Ilyushin Y., Mokeev A. Technical Realization of the Task of Controlling the Temperature Field of a Tunnel Furnace of a Conveyor Type // International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Vol. 12. P. 1500-1510.
3. Ilyushin Y. V., Novozhilov I. M. Analyzing of distributed control system with pulse control // Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017 pp. 296-298
4. Ilyushin Y. V., Novozhilov I. M. Analyzing of heating elements' location of distributed control objects // Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017. P. 138-141.

REFERENCES

1. Besedin VM, Yagodkina TV. Analysis of linear pulse automatic control systems. Methodical instructions for independent studies on the course "Fundamentals of the theory of automatic control". Moscow: Publishing house of MEI; 2001. 48 p. (In Russ.).
2. Ilyushin Y, Mokeev A. Technical realization of the task of controlling the temperature field of a tunnel furnace of a conveyor type. International Journal of Applied Engineering Research. 2017;12(8):1500-1510.
3. Ilyushin YV, Novozhilov IM. Analyzing of distributed control system with pulse control. In Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017. 2017;296-298.
4. Ilyushin YV, Novozhilov IM. Analyzing of heating elements' location of distributed control objects. In Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017. 2017;138-141.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Юрий Валерьевич Ильюшин – доктор технических наук, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, ilyushin_yuv@pers.spmi.ru

Александр Витальевич Мартиросян – кандидат технических наук, СанктПетербургский горный университет, Martirosyan_AV@pers.spmi.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 08.02.2025;
одобрена после рецензирования: 17.03.2025;
принята к публикации: 22.03.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yuri V. Ilyushin – Dr. Sci. (Techn.), Saint Petersburg Mining University, ilyushin_yuv@pers.spmi.ru

Alexander V. Martirosyan – Cand. Sci. (Techn.), Saint Petersburg Mining University, Martirosyan_AV@pers.spmi.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted: 08.02.2025;
approved after reviewing: 17.03.2025;
accepted for publication: 22.03.2025.

Научная статья

УДК 621.391

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.4>

Оценка бинарного прогнозирования мошеннических объявлений в облачных системах для отслеживания кандидатов ATS

Владимир Викторович Лиджи-Горяев¹, Галина Алексеевна Манкаева^{2*}, Татьяна Борисовна Гольдварг³, Светлана Сангаджиевна Мучкаева⁴, Елена Николаевна Джашнаева⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Калмыцкий государственный университет, г. Элиста, Россия

¹ vladlg@yandex.ru

² mankaeva.galina@yandex.ru

³ tgoldvarg@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4838-8783>

⁴ smuchkaeva@yandex.ru

⁵ dzhakhnaeva-en@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку: Галина Алексеевна Манкаева, mankaeva.galina@yandex.ru

Аннотация. Построение модели бинарной классификации для прогнозирования типа объявления в облачных ATS (системы отслеживания кандидатов) о приеме на работу (законные или мошеннические), может быть решено, в том числе, и с использованием различных алгоритмов машинного обучения. Для данной работы были выбраны традиционные алгоритмы классификации, включают LSVC (Linear Support Vector Classifier), GBT (Gradient Boost Tree) и RF (Random Forest). Один из подходов к построению такой модели заключается в выявлении и сборе соответствующих атрибутов или особенностей, которые могут помочь отличить мошенническое объявление о приеме на работу от законного. Некоторые из функций, которые могут быть полезны при обнаружении мошеннических объявлений о вакансиях, включают местоположение работы, описание вакансии, требования к работе, должностные обязанности, информацию о компании и данные о рекрутере. После чего различные алгоритмы машинного обучения могут быть обучены на подготовленных наборах данных с использованием стандартных методов, таких как перекрестная проверка, для оценки их производительности. Производительность обученных моделей может быть оценена с использованием различных оценочных показателей, таких как точность, прецизионность и отзывчивость. Наконец, наиболее эффективная модель может быть выбрана на основе оценочных показателей, а затем внедрена в производственную среду, где ее можно использовать для классификации объявлений о вакансиях как мошеннических или нет. Важно отметить, что модель также должна постоянно оцениваться и обновляться с течением времени, чтобы обеспечить ее надежность и эффективность. Исходя из результатов метрик оценки, был сделан вывод, что классификатор GBT показывает более высокую производительность и точность по сравнению с классификаторами LinearSVC и RF на данном наборе. Однако стоит учитывать, что классификатор GBT требует больше времени на обучение и прогнозирование, у GBT время 208.738579 с, а у LSVC и RF (64.267132 и 71.024914, соответственно). Учитывая результаты оценок для рабочей части программы использовали модель GBT. Для реализации прогнозирования было проведено машинное обучение на GBT, RF и LSVC на пользовательском наборе данных Job_Fraud, созданный на базе общедоступной EMSCAD. Для решения сильного дисбаланса данных была использована реализация на библиотеке синтетической передискретизации меньшинства (SMOTE). Сначала была получена модель, которую обучили на данных с помощью классификатора, удаление через TFIDFVectorizer стоп-слов в векторном пространстве, затем уменьшая разрядность данных перезагрузили данные, повторно

© Горяев В. В., Манкаева Г. А., Гольдварг Т. Б., Мучкаева С. С., Джашнаева Е. Н., 2025

обучили модель и векторайзер перед использованием их для прогнозирования. Для графического интерфейса использовался модуль *tkinter*. Функция *predict()* использует обученную модель для предсказаний на основе вектора признаков.

Ключевые слова: облачные ATS, детектирование мошеннических объявлений, классификаторы, модели LinearSVC, GBT и RF

Для цитирования: Лиджи-Горяев В. В., Манкаева Г. А., Гольдварг Т. Б., Мучкаева С. С., Джахнаева Е. Н. Оценка бинарного прогнозирования мошеннических объявлений в облачных системах для отслеживания кандидатов ATS // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 51-62. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.4>

Research article

Assessment of binary prediction of fraudulent advertisements in ATS candidate tracking cloud systems

Vladimir V. Ligi-Goryaev¹, Galina A. Mankaeva^{2*}, Tatyana B. Goldvarg³,
Svetlana S. Muchkaeva⁴, Elena N. Dzhakhnaeva⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Kalmyk State University, Elista, Russia

¹ vladlg@yandex.ru

² mankaeva.galina@yandex.ru

³ tgoldvarg@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4838-8783>

⁴ smuchkaeva@yandex.ru

⁵ dzhakhnaeva-en@yandex.ru

* **Corresponding author:** Galina A. Mankaeva, mankaeva.galina@yandex.ru

Abstract. The abstract describes the construction of a binary classification model for predicting the type of job advertisement in cloud-based ATS (Applicant Tracking Systems) as either legitimate or fraudulent. Various machine learning algorithms can be employed to address this issue. Traditional classification algorithms, including LSVC (Support Vector Machine), GBT (Gradient Boosting Tree), and RF (Random Forest), have been chosen for this study. One approach to building such a model involves identifying and collecting relevant attributes or features that can help distinguish fraudulent job advertisements from legitimate ones. Some features that could be useful in detecting fraudulent job ads include job location, job description, job requirements, job responsibilities, company information, and recruiter data. Subsequently, different machine learning algorithms can be trained on prepared datasets using standard methods such as cross-validation to assess their performance. The performance of the trained models can be evaluated using various metrics such as accuracy, precision, and recall. Ultimately, the most effective model can be selected based on these evaluation metrics and deployed in a production environment, where it can classify job advertisements as fraudulent or legitimate. It's important to note that the model should also undergo continuous evaluation and updates over time to ensure its reliability and effectiveness. Based on the evaluation metrics, it was concluded that the GBT classifier exhibits higher performance and accuracy compared to the LinearSVC and RF classifiers on the given dataset. However, it should be considered that the GBT classifier requires more time for training and prediction; GBT takes 208.738579 seconds, while LSVC and RF take 64.267132 and 71.024914 seconds, respectively. Taking into account the evaluation results, the GBT model was utilized for the operational aspect of the program. For implementation of the prediction, machine learning was performed on GBT, RF, and LSVC using a custom dataset called "Job_Fraud," created based on the publicly available EMSCAD dataset. To address the significant data imbalance, an implementation of the Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) from a library was utilized. Initially, a model was obtained and trained on the data using a

classifier, removing stop-words through TFIDFVectorizer in the vector space. Then, after reducing the dimensionality of the data, the data was reloaded, and both the model and vectorizer were retrained before being used for prediction. The tkinter module was used for the graphical interface. The predict() function utilizes the trained model for predictions based on the feature vector.

Keywords: cloud ATS, detection of fraudulent advertisements, classifiers, LinearSVC, GBT, RF models

For citation: Ligi-Goryaev VM, Mankaeva GA, Goldvarg TB, Muchkaeva SS, Dzhakhnaeva EN. Assessment of binary prediction of fraudulent advertisements in ATS candidate tracking cloud systems. *Modern Science and Innovations.* 2025;(1):51-62. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.4>

Введение. Системы рекрутинга, также известные как системы отслеживания кандидатов (ATS), стали важным инструментом современного управления человеческими ресурсами. Эти системы оптимизируют процесс найма, помогая предприятиям эффективно управлять объявлениями о вакансиях, отслеживанием кандидатов, проверкой резюме и рабочими процессами найма. В связи с ростом популярности облачных решений целью данной статьи является изучение исследования рынка рекрутинговых систем (в том числе в России) с особым акцентом на функциональность облачных АТС и проблему мошенничества с вакансиями в автоматизированных системах подбора персонала. Ландшафт сервисов найма в России быстро развивается, и компании ищут инновационные и эффективные способы привлечения и удержания лучших специалистов. В последние годы набирает обороты внедрение рекрутинговых систем, в том числе облачных ATS, что позволяет пользователям получать к нему удаленный доступ через Интернет без необходимости локальной установки или обслуживания [1].

Функциональность облачных АТС в России. Функциональность облачных АТС в России значительно продвинулась вперед с несколькими ключевыми функциями, которые удовлетворяют уникальным требованиям российского рынка подбора персонала. Некоторые из примечательных функций облачной АТС в России включают в себя:

1. Настраиваемые рабочие процессы. Cloud ATS в России предлагает настраиваемые рабочие процессы, которые могут быть адаптированы в соответствии с конкретными потребностями и процессами найма российского бизнеса [2].

2. Локализация. Облачная АТС в России часто поставляется с функциями локализации, включая языковую поддержку, конвертацию валюты и соблюдение местных нормативных актов и законов о защите данных.

Разбор и скрининг резюме. Cloud ATS в России обычно включает в себя расширенные возможности анализа и проверки резюме, что позволяет эффективно управлять большими объемами резюме [3].

3. Интеграция с досками объявлений о вакансиях и соцсетями. Cloud ATS в России часто интегрируется с популярными досками объявлений о вакансиях и платформами социальных сетей, позволяя компаниям беспрепятственно публиковать вакансии, получать заявки и управлять взаимодействием с кандидатами. Это помогает расширить охват объявлений о вакансиях и, соответственно, привлечь более широкий круг кандидатов.



Рисунок 1 – Оценка развитости рекрутинговых сервисов по управлению кандидатами (ATS), используемых в России / Figure 1 – Assessment of the development of recruiting services for candidate management (ATS) used in Russia

Проблемы с мошенничеством с вакансиями в автоматизированных системах найма (ATS)

Несмотря на множество преимуществ использования автоматизированных систем найма, таких как ATS, существуют также проблемы, связанные с мошенничеством с вакансиями при трудоустройстве. Мошенничество с вакансиями относится к практике размещения поддельных вакансий или манипулирования процессом найма для личной выгоды [4]. Некоторые из проблем, связанных с мошенничеством при приеме на работу в автоматизированных системах найма (ATS), включают:

1. В некоторых случаях мошенники могут создавать поддельные объявления о вакансиях в автоматизированных системах найма, чтобы собирать личную информацию от ничего не подозревающих соискателей или выманивать у них деньги.

2. Автоматизированные системы подбора персонала полагаются на возможности анализа и проверки резюме для составления короткого списка кандидатов. Однако мошенники могут отправлять фальсифицированные резюме или манипулировать процессом проверки резюме, чтобы исказить свою квалификацию, навыки или опыт.

3. В автоматизированных системах найма могут отсутствовать эффективные механизмы проверки подлинности полномочий и квалификации кандидатов. Это может облегчить мошенникам подачу ложной информации или поддельных документов, что приведет к найму неквалифицированных или неподходящих кандидатов.

4. Автоматизированные системы подбора персонала хранят конфиденциальную личную и профессиональную информацию кандидатов, что делает их потенциальными целями для утечек данных и угроз безопасности. Мошенники могут использовать уязвимости в системе для получения несанкционированного доступа к персональным данным, что приводит к нарушениям конфиденциальности и репутационному ущербу для организации [5].

Решение проблемы мошенничества при приеме на работу в ATS. Организации должны проводить регулярные аудиты безопасности своих ATS для выявления и устранения потенциальных уязвимостей, которые могут быть использованы мошенниками. Это может включать в себя внедрение надежных мер безопасности, таких как шифрование, аутентификация и контроль доступа, а также системы фильтрации и прогнозирования мошеннических вакансий (СФМВ).

Современные мошенники умело используют те недостатки в области обеспечения безопасности в сфере применения современных средств связи, в том числе и сети Интернет, сегодня противодействия дистанционным мошенничествам (ДМ) развиваются и исследуются, они имеют возможности быстрой адаптации и динамики в зависимости от объекта внедрения. требует переосмысления тех социальных и правовых взаимоотношений которых присутствуют в цифровую эпоху. Одним из таких важных изменений от 29 ноября 2012 г. № 207-ФЗ «О внесении изменений в Уголовный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [6], ответственность за противоправные действия законодатель разграничил по правоприменению в областях действия (ст. 159.1-159.6 УК РФ).

Материалы и методы исследований. В данной работе определяется оптимальный классификатор x , который максимизирует $f(x)$ - целевую функцию, основанную на предварительно выбранных метриках. Задача $f(x)$ может быть решена различными способами, в зависимости от конкретных требований и ограничений задачи. Например, можно определить $f(x)$ как сумму точности и полноты классификации, или как долю правильно классифицированных мошеннических вакансий от общего числа мошеннических вакансий. При этом precision и recall часто используются совместно при оценке качества классификации, поскольку они предоставляют информацию о различных аспектах производительности модели [7].

В качестве целевой функции $f(x)$ была выбрана формула:

$$F(x) = \alpha_1 \frac{TP}{FP + TP} + \alpha_2 \frac{TP}{TP + FN} \rightarrow \max. (1)$$

X – множество классификаторов, которые могут быть использованы для классификации вакансий

α_1 и α_2 – весовые коэффициенты с ограничением $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$

В задаче обнаружения мошеннических вакансий в объявлениях, наиболее важным все же является метрика Recall, так как лучше пропустить несколько ложноположительных результатов (правильных вакансий, помеченных как мошеннические), чем пропустить реальную мошенническую вакансию (рис. 2).

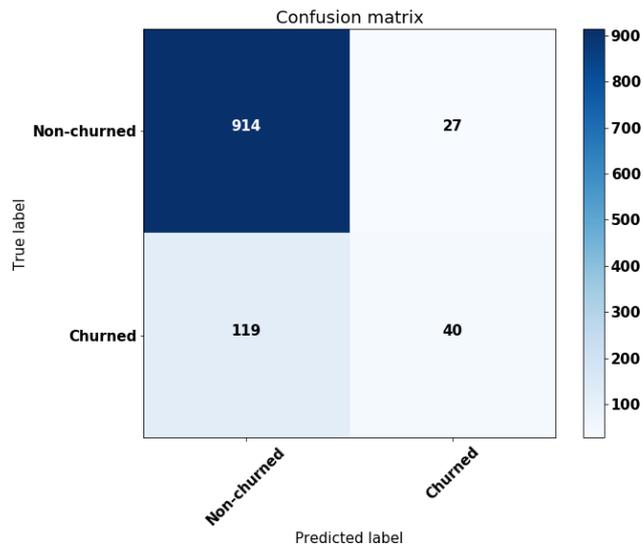


Рисунок 2 – Матрица путаницы / Figure 2 – Confusion Matrix

Для реализации прогнозирования было проведено машинное обучение на LR, RF и DT на EMSCAD [7]. Для решения сильного дисбаланса данных была использована реализация на библиотеке синтетической передискретизации меньшинства (SMOTE). Сначала была получена модель, которую обучили на данных с помощью классификатора, удаление через TFIDFVectorizer стоп-слов в векторном пространстве, затем уменьшая разрядность данных перезагрузили данные, повторно обучили модель и векторайзер перед использованием их для прогнозирования. Для графического интерфейса использовался модуль tkinter. Функция predict () использует обученную модель для прогноза на основе вектора признаков.

Пользовательский набор данных

Набор данных EMSCAD (Employer-Submitted Scam Corpus and Definitions) предоставляет ценный ресурс для обучения и оценки моделей машинного обучения для выявления мошеннических объявлений о вакансиях. Он состоит из 18 242 объявлений о приеме на работу, из которых 866 мошеннических и 17 376 законных. Набор данных легкодоступен и обеспечивает реалистичное представление о мошенничестве с трудоустройством в реальном мире, что делает его идеальным выбором для нашего исследования. Для улучшения локализации был создан пользовательский dataset Job_Fraud из 12 700 объявлений с 0,5% фейковых вакансий.

Извлечение признаков

Для разработки эффективной модели машинного обучения крайне важно извлечь значимые функции из набора данных Job_Fraud.

А.Предобработка

Вначале выполняется загрузка и подготовка данных. Код загружает набор данных о вакансиях из файла CSV, предварительно обрабатывает данные для создания нового столбца "текст" путем объединения нескольких других столбцов, а затем разбивает эти данные на обучающие и тестовые наборы. Текстовые данные в столбце "text" векторизуются с помощью CountVectorizer. Далее, модель обучается на основе обучающих данных и оценивается на основе тестовых данных.

```
df = pd.read_csv(job_fraud.csv)
```

```
# объединим несколько полей объявлений для каждой записи в одной строке
```

```
df['text'] = df[['title', 'location', 'department', 'company_profile', 'description', 'requirements', 'benefits']].apply(lambda x: ' '.join(str(i) for i in x if not pd.isnull(i)), axis=1)
```

Где все текстовые поля объединены в один столбец 'text'.

Создается функция, которая будет принимать текстовую строку и возвращать список признаков:

```
def get_features(text):
```

```
...
```

```
    return features
```

Эта функция извлекает средний вектор для всего документа и добавляет все географические сущности (GPE) как отдельные признаки, после чего можно будет использовать эту функцию для извлечения признаков из всех объявлений в искомом наборе данных:

```
y = df['fraudulent'].tolist()
```

```
for text in df['text'].tolist():
```

```
    X.append(get_features(text))
```

Б. Машинное обучение

Файл `training.pkl` и файл `model.pkl` - это два разных файла, которые имеют особенности своего назначения.

`Training.pkl` - это файл, который содержит данные, используемые для обучения модели машинного обучения. Он может включать в себя различные типы данных, такие как текстовые документы, изображения или числовые данные, которые были использованы для настройки параметров модели. Эти данные обычно используются для обучения модели на новых входных данных, что позволяет модели делать более точные прогнозы [9].

`Model.pkl`, с другой стороны, является файлом, который содержит обученную модель машинного обучения, которая была создана на основе данных, сохраненных в файле `training.pkl`. Эта модель может использоваться для предсказания результатов на новых данных, которые не были использованы при ее обучении. В отличие от `training.pkl`, `model.pkl` обычно уже не нуждается в изменении и может быть использован напрямую для получения результатов.

Таким образом, `training.pkl` и `model.pkl` - два важных компонента процесса машинного обучения, где первый используется для обучения модели, а второй - для применения обученной модели на новых данных.

Для получения модели `model.pkl`, нужно выполнить следующие шаги:

- Обучите модель машинного обучения на обучающих данных.

- Сохраните модель, используя функцию `joblib.dump()` и передать ей обученный объект модели и имя файла, в который нужно сохранить модель. Например:

```
joblib.dump(dt, 'model.pkl'), где «dt» в данном примере Decision Tree Classifier.
```

В. Дисбаланс данных

Чтобы решить проблему дисбаланса данных, можно использовать такие методы, как передискретизация или заниженная дискретизация. Избыточная выборка предполагает увеличение числа экземпляров в классе меньшинства, в то время как недостаточная выборка предполагает уменьшение числа экземпляров в классе большинства [10].

Одним из популярных методов передискретизации является метод синтетической передискретизации меньшинства (SMOTE), который создает синтетические выборки путем интерполяции между соседними экземплярами класса меньшинства [11].

Для выполнения SMOTE библиотека `imblearn` на Python, которая предоставляет реализацию SMOTE:

```
from imblearn.over_sampling import SMOTE
```

```
smote = SMOTE(random_state=42)
```

```
X_train_resampled, y_train_resampled = smote.fit_resample(X_train_vec, y_train)
```

Этот код выполняет выборку обучающих данных с помощью SMOTE. Метод `fit_resample` принимает векторы объектов (`X_train_vec`) и метки (`y_train`) в качестве входных данных и возвращает пересмотренные версии обоих.

При решении проблемы дисбаланс часто сопутствующей проблемой может стать проблема разреженных данных (ПРД). Решить такую проблему можно решить, используя

методы уменьшения размерности, такие как анализ главных компонент (PCA) или усеченная декомпозиция по сингулярным значениям (SVD). Эти методы уменьшают размерность данных, сохраняя при этом большую часть дисперсии.

При этом надо преобразовать массив в список строк, прежде чем передавать его методу `vectorizer.fit`, с помощью метода `tolist()` массива NumPy:

```
vectorizer.fit(X_train_transformed.tolist())
```

Результаты исследований и их обсуждение.

Таблица 1 – Метрики оценки классификаторов машинного обучения / Table 1 – Machine learning classifier evaluation metrics

	Классификаторы	Метрики оценки				Время
		Accuracy	Precision	Recall	AUC	
1	GBT (0.25%)	0,958420	0,924812	1,000000	0,997500	199,821130
2	GBT (0.50%)	0,951128	0,912916	0,997861	0,995594	208,738579
3	LinearSVC (0.50%)	0,923077	0,894339	0,963415	0,972366	64,267132
4	RF (0.50%)	0,921589	0,892537	0,959358	0,971597	71,024914

Из предоставленного вывода кода, можно сделать следующие выводы о производительности классификаторов GBT (Gradient Boosted Trees), LSVC (LinearSVC) и RF (Random Forest):

В обоих случаях для классификатора GBT (как 25% данных, так и 50% данных) показал более высокую точность (Accuracy) по сравнению с классификаторами LSVC и RF при использовании (табл.1).

Точность (Precision) классификации для класса мошенничества (метка 1.0) также была выше у классификаторов GBT по сравнению с другими классификаторами.

Показатель отзыва (Recall) классификации для класса мошенничества был высоким для всех классификаторов, близким к 1.0. Опять же, классификатор GBT имел немного более высокий показатель.

Площадь под кривой (AUC), которая является метрикой, измеряющей качество классификации, опять была высока для всех классификаторов. Однако классификатор GBT продемонстрировал немного более высокую AUC.

Время, затраченное на обучение и прогнозирование, было значительно больше для классификатора GBT по сравнению с классификаторами LinearSVC и RF. Исходя из этих результатов, можно сделать вывод, что классификатор GBT показывает более высокую производительность и точность по сравнению с классификаторами LinearSVC и RF на данном dataset. Однако стоит учитывать, что классификатор GBT требует больше времени на обучение и прогнозирование. Учитывая результаты оценок для рабочей части программы использовали модель GBT.

С. Предсказательная часть

В первой части кода были получены модели, которую только что обучили на данных с помощью классификатора, если загружать сохраненную модель и векторайзер без повторного обучения на новых данных, то в результате, если данные для предсказания имеют отличия от обучающих данных, то это обычно приводит к ошибкам классификации [12]. Для решения этой проблемы надо перезагрузить данные и повторно обучив модель и векторайзер перед использованием их для предсказания.

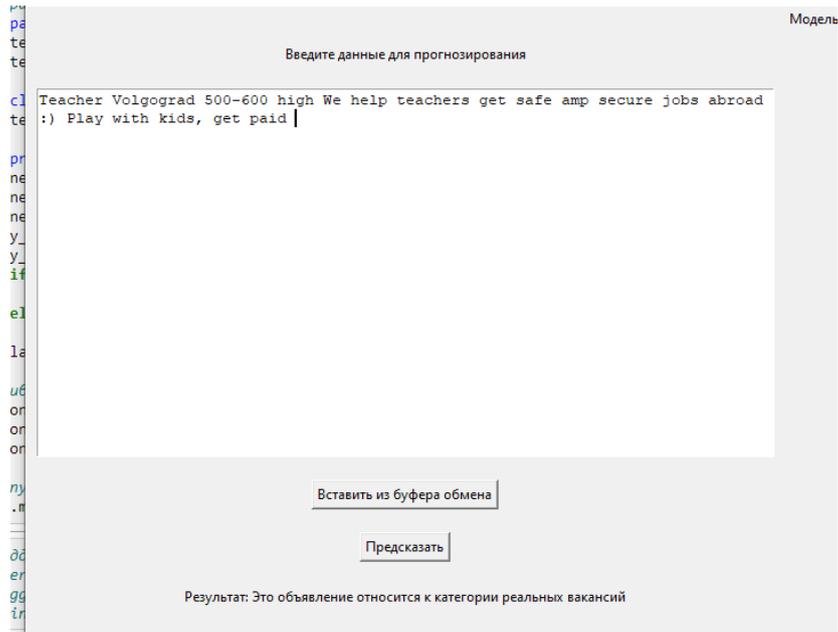


Рисунок 2 – Пример реальных объявлений / Figure 2 – Example of real ads

В коде импортируются необходимые библиотеки и создается графический интерфейс с помощью модуля tkinter. Функция predict() получает текст из виджета text_box, затем очищает его от знаков препинания и преобразует в вектор признаков с помощью сохраненного ранее объекта CountVectorizer (vect). Затем функция использует обученную модель, чтобы сделать предсказание на основе вектора признаков (рис. 2 и 3).

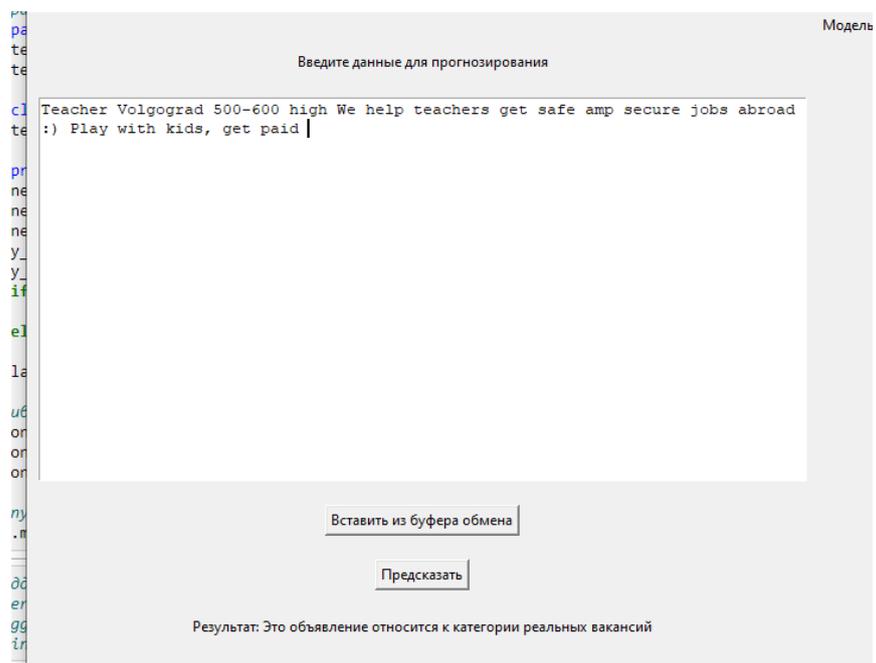


Рисунок 3 – Пример поддельных объявлений / Figure 3 – Example of fake ads

Заключение. Хотя автоматизированные системы найма, такие как ATS, предлагают многочисленные преимущества в оптимизации процесса найма, они также создают проблемы с точки зрения мошенничества при приеме на работу. Организациям необходимо знать о рисках, связанных с мошенничеством при приеме на работу и принимать упреждающие меры для снижения этих рисков.

В данной работе показатель классификатора GBT был лучше во всех компонентах метрик, которые использовались в программе. Однако время работы GBT 208.738579 в разы превышает время работы LSVC и RF (64.267132 и 71.024914, соответственно). Поэтому выбор между классификаторами может зависеть от баланса между точностью и временем выполнения в конкретной задаче.

Внедряя надежные процессы проверки, обеспечивая этичный и непредвзятое алгоритмическое проектирование, обучая менеджеров по найму, а также проводя регулярные аудиты безопасности, организации могут свести к минимуму влияние мошенничества и обеспечить справедливый и прозрачный процесс найма [14].

Проблемы при реализации кода возникли при обработке кириллице в собственном пользовательском наборе данных при обработке на платформе Apache Spark, однако, хотя задача вполне решаема и дальнейшая работа будет посвящена адаптации алгоритмов PySpark под русский алфавит.

Ссылка на код: https://github.com/GoryaevV/Job_Fraud.git

ЛИТЕРАТУРА

1. Настраиваемые рабочие процессы в облачных АТС в России. [Электронный ресурс]. URL: <https://huntflow.ru/> (дата обращения 22.08.2023).
2. Исследование рынка рекрутинговых систем: функциональность облачных ATS в России. 02.11.2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/a/578060> (дата обращения 22.08.2023).
3. Скрининг-колл с рекрутером: вопросы, которые скорее всего вам зададут [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/689564/> //разборискрининг резюмеоблачныхатсвроссии (дата обращения 22.08.2023).
4. Swetha K., Sravani K. Fake job detection using machine learning approach // Journal of Engineering Sciences. 2023. Vol. 14. Issue 02. P. 67–74.
5. Бондарчук Д. В. Выбор оптимального метода интеллектуального анализа данных для подбора вакансий // Информационные технологии моделирования и управления. 2013. № 84 (6). С. 504–513.
6. Кудрявцев Р. В. Организация деятельности по раскрытию дистанционных мошенничеств // Молодой ученый. 2019. № 24 (262). С. 218–221. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/262/60528/> (дата обращения: 14.08.2023).
7. Горяев В. М., Бурлыков В. Д., Прошкин С. Н., Лиджи-Горяев В. В., Джажнаева Е. Н. ROC-кривая и матрица путаницы как эффективное средство для оптимизации классификаторов машинного обучения // Вестник Башкирского университета. 2023. Т. 28. № 1. С. 22–28.
8. Лаборатория информационных и коммуникационных систем, Эгейский университет, Самос, Греция. Набор данных EMSCAD по мошенничеству при приеме на работу в Эгейском регионе. 2016. Доступно онлайн: <http://icsdweb.aegean.gr/emscad> (дата обращения 22.08.2023).
9. Горяев В. М., Басангова Е. О., Бембитов Д. Б., Мучкаева С. С., Сангаджиева С. В. Исследование производительности различных моделей машинного обучения при неинвазивном измерении артериального давления на основе сигналов PPG и ЭКГ // Вестник Башкирского университета. 2023. Т. 28. № 1. С. 36–44.
10. Wong Y., Kamel A. Classification of imbalanced data: a review. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence. <https://doi.org/10.1142/S0218001409007326>
11. Tabassum H, Ghosh G. Detecting Online Recruitment Fraud Using Machine Learning, 2021 9th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2021. P. 472–477. <https://doi.org/10.1109/ICoICT52021.2021.9527477>
12. Борисов Е. С. Классификатор текстов на естественном языке. [Электронный ресурс]. URL: <http://mechanoid.kiev.ua/neural-net-classifier-text.html>

13. Коэльо Л. П., Ричарт В. Построение систем машинного обучения на языке Python. 2-е издание / Пер. с англ. Слинкин А. А. М.: ДМК Пресс, 2016. 302 с.
14. Горяев В. М. Разработка методики профессионально-психологического подбора кадров в организацию с учётом аспектов информационной безопасности // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 12-2. С. 342–347.

REFERENCES

1. Customizable workflows in cloud PBX in Russia. Available from: <https://huntflow.ru/> [Accessed 22 August 2023]. (In Russ.).
2. Research of the recruiting systems market: functionality of cloud ATS in Russia. 02.11.2021. Available from: <https://www.tadviser.ru/a/578060> [Accessed 22 August 2023]. (In Russ.).
3. Screening call with a recruiter: questions that you are most likely to be asked. Available from: <https://habr.com/ru/articles/689564/> /разборискрининг знакомствблокныхатсвроссии [Accessed 22 August 2023]. (In Russ.).
4. Swetha K, Sravani K. Fake job detection using machine learning approach. Journal of Engineering Sciences. 2023;14(2):67-74.
5. Bondarchuk DV. Selecting the optimal method of data mining for job selection. Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i upravleniya = Modeling and Management of Information Technologies. 2013;84(6):504-513. (In Russ.).
6. Kudryavtsev RV. Organization of Activities to Detect Remote Frauds. Molodoi uchenyi = Young Scientist. 2019;24(262):218-221. Available from: <https://moluch.ru/archive/262/60528/> [Accessed 14 August 2023]. (In Russ.).
7. Goryaev VM, Burlykov VD, Proshkin SN, Lidzhi-Garyayev VV, et al. ROC curve and confusion matrix as an effective tool for optimizing machine learning classifiers. Vestnik Bashkirskogo universiteta = Bulletin of Bashkir University. 2023;28(1):22-28. (In Russ.).
8. Laboratory of Information and Communication Systems, University of the Aegean, Samos, Greece. EMSCAD dataset on employment fraud in the Aegean region. 2016. Available from: <http://icsdweb.aegean.gr/emscad> [Accessed 22 August 2023]. (In Russ.).
9. Goryaev VM, Basangova EO, Bembitov DB, Muchkaeva SS, et al. Study of the performance of various machine learning models in non-invasive blood pressure measurement based on PPG and ECG signals. Bulletin of Bashkir University. 2023;28(1):36-44. (In Russ.).
10. Wong Y, Kamel A. Classification of imbalanced data: a review. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence. <https://doi.org/10.1142/S0218001409007326>
11. Tabassum H, Ghosh G. Detecting Online Recruitment Fraud Using Machine Learning, 2021 9th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2021;472-477. <https://doi.org/10.1109/ICoICT52021.2021.9527477>
12. Borisov ES. Classifier of texts in natural language. Available from: <http://mechanoid.kiev.ua/neural-net-classifier-text.html> [Accessed 22 August 2023]. (In Russ.).
13. Coelho LP, Richart V. Building machine learning systems in Python. 2nd edition. Transl. from English. Slinkin AAM: DMK Press; 2016. 302 p. (In Russ.).
14. Goryaev VM. Development of a methodology for professional and psychological selection of personnel in an organization taking into account aspects of information security. Modern high technologies. 2021;(12-2):342-347. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир Викторович Лиджи-Горяев – начальник отдела «Цифровая кафедра», Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, +79371935125, vladlg@yandex.ru

Галина Алексеевна Манкаева – старший преподаватель, Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, mankaeva.galina@yandex.ru

Татьяна Борисовна Гольдварг – доцент кафедры экспериментальной физики, Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, +79093974451, tgoldvarg@bk.ru

Светлана Сангаджиевна Мучкаева – доцент кафедры алгебры и анализа, Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, +79054007024, smuchkaeva@yandex.ru

Елена Николаевна Джахнаева – старший преподаватель, Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, +79371927755, dzhakhnaeva-en@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 14.02.2025;
одобрена после рецензирования: 15.04.2025;
принята к публикации: 22.04.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vladimir V. Ligi-Goryaev – Head of the Digital Department, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, +79371935125, vladlg@yandex.ru

Galina A. Mankaeva – Senior Lecturer, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, +79061764200, mankaeva.galina@yandex.ru

Tatyana B. Goldvarg – Associate Professor of the Department of Experimental Physics, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, +79093974451, tgoldvarg@bk.ru

Svetlana S. Muchkaeva – Associate Professor of the Department of Algebra and Analysis, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, +79054007024, smuchkaeva@yandex.ru

Elena N. Dzhakhnaeva – Senior Lecturer, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, +79371927755, dzhakhnaeva-en@yandex.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted: 14.02.2025;
approved after reviewing: 15.04.2025;
accepted for publication: 22.04.2025.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ | TECHNOLOGY OF FOOD PRODUCTS

Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 63-71.
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ
ПРОДУКТОВ

Modern Science and Innovations. 2025;(1):63-71.
TECHNICAL SCIENCE
TECHNOLOGY OF FOOD PRODUCTS

Research article

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.5>



The influence of microparticulated whey proteins with polyphenols and micellar casein concentrate on quality indicators and biological value of semi-hard cheese

Anna O. Vasenina^{1*}, Georgy S. Anisimov², Aleksey D. Lodygin³

^{1, 2, 3}North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

¹ anytka2128@inbox.ru; <https://orcid.org/0009-0007-3997-6165>

² ags88@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9257-9571>

³ allodygin@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8460-2954>

* **Corresponding author:** Anna O. Vasenina, anytka2128@inbox.ru

Abstract. The aim of the research is to study the combined effect of micellar casein concentrate and whey protein microparticulate with polyphenols on the process of rennet coagulation of milk, organoleptic, physico-chemical parameters and biological value of experimental cheese samples. Cow's milk obtained from the supplier "Chapaevskoye" farm with a mass concentration of fat 3.9%, micellar casein concentrate with a ratio of casein: whey proteins 96:4, microparticulate of whey proteins with the inclusion (encapsulation) of dihydroquercetin in their structure, produced at JSC "Dairy Plant Stavropolsky" were used as research objects. The mechanism of reducing the astringency of polyphenols by whey proteins is considered. The relevance of using milk protein concentrates in cheese production is substantiated. The study of the combined effect of micellar casein concentrate and microparticulated whey proteins with the inclusion (encapsulation) of dihydroquercetin on rennet coagulation of milk is carried out. A comparative analysis of quality attributes and amino-acid score of semi-hard cheese enriched with dairy protein concentrates with "Rossijsky" cheese is given. The research results showed that the standardized dairy mixture with micellar casein concentrate and microparticulate with polyphenols is suitable for the production of rennet cheese. According to all physico-chemical parameters, the experimental sample is close to the control one. The mass fraction of protein is 0.5% higher, the mass fraction of moisture is 1.2% and the mass fraction of fat is 2.7% lower compared to the control sample. Since the control sample of "Russian" cheese has a lack of essential amino acids such as methionine and cysteine, it is concluded that the experimental cheese shows higher performance due to the presence of a microparticulate of whey proteins rich in sulfur-containing amino acids. The research results allow to conclude that cheese enriched with micellar casein concentrate and a microparticulate of whey proteins with the inclusion (encapsulation) of dihydroquercetin in their structure is characterized by stable organoleptic and physico-chemical parameters and a higher biological value compared to its counterpart, "Russian" cheese.

Keywords: micellar casein concentrate, microparticulated whey proteins, dihydroquercetin, semi-hard cheese

© Vasenina AO, Anisimov GS, Lodygin AD, 2025

For citation: Vasenina AO, Anisimov GS, Lodygin AD. The influence of microparticulated whey proteins with polyphenols and micellar casein concentrate on quality indicators and biological value of semi-hard cheese. *Modern Science and Innovations*. 2025;(1):63-71. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.5>

Научная статья
УДК 637.3.05

Влияние микропартикулята сывороточных белков с полифенолами и концентрата мицеллярного казеина на показатели качества и биологическую ценность полутвердого сыра

**Анна Олеговна Васенина^{1*}, Георгий Сергеевич Анисимов²,
Алексей Дмитриевич Лодыгин³**

^{1, 2, 3} Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

¹ anytka2128@inbox.ru; <https://orcid.org/0009-0007-3997-6165>

² ags88@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9257-9571>

³ allodygin@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8460-2954>

* **Автор, ответственный за переписку:** Анна Олеговна Васенина, anytka2128@inbox.ru

Аннотация. Целью работы является исследование совместного влияния концентрата мицеллярного казеина и микропартикулята сывороточных белков с полифенолами на процесс сычужного свёртывания молока, органолептические, физико-химические показатели и биологическую ценность опытных образцов сыра. В качестве объектов исследований использовали молоко коровье-сырьё, полученное от поставщика ООО СП «Чапаевское» с массовой долей жира 3,9%, концентрат мицеллярного казеина с соотношением казеин: сывороточные белки 96:4, микропартикулят сывороточных белков с включением (инкапсулированием) в их структуру дигидрокверцетина, произведенные на АО «Молочный комбинат «Ставропольский». Рассмотрен механизм снижения терпкости полифенолов сывороточными белками. Обоснована актуальность использования концентратов молочных белков в сыроделии. Проведено исследование совместного влияния на сычужное свёртывание молока концентрата мицеллярного казеина и микропартикулята сывороточных белков с включением (инкапсулированием) в их структуру дигидрокверцетина. Дан сравнительный анализ показателей качества и аминокислотного сора сыра, обогащенного концентратами молочных белков с «Российским» сыром. Результаты исследований показали, что нормализованная смесь с концентратом мицеллярного казеина и микропартикулятом с полифенолами пригодна для производства сычужного сыра. По всем физико-химическим показателям экспериментальный образец близок к контрольному. Массовая доля белка на 0,5% выше, массовая доля влаги на 1,2 % и массовая доля жира на 2,7 % ниже по сравнению с контрольным образцом. Поскольку контрольный образец сыра «Российский» имеет недостаток незаменимых аминокислот, таких как метионин и цистеин, сделан вывод, что опытный сыр демонстрирует более высокие показатели благодаря наличию микропартикулята сывороточных белков, богатого серосодержащими аминокислотами. Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что сыр, обогащенный концентратом мицеллярного казеина и микропартикулятом сывороточных белков с включением (инкапсулированием) в их структуру дигидрокверцетина характеризуется стабильными органолептическими и физико-химическими показателями и более высокой биологической ценностью по сравнению с аналогом – «Российским» сыром.

Ключевые слова: концентрат мицеллярного казеина, микропартикулят сывороточных белков, дигидрокверцетин, полутвердый сыр

Для цитирования: Васенина А. О., Анисимов Г. С., Лодыгин А. Д. Влияние микропартикулята сывороточных белков с полифенолами и концентрата мицеллярного казеина на показатели качества и биологическую ценность полутвердого сыра // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 63-71. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.5>

Introduction. Efforts to enrich conventional food products with biologically active substances (BAS) are necessary to meet the modern need for products that provide not only basic nutritional properties but also beneficial properties. One such ingredient is polyphenols (PP) [4].

Plant-based polyphenolic compounds are known as some of the main antioxidants in the human diet [8]. For example, dihydroquercetin, an extract of giant larch, has high antioxidant activity. Dihydroquercetin prevents autooxidation of food products and increases their shelf life. Even small amounts of dihydroquercetin help protect the body from the harmful effects of free radicals. To mask the tart and astringent taste characteristic of this compound, it must be bound or encapsulated with other components of the food system [2, 10]. In this case, PF passes "unnoticed" into the taste buds and is then released in the gastrointestinal tract (Figure 1).

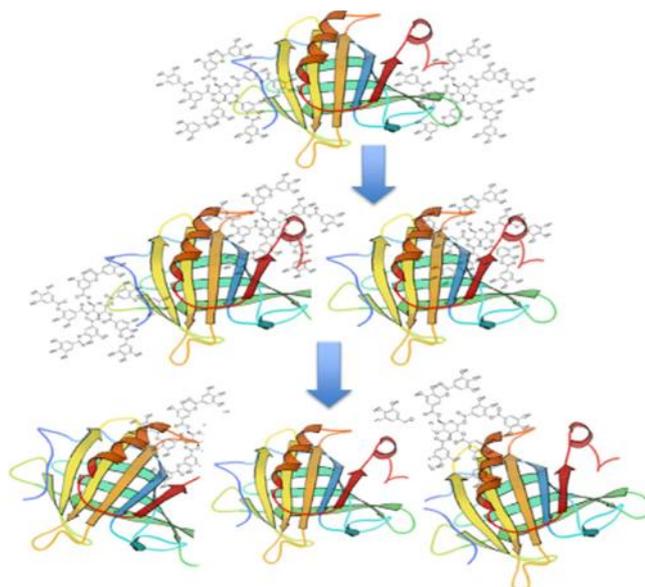


Figure 1 – Mechanism of astringency reduction by whey proteins. Hydrophobic binding, polyphenols with protein, protein crosslinking, aggregation of protein molecules

The functional properties and biological activity of protein-polyphenol complexes or conjugates depend on the nature of the proteins and polyphenols used, as well as on the type of cross-linking method used.

In the future, it will be important to be able to design complexes and conjugates with specific functional properties more rationally. This requires a better understanding of the structure-function relationships of whey protein-polyphenol complexes and conjugates so that they can be tailored for specific applications. In addition, there is growing interest in the use of innovative processing technologies such as ultrasound and high-pressure treatment to modify the structural and functional properties of these systems. Ultrasound treatment can be used to increase the solubility and thermal stability of a soy protein-cyanidin-3-galactoside conjugate, and high-pressure treatment can be used to improve the functional properties of an α -LA-pelargonidin-3-glucoside conjugate [3].

The combination of whey protein microparticles and polyphenolic compounds may lead to the creation of new products in the field of healthy nutrition. For example, for the production of functional cheeses enriched with polyphenols. Such cheeses may have improved organoleptic properties, an increased shelf life and increased biological value [5].

In cheesemaking, rennet caseins were previously used to standardize protein in normalized mixtures, and, less commonly, dry milk; currently, milk protein concentrates (MPCs) are most often used. The structure of casein in micellar casein concentrate (MCC) is comparable to that in

MPC, but the main difference between them is the presence of a larger amount of whey protein in the latter.

The aim of the work is to study the combined effect of micellar casein concentrate and microparticulate whey proteins with polyphenols on the process of rennet coagulation of milk, organoleptic, physicochemical indicators and biological value of experimental cheese samples.

Materials and research methods. The objects of the research were raw cow's milk obtained from the supplier OOO SP Chapaevskoye with a fat mass fraction of 3.9%, micellar casein concentrate with a casein: whey protein ratio of 96:4, microparticulate whey proteins with the inclusion (encapsulation) of dihydroquercetin in their structure, produced at JSC Dairy Plant Stavropolsky.

The introduction of whey protein microparticles with the inclusion (encapsulation) of dihydroquercetin into their structure into cheese-ready milk was carried out on the basis of regulatory documents - MR 2.3.1.1915-04 "Recommended levels of consumption of food and biologically active substances", MR 2.3.1.0253-21 "Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation". The dose of introducing microparticles with PF into milk for cheese production was selected at 0.3% by weight, which will provide 20% of the adequate intake level (AIL) when consuming 100 g of the product, since the AIL of flavonols, which include dihydroquercetin, for adults is 30 mg / day [6, 7]. Thus, per 1 liter of milk, 3 g of whey protein microparticulates with the inclusion (encapsulation) of dihydroquercetin in their structure were added to 1 experimental sample.

Milk was normalized for protein by adding micellar casein concentrate with a casein: whey protein ratio of 96:4. The calculation of the introduction of micellar casein concentrates was carried out based on the material balance equation, in this case, the protein balance [1]. Thus, 7 g of micellar casein concentrate were introduced per 1 liter of milk. To obtain a cheese curd, the normalized mixture was weighed, then heated to $(32 \pm 1) ^\circ\text{C}$ and 1 g of a 2% rennet solution was introduced. After introducing the enzyme, the time was noted. The readiness of the curd was determined, a cut was made with a spatula, then the curd was lifted along the cut with its flat part.

Research results and their discussion. The research involved milk with a fat content of 3.9%, micellar casein concentrate with a casein:whey protein ratio of 96:4, and whey protein microparticles with dihydroquercetin included (encapsulated) in their structure.

The results are presented in tables 1,2.

Addition of micellar casein concentrate with a casein:whey protein ratio of 96:4 to cheese-ready milk % and KSB-UF-55 "Microparticulate" with inclusion in the structure of proteins (encapsulation) of biologically active substances, for which dihydroquercetin was selected, allowed to evaluate the physicochemical parameters of the normalized mixture. The control sample was normalized by ultrafiltration. The results are given in Table 3.

The mass fraction of fat in the control sample is slightly higher, since normalization was carried out by ultrafiltration.

Technological indicators of rennet and whey are presented in Table 4.

Table 1 – Physicochemical parameters of the raw milk used

Indicators	Raw milk
Titrate acidity, °T	16.0 ± 0.5
Active acidity, pH units	6.85 ± 0.02
Mass fraction of protein, %	3.42 ± 0.5
Mass fraction of fat, %	3.94 ± 0.1
Mass fraction of dry matter, %	12.94±0.2
Lactose	4.87 ± 0.01
Freezing point	0.53 ± 0.02

Table 2 – Physicochemical parameters of micellar casein concentrate and whey protein microparticles

Name of the indicator	Samples	
	KMK 96 :4	MPC-DHA
Titrate acidity, °T	11.5 ± 1.0	15 ± 1.0

Active acidity, pH units	6.99 ± 0.02	6.52 ± 0.02
Mass fraction of protein, %	75 ± 0.22	55 ± 0.2
Mass fraction of fat, %	1 ± 0.5	2.5 ± 0.5
Mass fraction of moisture, %	4.7 ± 0.20	2.4 ± 0.2
Ash content, %	7.10 ± 0.05	3.0 ± 0.04
Mass fraction of lactose, %	10.06 ± 0.1	4.68 ± 0.23
Solubility index, cm ³ of wet sediment	0.05 ± 0.5	0.5 ± 0.5
Purity group	1	1
Calculated DHA content, mg%	-	175 ± 0.5

Table 3 – Physicochemical parameters of the normalized mixture

Name of the indicator	Normalized mixture	Control
	Experimental sample	
Titratable acidity, °T	16.5 ± 0.5	16.0 ± 0.5
Active acidity, pH units	6.82 ± 0.02	6.85 ± 0.02
Mass fraction of protein, %	4.25 ± 0.05	4.20 ± 0.05
Mass fraction of fat, %	4.10 ± 0.1	4.20 ± 0.1
Mass fraction of dry matter, %	13.58 ± 0.2	12.94 ± 0.2
Lactose	$4,95 \pm 0.01$	4.87 ± 0.01

Table 4 – Technological indicators of rennet and whey

Samples	Coagulation time, min	Clot density, units	Condition of casein clot	Appearance of the serum
Control	30	Dense, 8	A clot with a smooth surface, dense	Transparent, greenish-yellow, without visible particles of casein dust
Experimental sample	32	Dense, 7	A clot with a smooth surface, dense	Whitish, without visible casein dust particles

The experimental sample took a little longer to form a clot, the whitish whitish whitish whitish whitish whitish whey, the clot less dense than the control whey. The physicochemical parameters of the whey are presented in Table 5.

Table 5 – Physicochemical parameters of serum

Name of the indicator	Experimental sample	Control
Titratable acidity, °T	12.5 ± 0.5	12.5 ± 0.5
Active acidity, pH units	6.57 ± 0.05	6.55 ± 0.05
Mass fraction of dry matter, %	6.4 ± 0.2	6.2 ± 0.2
Density at 20 °C, kg/m ³	1023 ± 1	1021 ± 1
Mass fraction of fat, %	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1
Mass fraction of protein, %	1.11 ± 0.05	1.0 ± 0.5

In all respects, the experimental sample is close to the control one.

Studies have shown that a normalized mixture with micellar casein concentrate and microparticulate matter with polyphenols is suitable for the production of rennet cheese.

The studies of the physicochemical characteristics of the finished product were carried out using standard, generally accepted methods. A comparison of the organoleptic indicators of cheese enriched with micellar casein concentrate and whey protein microparticulate with the inclusion (encapsulation) of dihydroquercetin in their structure was carried out with "Rossiysky" cheese (Table 6).

Table 6 – Organoleptic characteristics of experimental and control cheese samples

Name of the indicator	Prototype	Control sample
Appearance	The crust is clean, smooth, without damage.	The crust is clean, smooth, without a thick subcortical layer, without damage
Taste and smell	Cheesy, creamy, without any foreign tastes or odors.	Cheesy, slightly sour, without any foreign tastes or smells.
Consistency	The dough is tender, flexible, and homogeneous throughout.	The dough is plastic and homogeneous throughout.
Drawing	The cross-section shows a uniformly distributed pattern consisting of irregular, angular and slit-shaped eyes.	The cross-section shows a uniformly distributed pattern consisting of irregular, angular and slit-shaped eyes.
Dough color	Yellow with a slight green tint, uniform throughout the mass	Yellow, uniform throughout the mass

The experimental sample had a creamier taste and a more delicate dough consistency compared to the control sample.

The results of the study of the physicochemical quality indicators of the control and experimental cheese samples are presented in Table 7.

Table 7 – Results of the study of physicochemical quality indicators of control and experimental cheese samples

Physicochemical parameters	The value of the indicator for ND	Test results	
		Prototype	Control sample
Mass fraction of fat, %	-	30.4 ± 0.8	33.1 ± 0.8
Mass fraction of fat in terms of dry matter, %	not less than 1	47.2	50.5
Mass fraction of protein, %	-	29.8 ± 0.5	28.3 ± 0.5
Mass fraction of moisture, %	no more than 43	35.6 ± 0.2	34.4 ± 0.2
Mass fraction of moisture in defatted substance, %	-	51.1	51.4

The physicochemical parameters of the experimental sample are close to the control sample. The protein mass fraction is 0.5% higher, the moisture mass fraction is 1.2% lower, and the fat mass fraction is 2.7% lower compared to the control sample.

The biological value of a product is determined by the amino acid composition of the protein and its digestibility and is characterized by such an indicator as the amino acid score, which indicates the significance of each essential amino acid separately in the object [3] (Figure 2).

The data indicate an excess of amino acids phenylalanine + tyrosine. Since the control sample of cheese "Rossiyskiy" has a deficiency of essential amino acids, such as methionine and cysteine, it can be concluded that the experimental cheese has higher indicators due to the microparticulate whey proteins, as it is rich in sulfur-containing amino acids. Amino acids methionine and cysteine play important physiological roles. Thus, cysteine has the ability to affect the oxidation-reduction potential of the system and has a destructive effect on lipids and proteins.

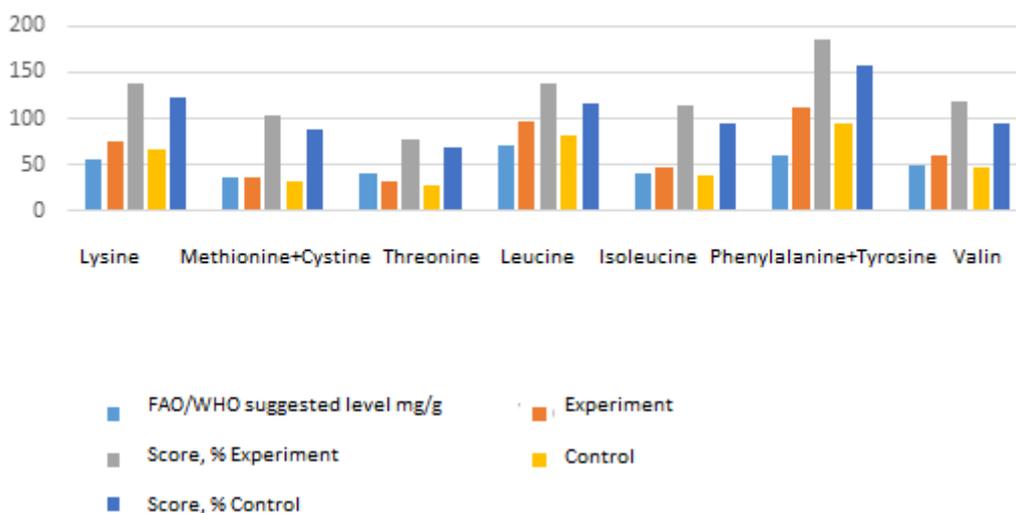


Figure 2 – Amino acid score of experimental and control cheese compared to FAO/WHO protein (mg/g protein)

In the presence of cysteine, the body's resistance to ionizing radiation increases. Methionine is involved in the synthesis of glycerophospholipids, which are part of biological cell membranes, and it is also necessary for the regeneration of liver cells. The limiting amino acid is threonine.

Conclusion. The results of the research allow us to conclude that cheese enriched with micellar casein concentrate and whey protein microparticulate with the inclusion (encapsulation) of dihydroquercetin in their structure is characterized by stable organoleptic and physicochemical indicators and a higher biological value compared to its analogue, “Rossiysky” cheese.

REFERENCES

1. Gorbatova KK, Gunkova PI. Chemistry and physics of milk and dairy products: textbook. St. Petersburg: GIORД; 2014. 336 p. (In Russ.).
2. Guo Y, Harris P, Pastrana L, Jauregi P. Characterisation of β -lactoglobulin nanoparticles and their binding to caffeine. *Food Hydrocolloids*. 2017;71:85-93.
3. Dymar OV. Technological aspects of the use of whey protein microparticles in the production of dairy products. *Dairy Industry*. 2014;(6):19-21. (In Russ.).
4. Melnikova EI, Stanislavskaya EB. Use of whey protein microparticles in the technology of semi-hard cheeses. *SPFP*;2019(4):129-140. (In Russ.).
5. Melnikova EI, Stanislavskaya EB, Bogdanova EV, Shabalova ED. Micellar Casein Production and Application in Dairy Protein Industry. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2022;52(3):592-601. (In Russ.).
6. Methodical recommendations MR 2.3.1.1915-04 "Recommended levels of consumption of food and biologically active substances". Moscow; 2004. 41 p. (In Russ.).
7. Methodical recommendations MR 2.3.1.0253-21 "Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation". Moscow. 2021. 30 p. (In Russ.).
8. Ostroumov LA, Azolkina LN. Processed cheeses with vegetable raw materials. *Cheese and butter making*. 2007;(5):14. (In Russ.).
9. Nechaev AP, Traubenberg SE, Kochetkova AA, Kolpakova VV, Vitol IS, Kobeleva IB. Food chemistry: textbook for universities; edited by AP Nechaev. St. Petersburg: GIORД; 2001. P. 592.
10. Rozdova VF. Vegetable proteins in the composition of processed cheese products. *Cheese- and butter making*. 2009;(3):36. (In Russ.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбатова К. К., Гунькова П. И. Химия и физика молока и молочных продуктов: учебник. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2014. 336 с.
2. Guo Y., Harris P., Pastrana, L., Jauregi P. Characterisation of β -lactoglobulin nanoparticles and their binding to caffeine. Food Hydrocolloids. 2017. Vol. 71. P. 85–93.
3. Дымар О. В. Технологические аспекты использования микропартикулятов сывороточных белков при производстве молочных продуктов // Молочная промышленность. 2014. № 6. С. 19–21.
4. Мельникова Е. И., Станиславская Е. Б. Применение микропартикулята сывороточных белков в технологии полутвердых сыров // ХИПС. 2019. № 4. С. 129–140.
5. Мельникова Е. И., Богданова Е. В., Станиславская Е. Б., Е. Д. Шабалова Е. Д. Особенности получения и применения мицеллярного казеина в технологии молокоемких белковых продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 3. С. 592–601.
6. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ». М, 2004. 41 с.
7. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». М. 2021. 30 с.
8. Остроумов Л. А., Азолкина Л. Н. Плавленные сыры с растительным сырьем // Сыроделие и маслоделие. 2007. № 5. С. 14.
9. Нечаев А. П., Траубенберг С. Е., Кочеткова А. А., Колпакова В. В., Витол И. С., Кобелева И. Б. Пищевая химия: учебник для вузов; под ред. А.П. Нечаева. СПб.: ГИОРД, 2001. С. 592.
10. Роздова В. Ф. Растительные белки в составе плавленных сырных продуктов // Сыроделие и маслоделие. 2009. № 3. С. 36.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anna O. Vasenina – Engineer of the Center for Biotechnological Engineering, North-Caucasus Federal University, +79283536450, anytka2128@inbox.ru

Georgy S. Anisimov – Cand. Sci. (Techn.), Director of the Center for Biotechnological Engineering, North-Caucasus Federal University, +79624478425, ags88@mail.ru

Aleksey D. Lodygin – Dr. Sci. (Techn.), Associate Professor, Head of the Department of Applied Biotechnology, Chief Researcher of the Research Laboratory of Food and Industrial Biotechnology, Faculty of Food Engineering and Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov, North-Caucasus Federal University, +79288263918, allodygin@yandex.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: one of the authors AD Lodygin, Dr. Sci. (Techn.), Associate Professor, is a member of the Editorial Board of the journal "Modern Science and Innovations". The authors are unaware of any other potential conflict of interest related to this manuscript.

The article was submitted: 09.01.2025;

approved after reviewing: 21.03.2025;

accepted for publication: 28.03.2025.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Анна Олеговна Васенина – инженер Центра биотехнологического инжиниринга, Северо-Кавказский федеральный университет, anytka2128@inbox.ru.

Георгий Сергеевич Анисимов – кандидат технических наук, директор Центра биотехнологического инжиниринга, Северо-Кавказский федеральный университет, ags88@mail.ru

Алексей Дмитриевич Лодыгин – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной биотехнологии, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории пищевой и промышленной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова, Северо-Кавказский федеральный университет, allodygin@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: один из авторов статьи – доктор технических наук, доцент А. Д. Лодыгин является членом редакционной коллегии журнала «Современная наука и инновации». Авторам неизвестно о каком-либо другом потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью.

Статья поступила в редакцию: 09.01.2025;
одобрена после рецензирования: 21.03.2025;
принята к публикации: 28.03.2025.

Научная статья

УДК 664.6

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.6>

Оценка влияния фитокомпозиции на сенсорные характеристики хлебобулочных изделий

Оксана Валерьевна Павлова^{1*}, Анастасия Сергеевна Кучер²,
Валерия Николаевна Оробинская³

^{1,2} Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь

³ Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорский институт (филиал), г. Пятигорск, Россия

¹ pavlova@grsu.by

² kucher_as@grsu.by

³ orobinskaya.val@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0320-0556>

* Автор, ответственный за переписку: Оксана Валерьевна Павлова, pavlova@grsu.by

Аннотация. Одним из актуальных направлений в производстве обогащенных продуктов питания является замена в рецептуре хлебобулочных изделий пшеничной муки другими видами сырья. Проведено исследование влияния фитокомпозиции на основе плодов кизила и вторичного сырья яблок и тыквы на органолептические показатели качества образцов хлеба. В рецептуре осуществлялась замена части пшеничной муки на фитокомпозицию в количестве 5-20%. Количество других ингредиентов в рецептуре оставалось неизменным. Показана сравнительная оценка сенсорных показателей качества в обогащенных и контрольном образцах. Применение растительной добавки, полученной по технологии сушка-измельчение, в качестве нетрадиционного компонента хлебобулочных изделий позволяет получить продукт с приемлемыми органолептическими свойствами. Исследования влияния замены муки пшеничной на органолептические показатели обогащенного хлеба позволяют сделать вывод о выраженном влиянии вносимой добавки на внешний вид, цвет и состояние мякиша. Лучшим оказался образец с заменой муки на растительную композицию в количестве 10%.

Ключевые слова: кизил, яблоко, тыква, фитокомпозиция, хлебобулочные изделия, органолептический анализ

Для цитирования: Павлова О. В., Кучер А. С., Оробинская В. Н. Оценка влияния фитокомпозиции на сенсорные характеристики хлебобулочных изделий // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 72-81. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.6>

Research article

Assessment of the influence of phytocomposition on the sensory characteristics of bakery products

Oksana V. Pavlova^{1*}, Anastasia S. Kucher², Valeria N. Orobinskaya³

^{1,2} Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus

³ North-Caucasus Federal University, Pyatigorsk Institute (branch), Pyatigorsk, Russia

¹ pavlova@grsu.by

² kucher_as@grsu.by

³ orobinskaya.val@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0320-0556>

* Corresponding author: Oksana V. Pavlova, pavlova@grsu.by

© Павлова О. В., Кучер А. С., Оробинская В. Н., 2025

Abstract. One of the current trends in the production of fortified food products is the replacement of wheat flour with other types of raw materials in the recipe for bakery products. A study was conducted to study the effect of a phytocomposition based on dogwood fruits and secondary raw materials of apples and pumpkin on the organoleptic quality indicators of bread samples. In the recipe, part of the wheat flour was replaced with a phytocomposition in the amount of 5-20%. The amount of other ingredients in the recipe remained unchanged. A comparative assessment of the sensory quality indicators in fortified and control samples is shown. The use of a plant additive obtained by drying and grinding technology as a non-traditional component of bakery products allows you to get a product with acceptable organoleptic properties. Studies of the effect of replacing wheat flour on the organoleptic indicators of fortified bread allow us to conclude that the additive has a pronounced effect on the appearance, color and condition of the crumb. The best sample was the one with flour replaced with a plant composition in the amount of 10%.

Keywords: dogwood, apple, pumpkin, phytocomposition, bakery products, organoleptic analysis

For citation: Pavlova OV, Kucher AS, Orobinskaya VN. Assessment of the influence of phytocomposition on the sensory characteristics of bakery products. *Modern Science and Innovations*. 2025;(1):72-85. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.6>

Введение. По данным исследования Euromonitor International в Республике Беларусь меняется размер рынка и потребление хлебобулочных изделий. В условиях современного рынка наблюдается тенденция к увеличению спроса на продукты, обогащённые полезными веществами, витаминами, минералами и другими ценными компонентами. В Республике Беларусь эта тенденция быстро набирает обороты, и уже можно заметить рост интереса потребителей к здоровым продуктам. Этот тренд будет только усиливаться по мере роста располагаемого дохода населения, поскольку здоровые продукты, как правило, относятся к более дорогим или премиальным категориям. Ещё одним перспективным направлением является производство хлебобулочных изделий, обогащённых биологически активными соединениями селективного действия. Рынок обогащенных продуктов питания – специфический и гибкий сегмент пищевой промышленности, который активно развивается и ежегодно увеличивается на 15-20%. В Республике Беларусь наиболее активно осуществляется производство нескольких групп обогащенных продуктов: зерновые, включая хлебобулочных и экструзионные изделия, молочные продукты, фруктово-овощные продукты и безалкогольные напитки.

На сегодняшний день доминирующим продуктом, используемым в технологии производства обогащенных изделий, является хлеб. Это обусловлено частотой потребления (занимает второе место по частоте потребления после молочных продуктов), питательной ценностью, низкой себестоимостью и простотой технологии приготовления. Также необходимо отметить, что наиболее перспективным направлением в области создания обогащенных хлебобулочных изделий является использование поликомпонентных добавок растительного происхождения. Подобные решения способствуют получению не только обогащенных макро- и микронутриентами изделий, но и формированию необходимых физико-химических характеристик, позволяющих повысить качество изделий [1].

Кизил (*лат. Córnuѕ mas*) – это растение семейства Кизиловые со съедобными плодами костянообразного типа, цвет которых варьируется от желтого до розового, красного и почти черного. Темноокрашенные плоды кизила являются источником антоцианов, выполняющих защитную функцию в организме человека. Многочисленные исследования подтверждают мощное антиоксидантное действие антоцианов кизила, что обуславливает противораковые и защитные эффекты. Кроме того, они обладают антигликемическими, антигиперлипидемическими, противовоспалительными и антимикробными свойствами *Cornus mas* L. - одно из самых ценных плодовых растений с гипогликемическим потенциалом [2].

Плоды *Cornus mas* оказывают сильное ингибирующее действие на экзокринные ферменты, отвечающие за расщепление сложных углеводов (α -амилазу и α -глюкозидазу)

на легкоусвояемые простые сахара [9,10]. Ингибирование этих ферментов ограничивает всасывание простых сахаров, способствуя гипогликемическому эффекту, но не влияет на внутриклеточные метаболические процессы. Ранние стадии развития сахарного диабета (СД) характеризуются повышенной выработкой кислородных радикалов, что приводит к более значительному окислительному стрессу, что вызывает повреждение β -клеток поджелудочной железы и приводит к недостаточной выработке инсулина.

Чрезмерная выработка кислородных радикалов сохраняется на протяжении всего развития заболевания, способствуя прогрессированию СД с течением времени.

Повышенное количество кислородных радикалов вызывает гликирование белков, определяя основные метаболические изменения, возникающие в результате СД [1,2]. Благодаря высокому содержанию полифенолов плоды *Cornus mas* обладают высоким антиоксидантным потенциалом, снижая окислительный стресс и уменьшая, и предотвращая каскад неблагоприятных симптомов, возникающих в ходе развития заболевания [1,2].

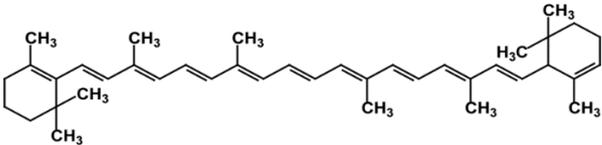
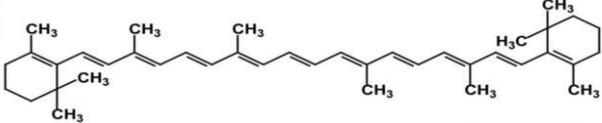
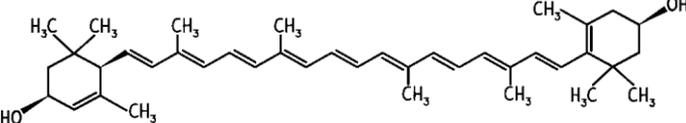
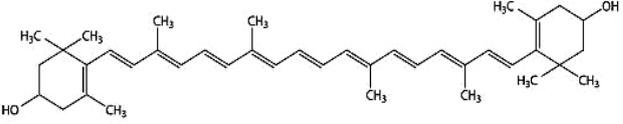
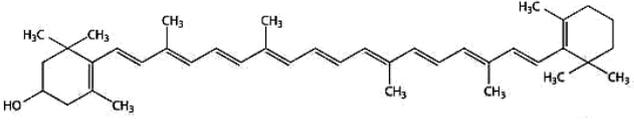
Плоды *Cornus mas* также содержат иридоиды, которые могут влиять на метаболизм инсулина. Логанин и логановая кислота снижают внутриглазное давление [1,2], защищают от аутоиммунных заболеваний [1,2], помогают уменьшить воспаление [1,2] и защищают кровеносные сосуды, учитывая, что при СД пациенты часто сталкиваются с глаукомой, которая является результатом повреждения зрительного нерва, вызванного высоким внутриглазным давлением. Кроме того, в ходе заболевания часто возникают проблемы с венозной системой, что является вторичным следствием избыточного веса и недостаточной физической активности, вызывая отёки конечностей и лимфатические отёки.

Важным аспектом СД является обширное воспаление, возникающее в результате нарушения углеводного обмена доказано влияние иридоидов на метаболизм глюкозы, и могут устранять потенциальные вторичные симптомы, возникающие в рамках многоуровневой реакции. *Cornus mas* подавляют липазу оказывая положительное влияние на липидный профиль и подавление воспаления кровеносных сосудов. *Cornus mas* благотворно влияет на экспрессию генов рецепторов, активируемых пролифератором пероксисом (PPAR), которые действуют как факторы транскрипции для генов, участвующих в метаболизме и воспалении.

Тыква (лат. *Cucurbita*) – одно- или многолетнее травянистое растение, бахчевая культура семейства Тыквенные. *Cucurbita L.* - это овощная культура семейства Тыквенные, также известного как семейство Тыквенные-Кабачковые, насчитывающего 130 родов и 800 видов. *Cucurbita* родом из Латинской Америки и выращивается в Европе уже более 500 лет. Род *Cucurbita* включает пять одомашненных видов (*Cucurbita argyrosperma*, *Cucurbita ficifolia*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* и *Cucurbita pepo*), из которых *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima* и *Cucurbita pepo* являются наиболее экономически важными видами, культивируемыми во всем мире [3] и широко используются в пищевой промышленности для коммерческого производства тыквенного пирога, муки, растительного масла, семян в качестве закусок, хлеба, печенье, десерты, хлопья, мороженое, блины, пудинги, тыквенное масло, салаты, супы и начинки [3]. Помимо различных видов тыквы, существует множество сортов, которые отличаются от других видов химическим составом, цветом, формой и, в зависимости от агроклиматических условий, агротехническими приёмами. Однако, несмотря на некоторые различия между сортами, все части растения тыквы, то есть плоды, цветы, листья, корни, стебли и семена, съедобны. Данный продукт является одним из ценных источников биологически активных соединений, используемых в производстве функциональных и специализированных продуктов питания. Наиболее значимыми природными веществами, содержащимися в тыкве, являются каротиноиды, фенольные соединения, витамины, минералы, полисахариды, пектины, пищевые волокна, токоферолы, фитостерины, эфирные масла, белки, пептиды и аминокислоты [3].

Каротиноиды делятся на две основные группы: каротины и ксантофиллы. Выявлено более 700 природных каротиноидов, α - и β -каротин, ликопин, лютеин, зеаксантин и β -криптоксантин являются наиболее распространёнными.

Таблица 1 – Структурные химические формулы каротиноидов /
Table 1 – Structural chemical formulas of carotenoids

Составное Тривиальное имя	Эмпирическая формула	Структура
α -каротин	$C_{40}H_{56}$	
β -каротин	$C_{40}H_{56}$	
Лютеин	$C_{40}H_{56}O_2$	
Зеаксантин	$C_{40}H_{56}O_2$	
β -Криптоксантин	$C_{40}H_{56}O$	

Перечисленный спектр биологически активных веществ характеризует противомикробные, противораковые, антиоксидантные, кардиопротекторные и противовоспалительные свойства тыквы.

Яблоко (*лат. Pomum*) – многосемянный нераскрывающийся плод, характерный для растений подсемейства Яблоневые семейства Розовые. Данный продукт является источником биоактивных веществ, оказывающих защитное действие против сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, характеризующихся антиоксидантными, противовоспалительными, антиапоптотическими, антиинвазивными и метастазирующими свойствами [4].

Цель исследования. В работе будут исследованы сенсорные характеристики хлебобулочного изделия с применением в качестве рецептурного компонента фитокомпозиции на основе плодов кизила и вторичных ресурсов переработки тыквы и яблока.

Материалы и методы исследований. Для получения фитокомпозиции плоды кизила и вторичное сырье яблок и тыквы получали по технологии сушка-измельчение. Выжимки тыквы и яблок высушивали до влажности 10%, а выжимки кизила до 15%. Сушку

продуктов осуществляли с использованием инфракрасного излучения [5] до достижения необходимой влажности [6]. Затем продукты измельчали до фракций 160-0 мкм.

Хлебобулочные изделия вырабатывались в соответствии с требованиями технического регламента ТР ТС 021/2011 [7], с соблюдением санитарных норм и правил [8], рецептур и технологических инструкций. Отбор и подготовку проб для проведения исследований проводили согласно СТБ 2160-2011 [9] не ранее чем через 3 ч после выемки из печи. Органолептическая оценка выпеченных изделий проводилась по ГОСТ 27669-88 [10]. Уровни качества хлебобулочных изделий оценивались по внешнему виду (форме, состоянию поверхности), цвету (окраске корки), характеру пористости (крупности и равномерности пор, толщине стенок пор), цвету мякиша, запаху, вкусу, разжевываемости.

Результаты исследований и их обсуждение. При разработке фитокомпозиции порошки кизила, яблока и тыквы смешивали в соотношении 1:9:12, соответственно (рис. 1). Показатели качества фитокомпозиции представлены в таблицах 1 и 2.



Рисунок 1 – Фитокомпозиция на основе плодов кизила и вторичного сырья яблок и тыквы / Figure 1 – Phytocomposition based on dogwood fruits and secondary raw materials of apples and pumpkins

Таблица 1 – Органолептические показатели качества фитокомпозиции / Table 1 – Organoleptic quality indicators of the phytocomposition

Показатель	Характеристика	Требования по ТУ 10.39.25-002-01067733-2017 [11]
Внешний вид	Тонкоизмельченный сыпучий порошок без посторонних и крупных включений	Тонкоизмельченный сыпучий порошок без посторонних и крупных включений
Цвет	Темно-оранжевый, песочный	Яблока - от светло-кремового до светло-желтого; кизила - бурый с красноватым оттенком; тыквы - оранжевый
Вкус и запах	С преобладающим вкусом и запахом сушеного яблока, без посторонних привкусов и запахов	Свойственный вкусу и запаху сушеных яблока, кизила и тыквы, без посторонних привкусов и запахов

Таблица 2 – Физико-химические показатели качества фитокомпозиции / Table 2 – Physicochemical quality indicators of the phytocomposition

Показатель	Характеристика	Требования по ТУ 10.39.25-002-01067733-2017 [11]
Массовая доля влаги, %	9,0-9,8	Не более 20,0
Массовая доля металлопримесей, мг/1кг продукта	Отсутствуют	Не более 0,0003
Минеральные примеси	Отсутствуют	Не допускаются
Посторонние примеси	Отсутствуют	Не допускаются

Из анализа данных таблиц 1 и 2 видно, что фитокомпозиция соответствует предъявляемым требованиям.

Для изучения влияния дозировки фитокомпозиции на качество хлебобулочных изделий в лабораторных условиях осуществляли выработку опытных образцов в соответствии с технологической схемой, представленной на рисунке 2. Образцы готовили безопасным способом, затем его разделяли на тестовые заготовки, которые растаивали в расстоечном шкафу, а затем тестовые заготовки выпекали в конвекционной печи.

Растительную добавку вносили в количестве 5-20 % к массе муки. За контрольную рецептуру была принята рецептура хлеба из пшеничной муки высшего сорта: мука пшеничная – 4660 г, закваска сухая пшеничная – 1285 г, дрожжи инстантные – 49 г, соль пищевая – 125 г.

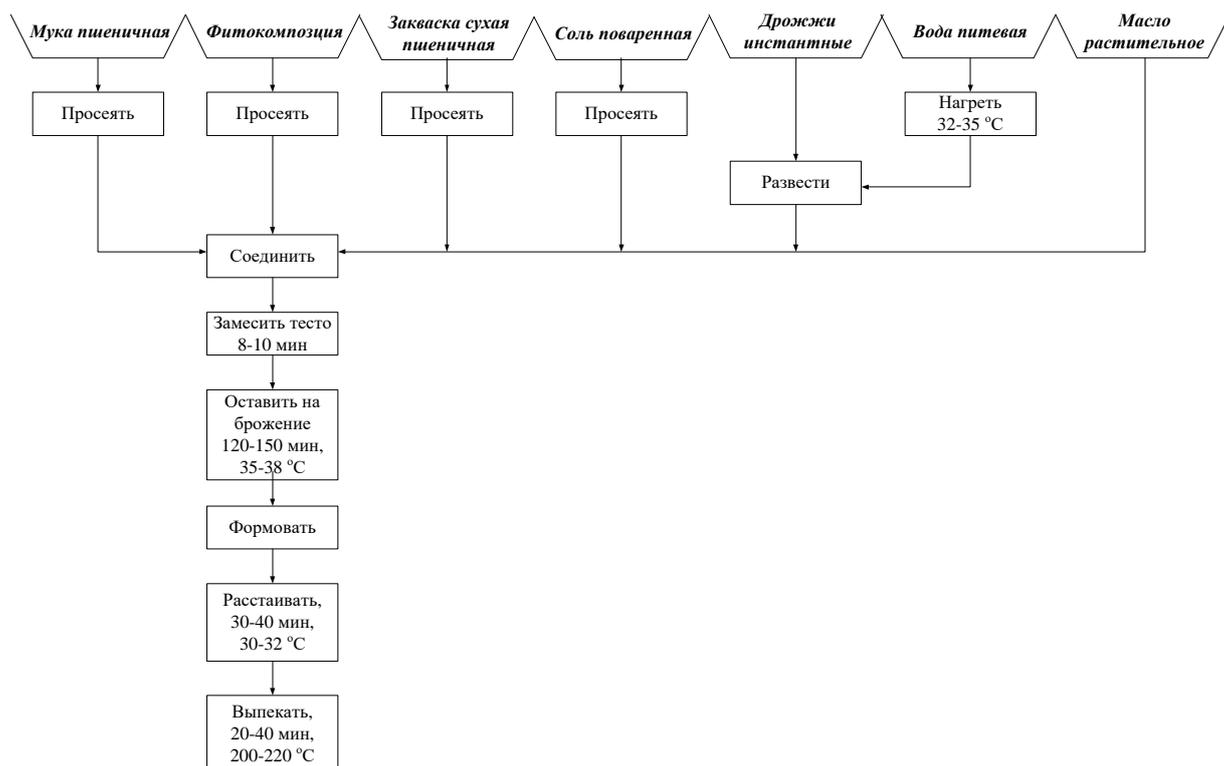


Рисунок 2 – Технологическая схема производства обогащенных хлебобулочных изделий / Figure 2 – Flow chart of enriched bakery products production

Ключевыми потребительскими свойствами хлебобулочных изделий являются органолептические: внешний вид (форма изделия и поверхность), цвет, состояние мякиша (пропечённость, промес, пористость), вкус и запах.

Внешний вид хлеба определяли путем его осмотра. При этом оценивались цвет корки, состояние поверхности, правильность и симметричность его формы. Для оценки состояния корки обращали внимание на ее поверхность (ровная, неровная, гладкая, бугристая, с подрывами, с трещинами, со вздутиями), а также на правильность формы (плоская, вогнутая, выпуклая).

При оценке состояния мякиша изделия предварительно разрезали на две равные части, при этом обращая внимание на цвет мякиша (белый, серый или темный) и его оттенки (сероватый, желтоватый, желтый и т.д.). Также оценивали пористость, эластичность, промес и пропеченность мякиша, равномерность его окраски.

Вкус хлеба определяли, разжевывая мякиш, при этом обращая внимание на наличие не свойственного данному хлебобулочному изделию вкуса. При оценке аромата изделий устанавливали наличие или отсутствие несвойственных, посторонних и неприятных запахов.

Исследуемые органолептические показатели качества и их характеристики для опытных образцов хлеба приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние фитокомпозиции на органолептические показатели качества хлебобулочных изделий / Table 3 – Effect of phytocomposition on organoleptic quality indicators of bakery products

Наименование показателя	Значение показателя				
	контроль	Дозировка фитокомпозиции (% к массе муки)			
		5	10	15	20
Правильность формы	Форма правильная, без вмятин, с ровными краями		Расплывчатая, на поверхности имеются трещины		
Окраска корки	Светло-желтая с золотистым оттенком	Светло-коричневая		Коричневая, темноокрашенная	
Состояние поверхности корки	Без трещин и надрывов, равномерная		Имеются незначительные трещины, равномерная	Трещины на поверхности	Неравномерная, с трещинами
Цвет мякиша	Бледный, белый	Светло-коричневый	Светло-коричневый	Коричневый	Коричневый
Структура пористости	Развитая, без пустот и уплотнений				Слаборазвитая, имеются уплотнения
Запах, вкус	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха		Свойственный данному виду изделия, с легким привкусом яблока	С привкусом яблока, кисловатый	Горьковатый привкус, посторонний запах

Органолептические свойства образцов хлебобулочных изделий также оценивали по 5-ти бальной шкале, наглядно результаты оценки представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Влияние фитокомпозиции на органолептические показатели качества хлебобулочных изделий / Figure 3 – Effect of phytocomposition on organoleptic quality indicators of bakery products

Установлено, что лучшими сенсорными характеристиками обладает образец, содержащий 10% добавки от массы муки пшеничной. Более высокие дозировки фитокомпозиции способствуют ухудшению органолептических показателей качества. Также необходимо отметить, что обогащенные изделия в сравнении с контрольным образцом приобретали более темную окраску мякиша и корки (рисунок 4), что объясняется присутствием в добавке естественно окрашенных соединений – каротиноидов.

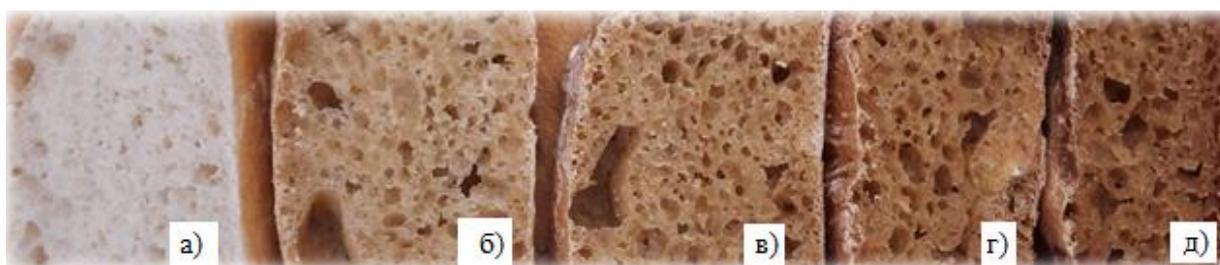


Рисунок 4 – Состояние окраски мякиша хлебобулочных изделий:
 а) контроль, б) замена 5% муки, в) замена 10% муки, г) замена 15% муки, д) замена 20% муки / **Figure 4 – Condition of colouring of the crumb of bakery products: a) control, b) replacement of 5% flour, c) replacement of 10% flour, d) replacement of 15% flour, e) replacement of 20% flour**

Результаты органолептического анализа опытных хлеба показали существенную разницу во внешнем виде: лучшими характеристиками обладают образцы, содержание 5 и 10% фитокомпозиции от массы муки пшеничной. При этом ключевые сенсорные параметры – вкус и аромат – не существенной разницы в изделиях, за исключением образцов с включением 15 и 20% добавки. Следовательно, можно сделать вывод, что замена муки на фитокомпозицию в хлебобулочных изделиях в этих диапазонах 5-10% не окажет значительного влияния на их запах и вкус. Также оценка состояния мякиша, внешнего вида и пористости хлеба показывают, что образцы с меньшим содержанием разработанной композиции имеют приемлемые значения.

Заключение. Добавление композиции из растительного сырья в различных дозировках (5, 10, 15 и 20 % от массы муки) приводит к изменению органолептических показателей хлебобулочных изделий и появлению более интенсивной коричневой окраски при увеличении дозировки. В контрольном и опытных образцах хлеба с заменой 5-10% муки форма и поверхность соответствуют виду изделия, мякиш пропеченный, не влажный на ощупь, без следов непромеса, пористость равномерная. При увеличении дозировок фитокомпозиции в пределах 15-20 % от массы муки изделия приобретают посторонние привкус и аромат. Таким образом, полученные результаты имеют практическое технологическое значение при разработке и оптимизации рецептуры обогащенного хлеба пшеничного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шешницан И. Н., Абурова Г. В. Растительное сырье в технологии функциональных хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2018. Т. 7. № 4 (44). С. 215–220.
2. Hosseinpour-Jaghdani F., Shomali T., Gholipour-Shahraki S., Rahimi-Madiseh M, Rafieian-Kopaei M. Cornus mas: a review on traditional uses and pharmacological properties // J. Complement. Integr. Med. 2017. No. 14.
3. Indrianti N. N., Sholichah E., Afifah N. Pumpkin flour effects on antioxidant activity, texture, and sensory attributes of flat tubers noodle // Proceedings of the IOP conference series: materials science and engineering. 2021. Vol. 1011.
4. Boyer J., Liu R. H. Apple phytochemicals and their health benefits // Nutrition Journal. 2004. No. 5. P. 1–15.
5. Поперечный А. Н., Антонова В. А., Корнийчук В. Г., Владимиров С. В. Кинетика процесса сушки замороженных абрикосов в сушилке с инфракрасным нагревом // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. 2024. № 3. С. 211–217.
6. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги. Общие технические условия: ГОСТ 28561-90. Введ. с 01.07.1991. М., 2011. 11 с.
7. О безопасности пищевой продукции: ТР ТС 021/2011: принят 09.12.2011: вступ. в силу 01.07.2013 / Комис. тамож. союза – Минск: БелГИСС, 2013. 160 с

8. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к обогащенным пищевым продуктам», Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности для человека обогащенных пищевых продуктов» и признании утратившим силу постановления Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 24 декабря 2004 г. № 154: постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 29 июля 2013 г., № 66 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2013. № 66.
9. Изделия хлебобулочные. Правила приемки, методы отбора проб, методы определения органолептических показателей и массы: СТБ 2160-2011. Введ. 01.07.2011. Минск: Гос. комитет по стандартизации РБ, 2011. 20 с.
10. Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба: ГОСТ 27669-88. Введ. 01.07.89. Москва: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. 9 с.
11. ТУ 10.39.25-002-01067733-2017 Фрукты, ягоды и плоды сушеные и вяленые, и их смеси фасованные. М.: Госстандарт, 2017. 26 с.

REFERENCES

1. Sheshniczan IN, Aburova GV. Plant raw materials in the technology of functional bakery and flour confectionery products. XXI century: resumes of the past and challenges of the present plus. 2018;7((4)(44)):215-220. (In Russ.).
2. Hosseinpour-Jaghdani F, Shomali T, Gholipour-Shahraki S, Rahimi-Madiseh, et al. Cornus mas: a review on traditional uses and pharmacological properties. J. Complement. Integr. Med. 2017;(14).
3. Indrianti NN, Sholichah E, Afifah N. Pumpkin flour effects on antioxidant activity, texture, and sensory attributes of flat tubers noodle. In Proceedings of the IOP conference series: materials science and engineering. 2021;1011.
4. Boyer J, Liu RH. Apple phytochemicals and their health benefits. Nutrition Journal. 2004;(5):1-15.
5. Transversal AN, Antonova VA, Korniyuchuk VG, Vladimirov SV. Kinetics of the drying process of frozen apricots in a dryer with infrared heating. Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK-produkty zdorovogo pitaniya = Technologies of food and processing industry of agroindustrial complex-products of healthy nutrition. 2024;(3):211-217. (In Russ.).
6. Fruit and vegetable processing products. Methods for the determination of solids or moisture. General technical specifications: GOST 28561-90. Introduced from 01.07.1991. Moscow; 2011. 11 p. (In Russ.).
7. On food safety: TR CU 021/2011. Introduced from 01.07.2013. Minsk; 2013. 160 p. (In Russ.).
8. On approval of the Sanitary Norms and Rules "Requirements for Fortified Food Products". Introduced from 29.07.2013 No. 66. Minsk; 2013. 66 p. (In Russ.).
9. Bakery products. Acceptance rules, sampling methods, methods for determining organoleptic indicators and weight: STB 2160-2011. Introduced from 01.07.2011. Minsk; 2011. 20 p. (In Russ.).
10. Bakery wheat flour. Method of trial laboratory baking of bread: GOST 27669-88. Introduced from 01.07.89. Moscow; 2007. 9 p. (In Russ.).
11. Dried and cured fruits, berries and fruits, and their packaged mixtures: TU 10.39.25-002-01067733-2017. Moscow; 2017. 26 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Анастасия Сергеевна Кучер – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры технологии, физиологии и гигиены питания, УО Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, kucher_as@grsu.by

Оксана Валерьевна Павлова – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, физиологии и гигиены питания, УО Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, pavlova@grsu.by

Валерия Николаевна Оробинская – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии производства продуктов питания и товароведения, ведущий научный сотрудник Отдела планирования и организации НИР, Пятигорский институт (филиал) Северо-Кавказский федеральный университет, orobinskaya.val@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: один из авторов – кандидат технических наук, доцент В. Н. Оробинская является ответственным секретарем журнала «Современная наука и инновации».

Авторам неизвестно о каком-либо другом потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью.

Статья поступила в редакцию: 16.02.2025;
одобрена после рецензирования: 18.04.2025;
принята к публикации: 25.04.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anastasia S. Kucher – Master of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Technology, Physiology and Food Hygiene, Yanka Kupala Grodno State University, kucher_as@grsu.by

Oksana V. Pavlova – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of Technology, Physiology and Food Hygiene, Yanka Kupala State University of Grodno, pavlova@grsu.by

Valeria N. Orobinskaya – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of Food Production Technology and Commodity Science, Senior Researcher at the Department of Planning and Organization of Research, Pyatigorsk Institute (branch), North-Caucasus Federal University, orobinskaya.val@yandex.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: one of the authors VN Orobinskaya, Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor, is an executive secretary of the journal "Modern Science and Innovations". The authors are unaware of any other potential conflict of interest related to this manuscript.

The article was submitted: 16.02.2025;
approved after reviewing: 18.04.2025;
accepted for publication: 25.04.2025.

Research article

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.7>



Comparative study of the granulometric composition of seed materials used during the lactose crystallization

Ivan A. Evdokimov¹, Irina K. Kulikova^{2*}, Alexander S. Gridin³, Dmitry S. Khazov⁴,
Lyudmila A. Gordienko⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

¹ ievdokimov@ncfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5396-1548>

² kik-st@yandex.by; <https://orcid.org/0009-0008-5543-4400>

³ a.gridin@dmprocess.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4575-3084>

⁴ dmitrii5114@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-1692-0054>

⁵ gordiyenkola@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6861-694X>

* **Corresponding author:** Irina K. Kulikova, kik-st@yandex.by

Abstract. The properties of many dairy products with high levels of dry matter and lactose directly depend on the crystallization of lactose, which is a key component. To control these properties and achieve the desired parameters, the process of lactose crystallization is often used. In this paper, data on the granulometric composition of seeding materials used to manage the lactose crystallization process in dairy raw materials are presented. Measurements of particle sizes are performed by laser diffraction on microcrystalline lactose, powdered sugar, and a liquid crystallizer based on sucrose. It was found that the seeding materials have different particle sizes. The liquid crystallizer is distinguished by its greater uniformity and convenience of dosing, but its use does not significantly affect the crystallization rate.

Keywords: lactose, seed material, crystallization, granulometric composition

For citation: Evdokimov IA, Kulikova IK, Gridin AS, Khazov DS, Gordienko LA. Comparative study of the granulometric composition of seed materials used during the lactose crystallization. Modern Science and Innovations. 2025;(1):82-89. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.7>

Научная статья
УДК 637.345

Сравнительное исследование гранулометрического состава затравочных материалов, используемых при кристаллизации лактозы

Иван Алексеевич Евдокимов¹, Ирина Кирилловна Куликова^{2*},
Александр Сергеевич Гридин³, Дмитрий Сергеевич Хазов⁴,
Людмила Александровна Гордиенко⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

¹ ievdokimov@ncfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5396-1548>

² kik-st@yandex.by; <https://orcid.org/0009-0008-5543-4400>

³ a.gridin@dmprocess.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4575-3084>

⁴ dmitrii5114@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-1692-0054>

⁵ gordiyenkola@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6861-694X>

* **Автор, ответственный за переписку:** Ирина Кирилловна Куликова, kik-st@yandex.by

© Evdokimov IA, Kulikova IK, Gridin AS, Khazov DS, Gordienko LA, 2025

Аннотация. В молочных продуктах, характеризующихся высокой массовой долей сухих веществ и значительным содержанием лактозы в сухом остатке, свойства продуктов в значительной степени обусловлены степенью кристаллизации и размером кристаллов лактозы, являющейся одним из ключевых компонентов молочного сырья. С целью обеспечения заданных характеристик в производственных процессах зачастую применяется кристаллизация лактозы. Настоящая статья содержит сведения о гранулометрическом составе затравочных материалов, полученные в результате лазерного дифракционного анализа. Представлена теоретическая модель для выбора подходящего материала, а также экспериментальные данные, подтверждающие ее соответствие. В качестве объектов исследования были выбраны мелкокристаллическая лактоза, сахарная пудра и жидкий кристаллообразователь на основе сахарозы. Показано, что затравочные материалы отличаются по размерам частиц, при этом жидкий кристаллообразователь характеризуется наибольшей однородностью и удобством дозирования, хотя его использование не приводит к существенным изменениям в динамике кристаллизации.

Ключевые слова: лактоза, затравочный материал, кристаллизация, гранулометрический состав

Для цитирования: Евдокимов И. А., Куликова И. К., Гридин А. С., Хазов Д. С., Гордиенко Л. А. Сравнительное исследование гранулометрического состава затравочных материалов, использующихся при кристаллизации лактозы // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 82–89. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.7>

Introduction. Lactose is one of the main components of dairy raw materials, therefore its phase state, or more precisely the degree of crystallization and the size of the crystals, have a great influence on the properties of many dairy products, especially with a high mass fraction of dry matter and a significant lactose content in the dry residue [1–4].

The type of product determines the required size of lactose crystals and, accordingly, the modes of its crystallization. For example, lactose crystals larger than 15 μm are the cause of the consistency defect of condensed milk with sugar. When producing dry whey and dry permeate, it is generally recommended to crystallize lactose in the condensed product before drying until crystals are obtained, most of which are 50–100 μm in size. This allows obtaining a non-hygroscopic product in which crystalline lactose will predominate [1]. In turn, when producing crystalline lactose, the crystallization process is aimed at obtaining sufficiently large crystals for a more complete separation of the crystalline fraction from molasses.

In industry, the process of lactose crystallization is usually implemented by controlled cooling of the thickened raw material using modes that allow obtaining crystals of the required sizes with the highest possible degree of lactose crystallization.

Thus, when preparing lactose-containing raw materials for spray drying, the cooling regime includes an initial period of rapid cooling to approximately 30 $^{\circ}\text{C}$, followed by a period of slow cooling to approximately 15 $^{\circ}\text{C}$ [12–16]. Rapid cooling increases the rate of lactose crystal formation, while slow cooling promotes crystal growth [17]. The size of the forming lactose crystals is controlled by targeted adjustment of the cooling temperature regime parameters. In particular, smaller crystals are formed when rapid cooling to lower temperatures is performed [18–20]. With a long-term slow cooling regime, it is possible to obtain larger lactose crystals [21].

In addition to cooling conditions, the lactose crystallization process is also affected by other factors, including viscosity, temperature, pH and composition of the raw material, the presence of minerals, acids and other impurities, etc. [16, 17, 19]. The type of nucleation (primary or secondary) has a significant effect on the crystallization process. Homogeneous nucleation, characterized by spontaneous formation of nuclei, occurs when the temperature of the supersaturated solution decreases [9]. The presence of impurities in the solution containing lactose causes heterogeneous primary nucleation, in which lactose molecules are adsorbed on the surface of the impurities [14]. This process is characterized by reduced free energy required for nucleation

[9]. In addition to non-crystalline impurities, seed materials such as microcrystalline lactose and sucrose can act as centers of heterogeneous nucleation.

The size of the seed material crystals has a significant effect on the morphology and size of the lactose crystals formed in the product. Therefore, when choosing a crystal former, information on the granulometric distribution of the seed material can be one of the determining factors in the formation of crystals with specified size characteristics.

Materials and research methods. The purpose of the study of seed materials is to evaluate its granulometric composition, which allows choosing a crystal former that provides the process of lactose crystallization.

Theoretically, the criterion for selecting the seed material can be substantiated as follows. Let us assume that after introducing seed crystals into the thickened raw material, the process of crystallization of lactose from it occurs only on the surface of these crystals [5].

To develop a mathematical assessment model, we introduce the following notations:

l , μm	average characteristic size of filling crystals;
—	
h , μm	average (desired) characteristic size of the final crystals;
—	
M , kg	mass of raw material - condensed permeate of cheese whey
—	
m , kg	mass of seed crystals;
—	
n –	number of seed crystals;
C , %	lactose concentration in raw materials;
—	
B , %	degree of crystallization of lactose
—	

Research results and their discussion. During the crystallization process, the growth of seed crystals must be carried out in such a way that their final mass is equal to the mass of crystallized lactose, corresponding to its value for a given final cooling temperature of the raw material.

The mass of crystallized lactose M_1 can be expressed in two ways (formulas 1 and 2).

$$M_n = M \times C \times B, \quad (1)$$

$$M_n = n \times K \times h^3 - m, \quad (2)$$

where K is a proportionality coefficient depending on the density of lactose and its form factor at the final stage of crystallization.

Similarly for finely crystalline lactose

$$m = n \times k \times l^3, \quad (3)$$

The coefficients K and k differ in magnitude due to the difference in the values of the corresponding form factors. Indeed, for finely crystalline lactose, obtained, for example, using a colloid mill, the shape of the crystals may differ from the shape of the crystals at the finishing stage, as a result of which the ratio between size and volume may differ significantly for them.

Let us now consider the expression

$$\frac{m}{M_n} = \frac{n \times k \times l^3}{n \times K \times h^3 + n \times k \times l^3}, \quad (4)$$

Since by meaning $m \ll M_1$, then formula (4) can be simplified

$$\frac{m}{M_n} = \frac{n \times k \times l^3}{n \times K \times h^3} = \frac{k}{K} \times \left(\frac{l}{h}\right)^3, \quad (5)$$

The ratio $\frac{k}{K}$ depends only on the values of the form factors of lactose crystals at the initial and final parts of the crystallization process.

Using formula (1), expression (5) can be expressed as

$$\frac{m}{M_{\text{л}}} = \frac{m}{M \times C \times B} = \frac{k}{K} \times \left(\frac{l}{h}\right)^3, \quad (6)$$

Where

$$\frac{m}{M} = C \times B \times \left(\frac{k}{K}\right) \times \left(\frac{l}{h}\right)^3, \quad (7)$$

In formula (7) the most difficult parameter to determine is the form factor F

$$F = \frac{k}{K} \quad (8)$$

When used systematically as a seed of one type and one batch, the F value can be taken as a constant.

Then, using formula 7, the permissible value l can be expressed as follows:

$$l = \sqrt[3]{\frac{m \times h^3}{M \times C \times B \times F}}, \quad (9)$$

With a given percentage of introduction of seed material to the raw material (ratio m / M) of 0.01%, concentration of lactose in the raw material (C) of 55.0% and minimum degree of crystallization (B) of at least 80.0%, expression (9) will take the following form:

$$l = \sqrt[3]{\frac{0,0001 \times h^3}{0,55 \times 0,80 \times F}} = \frac{0,06 \times h}{\sqrt[3]{F}} \quad (10)$$

If we assume that the seed material used was not milled and is crystalline lactose, then F can be taken as close to one.

Thus, the proposed model allows for a preliminary assessment of the suitability of the seed material for use in the process of producing dairy products with preliminary crystallization of lactose.

For example, to obtain crystallized permeate with the crystal sizes recommended [23], $h = (50 - 100) \mu\text{m}$, the minimum size of seed crystals should be about $3.0 \mu\text{m}$, and the maximum $6.0 \mu\text{m}$. Accordingly, if the goal is to obtain larger lactose crystals, the maximum value of seed crystals can be larger. Obviously, the size of seed crystals will be especially critical if it is necessary to form small crystals. If the main target parameter is the maximum degree of crystallization, then when choosing a crystal former, the emphasis can be shifted to the functional and technological characteristics: homogeneity, granulometric composition of the product.

The objects of the study were seed materials used in studying the crystallization process under industrial conditions. Fine-crystalline lactose or fine-crystalline milk sugar are finely ground lactose crystals. This is a sweetish white, free-flowing powder without odor. According to GOST 33567-2015 "Milk sugar. Specifications", 70.0% of lactose crystals in the product should be (3 - 4) μm in size, the maximum size of individual crystals can reach $10 \mu\text{m}$. Powdered sugar, according to GOST 33222-2015 "White sugar. Specifications", is finely ground sucrose crystals, the size of 95.0% of which crystals should not exceed $200 \mu\text{m}$. This is a sweet white, free-flowing powder without odor, highly soluble in water. The liquid crystal former according to TU U 15.8-22942814-025:2006 is a suspension of homogeneous sucrose crystals in a liquid phase, stabilized by a food surfactant [6].

For a comparative assessment of crystal formers, taking into account the mathematical model developed above, a comparison was made of the granulometric composition of fine-crystalline lactose from two Russian manufacturers, Russian-made powdered sugar, and the imported liquid crystal former "ESTER-K". A diagram of the comparative analysis of the granulometric composition according to the method [23] is shown in Figure 1.

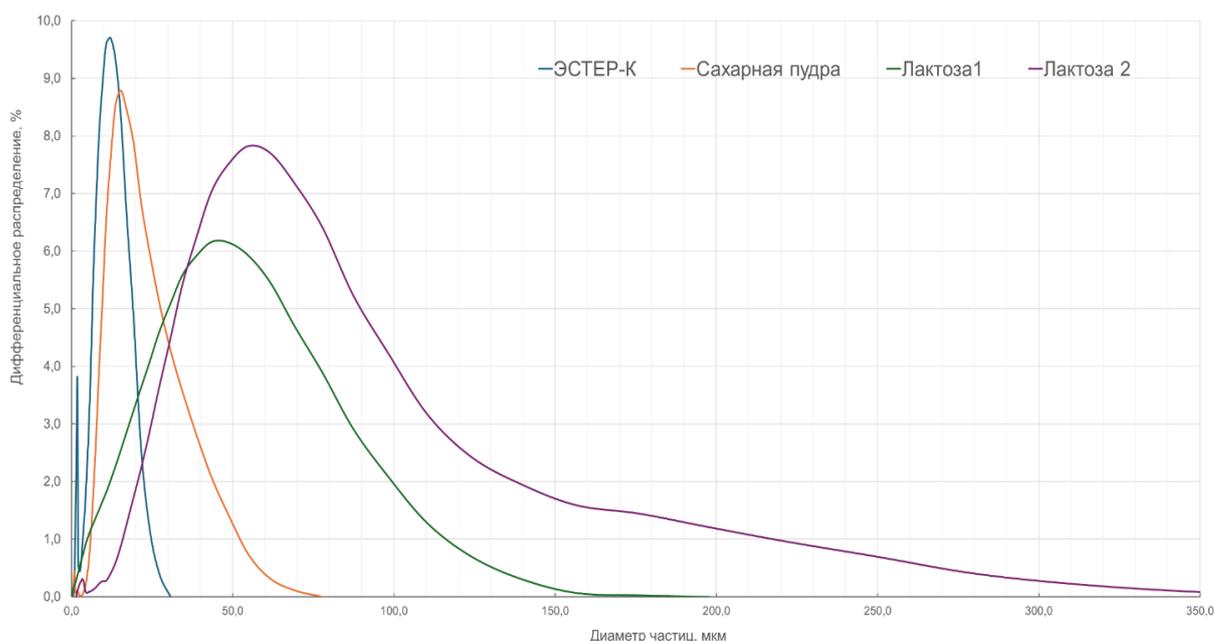


Figure 1 – Diagrams of differential distribution of seed material particles by size

According to the results of laser diffraction analysis (Fig. 1), the particle size distribution in all samples of crystal formers can be described as asymmetric, since the average diameter D_{50} and modal D_{mode} for all samples differ significantly ($p > 0.05$). Thus, for fine-crystalline lactose sample 1, these parameters are: $D_{50} = (31.37 \pm 0.23) \mu\text{m}$, $D_{mode} = (43.51 \pm 0.17) \mu\text{m}$, for fine-crystalline lactose sample 2 - $D_{50} = (50.87 \pm 0.28) \mu\text{m}$, diameter - $D_{mode} = (54.92 \pm 0.15) \mu\text{m}$, for powdered sugar - $D_{50} = (15.14 \pm 0.05) \mu\text{m}$, diameter - $D_{mode} = (13.58 \pm 0.13) \mu\text{m}$, for liquid crystal former - $D_{50} = (9.86 \pm 0.08) \mu\text{m}$, diameter - $D_{mode} = (10.77 \pm 0.12) \mu\text{m}$.

For a more visual comparison, the diagram (Fig. 2) shows the characteristic particle sizes of each seed material: diameters characteristic of 90%, 50.0% and 10.0% differential particle distribution.

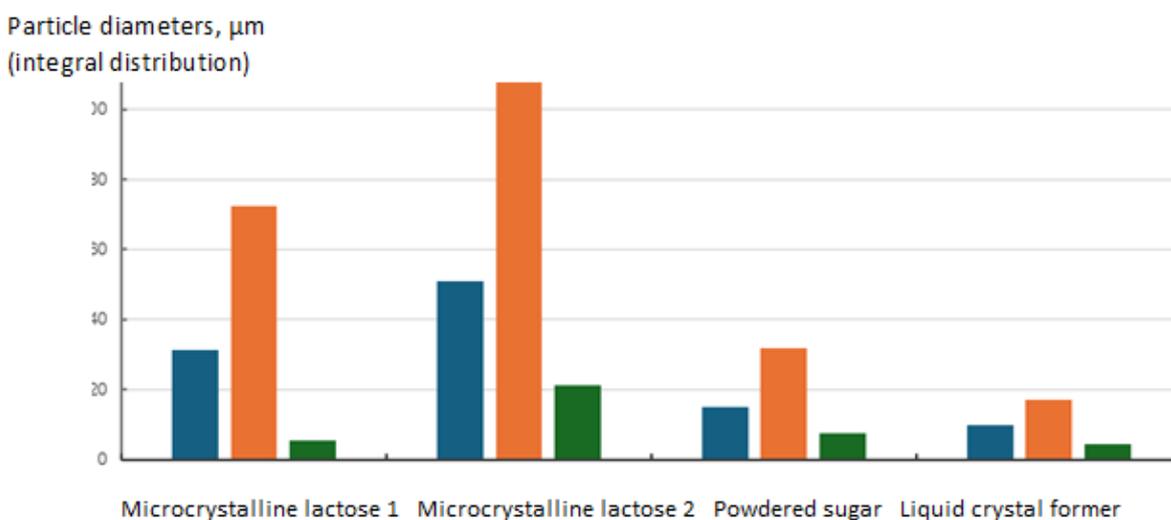


Figure 2 – Characteristic particle sizes of seed materials

The presented data show that the seed materials are quite heterogeneous in size. For example, D_{90} in the fine-crystalline lactose samples 2 exceeded the target sizes of lactose crystals recommended for the technologies of concentrated permeate and concentrated whey [1]. In sample

1, the particles approached 100.0 μm . At the same time, the sizes of most particles in these samples (Fig. 1) shifted to the region of (40.0 – 70.0) μm , and the proportion of particles with a size of up to 10.0 μm in fine-crystalline lactose sample 2 was about 3.0%. For comparison, this indicator for fine-crystalline lactose sample 1 was about 19.0%, and for the liquid crystal former about 48.0%. The smallest sizes of seed crystals (Fig. 1, Table 1) were in the liquid crystal former.

It can be noted that the results of a comparative assessment of the use of all three types of seed materials in the technology of dry permeate of spray drying [6] showed that the replacement of the crystal former did not lead to significant differences in the dynamics of the lactose crystallization process. This did not allow us to draw certain conclusions on the recommendations for the preferred use of one or another crystal former, but technically the use of a liquid crystal former was more convenient, since the liquid form allows better control of the dosage and introduction of the seed.

Conclusion. The analysis of the obtained data allows us to conclude that the most effective seed material for the nucleation of small lactose crystals is a liquid crystal former. However, even with the target task of obtaining large lactose crystals, the use of a liquid crystal former may be preferable due to the ease of administration and dosing accuracy. Due to the lack of domestic production of this seed material, the development of its analogue using lactose-containing raw materials seems to be a promising direction.

REFERENCES

1. Westergaard V. Technology of milk powder production. Evaporation and spray drying. NiroA/S. Copenhagen, Denmark; 2003. 336 p. (In Russ.).
2. Schuck P. Condensed and Powdered Milk. Milk and dairy products in human nutrition: production, composition and health. 2013. 728 p.
3. Ozel B, McClements DJ, Arikian C, Kaner O, et al. Challenges in dried whey powder production: Quality problems. Food Research International. 2022;160.
4. Schuck P. Dairy powders. Handbook of Food Powders. Elsevier; 2024. P. 357-374.
5. Raghavan SL, Ristic R, Sheen DB, Sherwood DN. Morphology of crystals of α -lactose hydrate grown from aqueous solution. Journal of Physical Chemistry B. American Chemical Society. 2000;104(51):12256-12262.
6. Evdokimov IA, Gridin A, Volodin DN, Kulikova I, et al. Investigation of the crystallization process of lactose in milk serum permeate. 2021;852(1):012031.
7. Carpin M, Bertelsen H, Becj JK, Jeantet R, et al. Trends in Food Science & Technology Caking of lactose : A critical review. Trends Food Sci Technol. 2017;53(2016).
8. Bredikhin SA, Chervetsov VV. Crystallization of lactose from milk whey in a flow. Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2016;(5):91-98. (In Russ.).
9. Tamime AY. Dairy Powders and Concentrated Products. 2009. 370 p.
10. Schuck P. Condensed and Powdered Milk. Milk and dairy products in human nutrition: production, composition and health. 2013. 728 p.
11. Carić M, Milanović S. MILK POWDERS | Physical and Functional Properties of Milk Powders. Encyclopedia of Dairy Sciences. 2002. P. 1874-1880.
12. Wijayasinghe R., Bogahawaththa D, Chandrapala J, Vasiljevic T. Crystallization behavior and crystal properties of lactose as affected by lactic, citric, or phosphoric acid. J Dairy Sci. 2020;103(12):11050-11061.
13. Schuck P, Dolivet A. Lactose crystallization: Determination of α -lactose monohydrate in spray-dried dairy products. Lait. EDP Sciences. 2002;82(4):413-421.
14. Shi Y, Liang B, Hartel R. Crystallization Kinetics of Alpha-Lactose Monohydrate in a Continuous Cooling Crystallizer. 2006;55(3):817-820.
15. Guner SS, Grunin L, Kaner O, Sumnu G, et al. Influence of multiple parameters on the crystallinity of dairy powders. Int Dairy J. 2023;147:105782.
16. Pandalaneni K, Amamcharla JK. Evaluating the crystallization of lactose at different cooling rates from milk and whey permeates in terms of crystal yield and purity. J Dairy Sci. Elsevier Inc. 2018;101(10):8805-8821.

17. Bhargava A, Jelen P. Lactose Solubility and Crystal Growth as Affected by Mineral Impurities. *Journal of food science*. 1996;61(1):180-184.
18. Chiou D, Langrish TAG, Braham R. The effect of temperature on the crystallinity of lactose powders produced by spray drying. *J Food Eng*. 2008;86(2):288-293.
19. Norgaard L, Hann MT, Knudsen LB, Farhat IA, et al. B. Multivariate near-infrared and Raman spectroscopic quantifications of the crystallinity of lactose in whey permeate powder. *Int Dairy J*. 2005;15(12):1261-1270.
20. Shokhalov V, Gnezdilov A, Shokhalova V. Improving lactose crystallization in milk sugar production. *Dairy industry*. 2024;48-52.
21. Agrawal SG, Patersom A, Jones JR, Mcleod JS, Bronlund JE, Bajpai H. Secondary nucleation studies on alpha lactose monohydrate under stirred conditions. *Int Dairy J*. 2017;66.
22. Wong SY, Bund RK, Connelly RK, Hartel RW. Determination of the dynamic metastable limit for α -lactose monohydrate crystallization. *Int Dairy J*. 2011;21(11):839-847.
23. Determination of particle size distribution by laser light diffraction method. State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV edition. OFS.1.2.1.0008.15. (In Russ.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вестергаард В. Технология производства сухого молока. Выпаривание и распылительная сушка. NirolA/S. Копенгаген, Дания. 2003. 336 с.
2. Schuck P. Condensed and Powdered Milk // *Milk and dairy products in human nutrition: production, composition and health*. 2013. 728 p.
3. Ozel B., McClements D. J., Arikian C., Kaner O., Oztop M. H. Challenges in dried whey powder production: Quality problems // *Food Research International*. 2022. Vol. 160.
4. Schuck P. Dairy powders // *Handbook of Food Powders*. Elsevier, 2024. P. 357–374.
5. Raghavan S. L., Ristic R., Sheen D. B., Sherwood D. N. Morphology of crystals of α -lactose hydrate grown from aqueous solution // *Journal of Physical Chemistry B*. American Chemical Society. 2000. Vol. 104. No. 51. P. 12256–12262.
6. Evdokimov I. A., Gridin A., Volodin D. N., Kulikova I., Slozhenkina M. I. Investigation of the crystallization process of lactose in milk serum permeate. 2021. Vol. 852. No. 1. P. 012031.
7. Carpin M., Bertelsen H., Becj J. K., Jeantet R., Risbo J., Shchuck P. Trends in Food Science & Technology Caking of lactose : A critical review // *Trends Food Sci Technol*. 2017. Vol. 53. No. 2016.
8. Бредихин С. А., Червецов В. В. Кристаллизация лактозы молочной сыворотки в потоке // *Известия ТСХА*. 2016. № 5. С. 91–98.
9. Tamime A.Y. *Dairy Powders and Concentrated Products*. 2009. 370 p.
10. Schuck P. Condensed and Powdered Milk // *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*. 2013. 728 p.
11. Carić M., Milanović S. MILK POWDERS | Physical and Functional Properties of Milk Powders // *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2002. P. 1874–1880.
12. Wijayasinghe R., Bogahawaththa D, Chandrapala J, Vasiljevic T. Crystallization behavior and crystal properties of lactose as affected by lactic, citric, or phosphoric acid // *J Dairy Sci*. 2020. Vol. 103. No. 12. P. 11050–11061.
13. Schuck P., Dolivet A. Lactose crystallization: Determination of α -lactose monohydrate in spray-dried dairy products // *Lait*. EDP Sciences. 2002. Vol. 82. No. 4. P. 413–421.
14. Shi Y., Liang B., Hartel R. Crystallization Kinetics of Alpha-Lactose Monohydrate in a Continuous Cooling Crystallizer. 2006. Vo. 55. No. 3. P. 817–820.
15. Guner S. S., Grunin L, Kaner O., Sumnu G., Oztop M. H. Influence of multiple parameters on the crystallinity of dairy powders // *Int Dairy J*. 2023. Vol. 147. P. 105782.
16. Pandalaneni K., Amamcharla J. K. Evaluating the crystallization of lactose at different cooling rates from milk and whey permeates in terms of crystal yield and purity // *J Dairy Sci*. Elsevier Inc. 2018. Vol. 101. No. 10. P. 8805–8821.
17. Bhargava A., Jelen P. Lactose Solubility and Crystal Growth as Affected by Mineral Impurities // *Journal of food science*. 1996. Vol. 61. No. 1. P. 180–184.
18. Chiou D., Langrish T. A. G., Braham R. The effect of temperature on the crystallinity of lactose powders produced by spray drying // *J Food Eng*. 2008. Vol. 86. No. 2. P. 288–293.
19. Norgaard L., Hann M. T., Knudsen L. B., Farhat I. A., Engelsen I. B. Multivariate near-infrared and Raman spectroscopic quantifications of the crystallinity of lactose in whey permeate powder // *Int Dairy J*. 2005. Vol. 15. No. 12. P. 1261–1270.

20. Shokhalov V., Gnezdilov A., Shokhalova V. Improving lactose crystallization in milk sugar production // Dairy industry. 2024. P. 48–52.
21. Agrawal S. G., Paterson A., Jones J. R., Mcleod J. S., Bronlund J. E., Bajpai H. Secondary nucleation studies on alpha lactose monohydrate under stirred conditions // Int Dairy J. 2017. Vol. 66.
22. Wong S. Y., Bund R. K., Connelly R. K., Hartel R. W. Determination of the dynamic metastable limit for α -lactose monohydrate crystallization // Int Dairy J. 2011. Vol. 21. No. 11. P. 839–847.
23. Определение распределения частиц по размеру методом лазерной дифракции света // Государственная фармакопея Российской Федерации XIV издания. ОФС.1.2.1.0008.15.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ivan A. Evdokimov – Dr. Sci. (Techn.), Professor, Head of the Basic Department of Milk and Dairy Products Technology, Chief Researcher of the Research Laboratory of Food and Industrial Biotechnology, Faculty of Food Engineering and Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov, North-Caucasus Federal University, +79624030847, ievdokimov@ncfu.ru

Irina K. Kulikova – PhD, Associate Professor, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, Research Laboratory of Food and Industrial Biotechnology, Senior Researcher, +79282850475, kik-st@yandex.by

Alexander S. Gridin – Graduate Student, North-Caucasus Federal University, a.gridin@dmprocess.ru

Dmitry S. Khazov – Graduate Student, North-Caucasus Federal University, dmitrii5114@mail.ru

Lyudmila A. Gordienko – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor, North-Caucasus Federal University, gordiyenkola@yandex.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: one of the authors IA Evdokimov, Dr. Sci. (Techn.), Professor, is a member of the Editorial Council and Editorial Board of the journal "Modern Science and Innovations". The authors are unaware of any other potential conflict of interest related to this manuscript.

The article was submitted: 23.01.2025;

approved after reviewing: 07.04.2025;

accepted for publication: 15.04.2025.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Иван Алексеевич Евдокимов – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий базовой кафедрой технологии молока и молочных продуктов, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории пищевой и промышленной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова, Северо-Кавказский федеральный университет, +79624030847, ievdokimov@ncfu.ru

Ирина Кирилловна Куликова – кандидат технических наук, доцент, Северо-Кавказский федеральный университет, Научно-исследовательская лаборатория пищевой и промышленной биотехнологии, старший научный сотрудник, +79282850475, kik-st@yandex.by

Александр Сергеевич Гридин – аспирант, Северо-Кавказский федеральный университет, +78652998988, a.gridin@dmprocess.ru

Дмитрий Сергеевич Хазов – аспирант, Северо-Кавказский федеральный университет, +79815002471, dmitrii5114@mail.ru

Людмила Александровна Гордиенко – кандидат технических наук, доцент, Северо-Кавказский федеральный университет, +79187554732, gordiyenkola@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: один из авторов статьи – доктор технических наук, профессор И. А. Евдокимов является членом редакционного совета и редакционной коллегии журнала «Современная наука и инновации». Авторам неизвестно о каком-либо другом потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью.

Статья поступила в редакцию: 23.01.2025;

одобрена после рецензирования: 07.04.2025;

принята к публикации: 15.04.2025.

Научная статья
УДК 613.292, 641.05
<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.8>



Изучение свойств растительных порошков для создания фитокомпозиций специализированного и функционального назначения

Анастасия Сергеевна Кучер¹, Славамир Степанович Ануфрик²,
Оксана Валерьевна Павлова^{3*}, Владимир Григорьевич Корнийчук⁴
Сергей Владимирович Владимиров⁵

^{1, 2, 3} Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь

^{4, 5} Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского, г. Донецк, Донецкая Народная Республика, Россия

¹ kucher_as@grsu.by

² anufrikk@grsu.by; <https://orcid.org/0000-0002-5761-4965>

³ pavlova@grsu.by

⁴ doc.12022007@mail.ru

⁵ vladimirov4353@yandex.ru

* **Автор, ответственный за переписку:** Оксана Валерьевна Павлова, pavlova@grsu.by

Аннотация. В статье приведен анализ функциональных свойств растительного сырья (кизила, тыквы и яблока). Проведенный анализ позволил сделать вывод о перспективности использования фитокомпонентов для получения пищевых добавок и создания обогащенных и функциональных продуктов питания. Объектами исследования стали порошки из кизила, тыквы и яблока. В ходе проведенных исследований дана оценка органолептических и физико-химических свойств порошков. Показана целесообразность внесения порошков в состав многокомпонентных пищевых продуктов для обогащения их минеральными веществами и улучшения сенсорных характеристик.

Ключевые слова: кизил, яблоко, тыква, фитокомпозиция, микроэлементы, макроэлементы, функциональная роль

Для цитирования: Кучер А. С., Ануфрик С. С., Павлова О. В., Корнийчук В. Г., Владимиров С. В. Изучение свойств растительных порошков для создания фитокомпозиций специализированного и функционального назначения // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 90-105. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.8>

Research article

Study of the properties of plant powders for the creation of phytocompositions of specialised and functional purpose

Anastasia S. Kucher¹, Slavamir S. Anufrik², Oksana V. Pavlova^{3*},
Vladimir G. Kornichuk⁴, Sergei V. Vladimirov⁵

^{1, 2, 3} Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus

^{4, 5} Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky, Donetsk, Donetsk People's Republic, Russia

¹ kucher_as@grsu.by

² anufrik@grsu.by; <https://orcid.org/0000-0002-5761-4965>

³ pavlova@grsu.by

⁴ doc.12022007@mail.ru

⁵ vladimirov4353@yandex.ru

* **Corresponding author:** Oksana Valeryevna Pavlova, pavlova@grsu.by

Abstract. *The article presents an analysis of the functional properties of plant raw materials (dogwood, pumpkin and apple). The analysis allowed us to conclude that it is promising to use phytocomponents to obtain food additives and create enriched and functional food products. The objects of the study were powders from dogwood, pumpkin and apple. In the course of the studies, an assessment of the organoleptic and physicochemical properties of the powders was given. The expediency of adding powders to the composition of multicomponent food products to enrich them with minerals and improve sensory characteristics was shown.*

Keywords: dogwood, apple, pumpkin, phytocomposition, microelements, macroelements, functional role

For citation: Kucher AS, Anufrik SS, Pavlova OV, Kornichuk VG, Vladimirov SV. Study of the properties of plant powders for the creation of phytocompositions of specialized and functional purpose. *Modern Science and Innovations*. 2025;(1):90-105. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.8>

Введение. Приоритетной задачей в формировании здоровья населения является разработка и расширение ассортимента пищевой продукции, обогащенной функциональными ингредиентами, специализированных продуктов питания и продуктов функционального назначения [3]. При всем многообразии способов повышения пищевой ценности продуктов питания наиболее рациональным является введение в рецептуру необходимых дополнительных компонентов, либо исключение нежелательных. В данном контексте одним из направлений может выступать введение в рецептуры натуральных ингредиентов растительного происхождения (тыква, плоды кизила, яблоко), содержащих значительное количество белков, незаменимых аминокислот, витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон.

Обзор литературы. Тыква представляет собой обширную группу растений, относящихся к семейству *Cucurbitaceae* и роду *Cucurbita*. Данный продукт является одним из ценных источников биологически активных соединений, используемых в производстве функциональных и специализированных продуктов питания. Наиболее значимыми природными веществами, присутствующими в достаточных количествах в тыкве, являются каротиноиды, фенольные соединения, витамины, минералы, полисахариды, пектины, пищевые волокна, токоферолы, фитостерины, эфирные масла, белки, пептиды и аминокислоты. Научно доказано, что указанный спектр биологически активных веществ, присутствующих в тыкве, оказывает противомикробные, противораковые, антиоксидантные, кардиопротекторные, антивозрастные, противовоспалительные и

пребиотические действия на организм человека. А натуральные пигменты, содержащиеся в тыкве, обуславливают высокие органолептические показатели готовой продукции. В пищевой промышленности данный продукт используют как ингредиент хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий, детского питания [15].

Мякоть тыквы содержит антиоксидантные компоненты: витамины С, А, Е, цинк и β-каротин, модулирующие врожденную и адаптивную иммунную систему организма. Кожура тыквы является источником полисахаридов, пектина и каротиноидов, а семена содержат токоферолы, фенолы, каротины, эфирные масла, белки, витамины, минералы и клетчатку. Ключевые свойства функциональных компонентов, содержащихся в тыкве, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Функциональные компоненты, содержащиеся в тыкве, и их свойства / Table 1 – Functional components contained in pumpkin and their properties

№	Функциональные компоненты тыквы	Свойства компонентов для организма человека
1	Витамин С	Уничтожает свободные радикалы в организме и укрепляет иммунную систему
2	Витамин Е	Действует как антиоксидант, удаляя свободные радикалы из организма
3	β-каротин	Антиоксидант, снижает воспалительные процессы
4	Цинк	Увеличивает выработку лейкоцитов в организме, агентов, защищающих организм от вирусов
5	Железо	Необходимо для нормального функционирования биохимических процессов в организме, гомеостаза, снижения риска инфицирования организма
6	Селен	Укрепляет врожденную и адаптивную иммунную систему
7	Полисахариды	Снижают уровень окислительного стресса в клетках и тканях, играют роль антиоксиданта, антимикробного, противовирусного, противодиабетического и противоопухолевого средства
8	Липиды (жиры, жирные кислоты, стерины)	Играют роль антиоксиданта, противовоспалительного, иммуномодулирующего, антиканцерогенного, противопаразитарного и гипотензивного средства
9	Фенольные кислоты	Смягчают окислительный стресс, действуя как антиоксиданты

Источник: [24]

Source: [24]

Продукты переработки тыквы являются источниками различных антиоксидантных веществ, таких как флавоноиды, токоферолы, фенольные кислоты и каротиноиды. Моно- и полиненасыщенные жирные кислоты (омега-3, омега-6, олеиновая кислота, линолевая кислота), содержащиеся в масле семян тыквы играют важную роль в снижении риска гипертонии и сердечно-сосудистых заболеваний [20]. Фитоэстрогены тыквенных семян делают их перспективными для предупреждения развития гормонозависимых онкологических заболеваний: исследования указывают на цитотоксическую активность и значительную продукцию эстрадиола. Многочисленные каротиноидные пигменты, присутствующие в тыкве в избытке, также снижают риск онкологических заболеваний, включая рак легких, прямой кишки и молочной железы. Потребление тыквы также оказывает антигиперлипидемический эффект: снижение уровня липопротеинов низкой плотности и существенное увеличение липопротеинов высокой плотности. Это связано с содержанием в тыквенном семени аргинина, который борется с апоптозом, регулирует артериальное давление и обеспечивает работу сердечно-сосудистой системы. Пектиновые и непектиновые полисахариды, получаемые из эпидермиса и мякоти тыквы, а также гипогликемические белки и масла тыквенных семян являются эффективными в снижении уровня глюкозы в крови. Противовоспалительное действие тыквы объясняется богатым содержанием в ней полифенолов и других антиоксидантных соединений, которые

помогают уменьшить воспаление путем нейтрализации свободных радикалов и модуляции воспалительных путей. Линолевая и олеиновая кислоты, содержащиеся в семенах тыквы, обладают мощными антибактериальными свойствами против *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Acinetobacter baumannii*, *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumonia*, *E. Coli* и *Staphylococcus aureus*. Кроме того, масло семян тыквы снижает давление внутри уретры и мочевого пузыря, что снижает вероятность образования камней в мочевом пузыре. Высокая концентрация железа в тыкве снижает риск развития анемии [27].

Тыква широко используется для приготовления различных блюд, включая супы, джемы, сиропы, желе, пюре и т.д. За последние несколько десятилетий использование тыквы в качестве функционального компонента продуктов питания значительно выросло: пищевая промышленность выпускает закуски, хлебобулочные и кондитерские изделия, крекеры, печенье, безглютеновые макаронные изделия, злаковые батончики и др. (рисунок 1), питательная ценность и органолептические показатели которых значительно выше по сравнению с традиционными продуктами [18, 25].

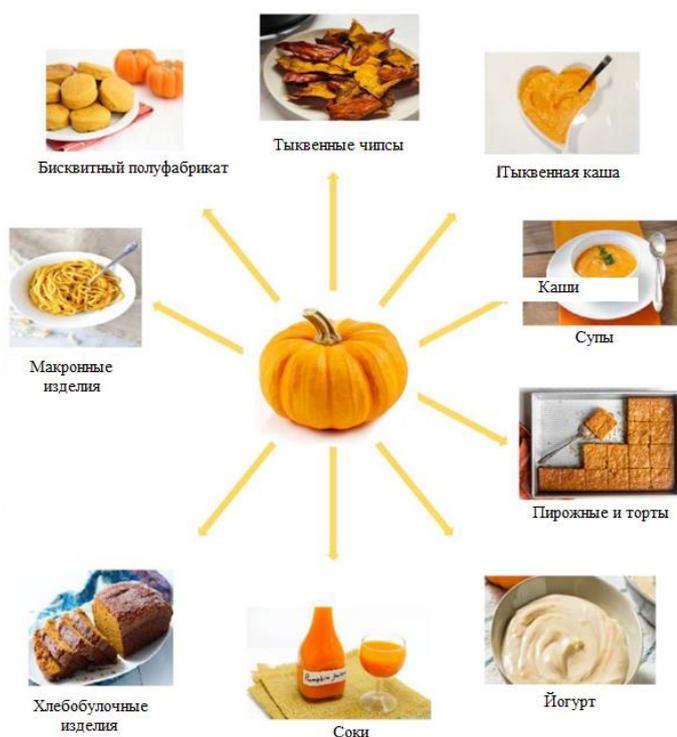


Рисунок 1 – Использование тыквы в производстве продуктов питания / Figure 1 – Use of pumpkin in food production

Каша быстрого приготовления с добавлением порошка семян тыквы являются источниками железа, цинка, белка, витамина А и витамина С, которые особенно ценны в детском питании и для профилактики вирусных и инфекционных заболеваний. Тыквенные чипсы, полученные путем сублимационной сушки тыквенного пюре, также характеризуются высокими органолептическими свойствами и питательной ценностью: высокая антиоксидантная активность, обусловленная значительным содержанием общего количества фенольных кислот и каротиноидов [26].

Наиболее широкое применение тыква получила в производстве хлебобулочных изделий. На основе тыквенного порошка разрабатываются композитные виды хлеба содержат более высокое общее количество фенолов по сравнению с контрольными образцами хлебов и, соответственно, обладают антиоксидантной активностью.

Таким образом, тыква является продуктом, содержащим значительное количество функциональных и нутрицевтических компонентов, которые проявляют иммуномодулирующую, противовоспалительную, антиоксидантную, противомикробную и противовирусную активность. Порошки, экстракты, изоляты тыквы и пищевые продукты, полученные из них, могут быть использованы в инновационных технологиях производства продуктов питания, включение которых в рацион необходимо для поддержания оптимального баланса ценных нутриентов в организме и укрепления иммунной системы.

Кизил представляет собой темноокрашенные плоды рода *Cornus mas L.* Плоды данного растения в последние годы всё больше привлекают внимание ученых и широко используются в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. Антоцианы, содержащиеся в плодах кизила, обладают мощным антиоксидантным и противоопухолевым действием, а также антигликемическими, антигиперлипидемическими, противовоспалительными и антимикробными свойствами. Свойства основных нутриентов, содержащихся в кизиле, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Функциональные компоненты, содержащиеся в плодах кизила, и их свойства / Table 2 – Functional components contained in dogwood fruits and their properties

№	Функциональные компоненты тыквы	Свойства компонентов для организма человека
1	Витамин Е	Антиоксидантная активность
2	Антоцианы	Защитное действие на сердечно-сосудистую систему, повышает уровень эндогенных антиоксидантов миокарда
		Защитное действие на печень за счет снижения повышенных уровней сывороточных ферментов, общего сывороточного белка, альбумина и содержания перекисного окисления липидов в печени
		Повышает защиту нервной системы от окислительного стресса, стимулирование памяти
		Антигипергликемический эффект

Источник: [19]

Source: [19]

Антоцианы, получаемые из плодов кизила, потенциально могут оказывать благотворное влияние на здоровье человека: улучшают показатели крови и позволяют снизить риск и прогрессирование сердечно-сосудистых и метаболических заболеваний. Кроме того, они оказывают положительное влияние на молекулярные и гистопатологические изменения в таких органах, как сердце, мозг, почки и печень. Антоцианы плодов кизила усиливают секрецию инсулина β -клетками островков поджелудочной железы, повышают чувствительность тканей к инсулину, замедляют усвоение углеводов в пищеварительном тракте и усиливают выработку гликогена. При этом антоцианы в концентрациях, присутствующих в плодах кизила, не оказывают побочных эффектов на организм. Пищевой рацион, содержащий данный продукт положительно влияет на липидный профиль плазмы крови и атеросклеротические соотношения [23].

Таким образом, разнообразное использование кизила в фруктовых десертах, соках, пюре, пастах или в виде сухофруктов позволяет разнообразить пищевой рацион человека и обогатить его полезными веществами для эффективной профилактики и лечения определенных заболеваний.

Яблоки являются представителями рода *Malus семейства розоцветных*. Они содержат ряд биологически активных веществ, благотворно влияющих на здоровье человека: полифенолы, витамины, тритерпены, пищевые волокна и др. Яблоки и яблочные продукты (соки, пюре, выжимки, сушеные яблоки, экстракты) оказывают защитное действие против сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, а также

способствуют росту волос, заживлению ожоговых ран, улучшают среду полости рта, способствуют облегчению пигментации кожи, вызванной УФ-излучением и др. Эти эффекты связаны с различными механизмами, такими как антиоксидантный, защита сосудистого эндотелия, снижение уровня липидов в крови, а также противовоспалительный, антиапоптотический, антиинвазивный и метастазирующий эффекты.

Макроэлементы (калий, азот, фосфор, кальций и магний), входящие в состав яблок, и микроэлементы (бор, цинк, железо, марганец, алюминий) являются важнейшими компонентами тканей человека и выполняют особые физиологические функции. Витамин С подавляет окисление липопротеинов низкой плотности, стабилизирует эндотелий и снижает уровень холестерина, тем самым предупреждая развитие диабета и гипертонии. Кроме того, витамин С защищает кожу от УФ-излучения и предотвращает образование некоторых видов рака. Также в яблоках содержатся необходимые организму витамины А и Е, тиамин, рибофлавин, никотиновая кислота, фолиевая кислота и пиридоксин. Биологическая активность полифенолов яблок характеризуется противовоспалительными, антиоксидантными и противовирусными свойствами. Свойства основных нутриентов, содержащихся в яблоках, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Функциональные компоненты, содержащиеся в плодах яблок, и их свойства / Table 3 – Functional components contained in apple fruits and their properties /

№	Функциональные компоненты тыквы	Свойства компонентов для организма человека
1	Витамин С	Антиоксидантные свойства, снижение риска развития сердечно-сосудистых заболеваний до 30%
2	Полифенолы	Гиполипидемическое действие: снижение уровня атерогенных липопротеинов и, соответственно, риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Антиоксидантная активность: замедляет старение и устраняет когнитивные нарушения. Антидиабетический эффект
3	Флавоноиды	Антиоксидантные свойства
4	Полисахариды	Снижают хроническое слабовыраженное системное воспаление
5	Клетчатка	Снижение уровня липидов, обеспечивая антиоксидантные свойства и способствуя нейропротекции
6	Пектин	Подавляет воспаление ожоговых ран и ускоряет эпителизацию при ожогах II–IIIА степени, уменьшает пигментацию кожи, вызванную УФ-излучением. Снижает уровень холестерина, гипогликемии. Антиоксидантные свойства
7	Тритерпены	Противовоспалительное действие

Источник: [16]

Source: [16]

На сегодняшний день активно применяются яблочные продукты и их экстракты в производстве кондитерских и булочных изделий, кексов и печенья, безглютеновых хлебобулочных изделий, характеризующимися высокими органолептическими и пищевыми качествами [22]. Добавление порошка сушеных яблок увеличивает общее содержание полифенолов и антиоксидантный потенциал пшеничного хлеба. Но при всех положительных свойствах установлен один существенный недостаток при производстве обогащенных хлебобулочных и кондитерских изделий – нежелательное изменение цвета готовых продуктов (на более темный и коричневатый).

Для оценки возможности использования кизила, яблока и тыквы в составе растительных композиций в таблице 4 представлены данные о пищевой ценности данных продуктов.

Таблица 4 – Сравнительная характеристика химического состава сырья для производства фитокомпозиций (в 100 г продукта) / Table 4 – Comparative characteristics of the chemical composition of raw materials for the production of phytocompositions (in 100 g of product)

Элемент	Кизил		Тыква		Яблоко	
	кол-во	% от суг. нормы	кол-во	% от суг. нормы	кол-во	% от суг. нормы
Вода, гр	85,0	3,74	90,3	3,97	86,3	3,80
Белки, г	1,0	1,32	1,0	1,32	0,4	0,53
Жиры, г	0	0	0,1	0,18	0,4	0,71
Моно- и дисахариды, гр	0,1	-	4,0	-	9,0	-
Крахмал, гр	9,0	-	0,2	-	0,8	-
Клетчатка, гр	1,5	-	1,2	-	1,8	-
<i>Макроэлементы:</i>						
Калий, мг	363,0	14,52	204,0	8,16	278,0	11,12
Кальций, мг	58,0	5,80	25,0	2,50	16,0	1,60
Магний, мг	26,0	6,50	14,0	3,50	9,0	2,25
Натрий, мг	32,0	2,46	4,0	0,31	26,0	2,00
Фосфор, мг	34,0	4,25	25,0	3,13	11,0	1,38
Хлор, мг	1,2	0,05	19,0	0,83	2,0	0,09
<i>Витамины:</i>						
Витамин А (РЭ), мкг	0	0	250,0	27,78	5,0	0,56
Бета-каротин, мг	0,002	0,04	1,5	30,00	0,03	0,60
Витамин В1 (тиамин), мг	0,047	3,13	0,05	3,33	0,03	2,00
Витамин В2 (рибофлавин), мг	0,024	1,33	0,06	3,33	0,02	1,11
Витамин В4 (холин), мг	0	0	8,2	1,64	3,4	0,68
Витамин В6 (пиридоксин), мг	0,036	1,80	0,13	6,50	0,08	4,00
Витамин В9 (фолиевая кислота), мкг	50,0	12,50	14,0	3,50	2,0	0,50
Витамин Е (ТЭ), мг	0,15	1,00	0,4	2,67	0,2	1,33
Витамин Н (биотин), мкг	0	0	0,4	0,80	0,9	1,80
Витамин РР (никотиновая кислота), мг	0,166	0,83	0,5	2,50	0,4	2,00
Витамин С, мг	25,0	27,78	8,0	8,89	10,0	11,11
<i>Микроэлементы:</i>						
Бор, мкг	59,6	-	15,9	-	245,0	-
Железо, мг	4,1	22,78	0,4	2,22	2,2	12,22
Йод, мкг	1,2	0,80	1,0	0,67	2,0	1,33
Молибден, мкг	15,0	21,43	4,6	6,57	6,0	8,57
Никель, мкг	7,6	-	4,5	-	17,0	-
Селен, мкг	2,0	3,64	0,3	0,55	0,3	0,55
Медь, мкг	0,6	0,06	180,0	18,00	110,0	11,00
Цинк, мг	0,114	0,95	0,24	2,00	0,15	1,25
Фтор, мкг	15,2	0,38	86,0	2,15	8,0	0,20

Источник: [9, 13]

Source: [9, 13]

Анализируя данные таблицы 4, можно сделать однозначный вывод о том, что введение в фитокомпозиции кизила, тыквы и яблока позволит получить добавку на основе натуральных растительных компонентов с высоким содержанием бета-каротина, витаминов А, В9 и С, железа, калия, меди и молибдена.

Цель исследования: изучить органолептические и физико-химические показатели порошков кизила, яблока и тыквы с целью структурирования фитокомпозиций для разработки продуктов функционального и специализированного назначения.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись: образцы порошков кизила, тыквы и яблока (рисунок 2). Исследование органолептических и физико-химических показателей качества фитопорошков осуществляли по стандартным и

рекомендованным методикам. Измерения массовой доли химических элементов выполнялось методом рентгено-флуоресценции, основанном на измерении интенсивности характеристического рентгеновского излучения атомов химических элементов при возбуждении их рентгеновским излучением с помощью миниатюрной рентгеновской трубки. Получаемый спектр состоит из набора аналитических линий в диапазоне от 1,0 до 34,5 кэВ. Регистрация интенсивностей осуществляется при помощи многоканального спектрометра с энергодисперсионным полупроводниковым детектором (Si-p-i-n диод) с термоэлектронным охлаждением. Специализированное программное обеспечение дает возможность построить наиболее вероятную модель спектра, обнаружить аналитические линии спектра в присутствии большого количества элементов в пробе (15-30 элементов), определить массовую долю элемента и точный вес объекта [10].



Рисунок 2 – Образцы порошков / Figure 2 – Powder samples

Известно, что чем больше время и температура сушки, тем меньшее количество витаминов остается в продукте. Ранее проведенные нами исследования показали, что для получения пищевых порошков по технологии сушка-измельчение целесообразно применять способ сушки ИК нагревом, обладающий рядом преимуществ перед традиционно применяемой конвективной сушкой. Температура в сушильной камере поддерживалась на уровне 65°C. Выжимки тыквы и яблок высушивали до влажности 10%, а выжимки кизила до 15%. Стенд для сушки продукта с использованием ИК излучения представлен на рисунке 3.

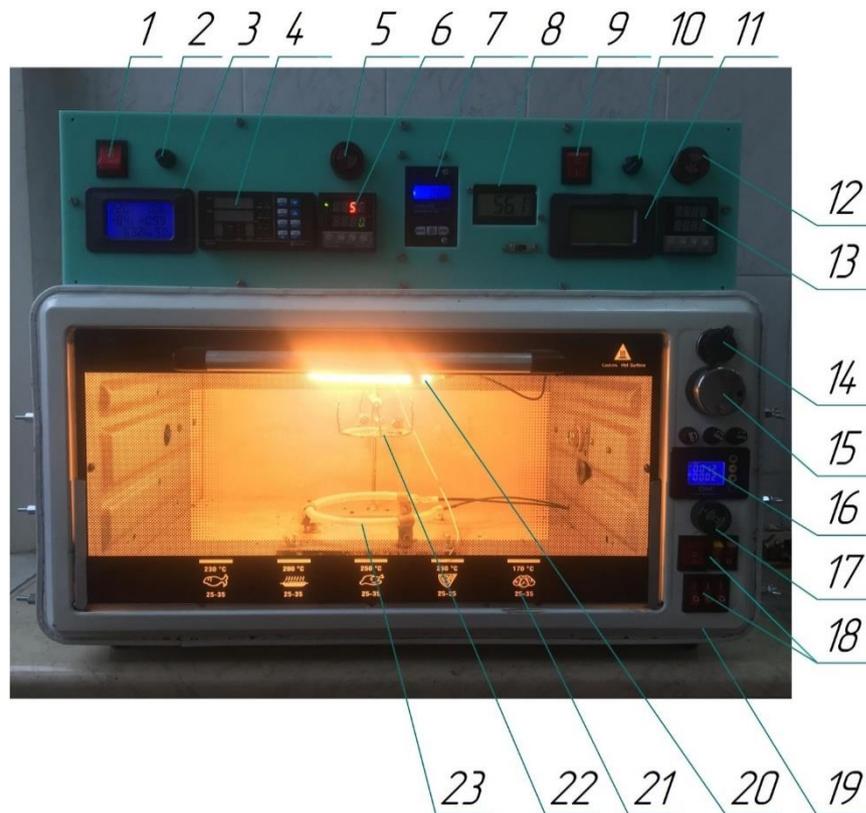


Рисунок 3 – Инфракрасная сушильная установка: 1 – кнопка включения и выбора термостата или термостата с блоком управления для верхнего тэна; 2 – регулятор мощности верхнего тэна; 3 – цифровой измеритель показаний верхнего тэна (ваттметр, вольтметр, амперметр, частоты колебаний напряжения сети, тестер фаз); 4 – термостат с электронным блоком управления для верхнего тэна с возможностью подключения к ПК; 5 – индикатор аварии верхнего термостата; 6 – термостат верхнего тэна; 7 – электронные весы (точность 0,01 г); 8 – измеритель температуры внутри продукта; 9 – кнопка включения нижнего термостата; 10 – регулятор мощности нижнего; 11 – цифровой измеритель показаний нижнего тэна (ваттметр, вольтметр, амперметр, частоты колебаний напряжения сети, тестер фаз); 12 - индикатор аварии нижнего термостата; 13 – термостат для верхнего тэна; 14 – гнездо для подключения озонатора; 15 – ручка переключения выбора тэна (4х позиционная); 16 – таймера для работы озонатора или таймер для фиксации времени эксперимента; 17 – сигнализатор времени снятия показаний эксперимента; 18 – клавиши выбора нужного режима работы сушильной установки; 19 – корпус сушильной установки; 20 – верхний ик тэн; 21 – стеклянная дверь сушильной установки; 22 – подвеска для продукта; 23 – нижний тэн /

Figure 3 – Infrared drying unit: 1 – button for turning on and selecting the thermostat or thermostat with a control unit for the upper heating element; 2 – power regulator for the upper heating element; 3 – digital meter for readings of the upper heating element (wattmeter, voltmeter, ammeter, frequency of network voltage fluctuations, phase tester); 4 – thermostat with an electronic control unit for the upper heating element with the ability to connect to a PC; 5 – upper thermostat failure indicator; 6 – upper heating element thermostat; 7 – electronic scales (accuracy 0.01 g); 8 – meter for the temperature inside the product; 9 – button for turning on the lower thermostat; 10 – lower power regulator; 11 – digital meter for readings of the lower heating element (wattmeter, voltmeter, ammeter, frequency of network voltage fluctuations, phase tester); 12 – lower thermostat failure indicator; 13 – thermostat for the upper heating element; 14 – socket for connecting the ozonizer; 15 – heating element selection knob (4-position); 16 – timer for ozonizer operation or timer for recording experiment time; 17 – time indicator for taking experiment readings; 18 – keys for selecting the desired drying unit operating mode; 19 – drying unit body; 20 – upper IR heating element; 21 – glass door of drying unit; 22 – product hanger; 23 – lower heating element.

Экспериментальный стенд работает следующим образом: с помощью ручки переключателя выбора тэна 15 (верхний тэн, нижний тэн, оба тэна одновременно), выбираем тэн (в нашем случае сушка происходила с помощью верхнего тэна), далее с помощью регулятора мощности верхнего тэна 2 устанавливали нужную мощность (в нашем случае 1,2 кВт). Контроль показаний мощности осуществлялся с помощью цифрового измерителя показаний верхнего тэна 3.

Перед началом эксперимента выставляются нужные параметры температуры на термостате верхнего тэна 6. Эталонным грузом с учетом тары тарировали электронные весы 7 (точность весов 0,01 г.) соединенные штوكком с подвеской 22 находящийся в камере.

Далее на подвеску 22 выкладывали заранее подготовленные продукт слоем не более 8 мм [12].

Влажность продукта определяли согласно ГОСТ 28561-90 [11]. После достижения необходимой влажности продукт измельчали. Измельчение продукта проводили в ножевой мельнице до фракций 160-0 мкм.

Результаты исследований и их обсуждение. Наиболее эффективным направлением в области создания функциональных пищевых продуктов является обогащение дефицитными нутриентами или их комплексами традиционных продуктов питания массового потребления, пользующихся повседневным спросом. При этом предпочтительно использовать поликомпонентные пищевые добавки растительного происхождения, в том числе полученные в результате переработки вторичных региональных растительных ресурсов. В данной работе за основу были приняты фитопорошки тыквы, кизила и яблока.

На первом этапе исследований определяли соответствие показателей качества и безопасности порошков кизила, яблока и тыквы. Показатели качества представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Органолептические показатели качества порошков кизила, яблока и тыквы / Table 5 – Organoleptic quality indicators of dogwood, apple and pumpkin powders

Показатель	Характеристика		
	порошок тыквы	порошок яблока	порошок кизила
Внешний вид	Тонкоизмельченный сыпучий порошок без посторонних и крупных включений		
Цвет	Оранжевый	Светло-желтый	Красно-коричневый
Вкус и запах	Свойственный вкусу и запаху сушеной тыквы, без посторонних привкусов и запахов	Свойственный вкусу и запаху сушеного яблока, без посторонних привкусов и запахов	Свойственный вкусу и запаху сушеного кизила, без посторонних привкусов и запахов

Таблица 6 – Физико-химические показатели качества порошков кизила, яблока и тыквы / Table 6 – Physicochemical quality indicators of dogwood, apple and pumpkin powders

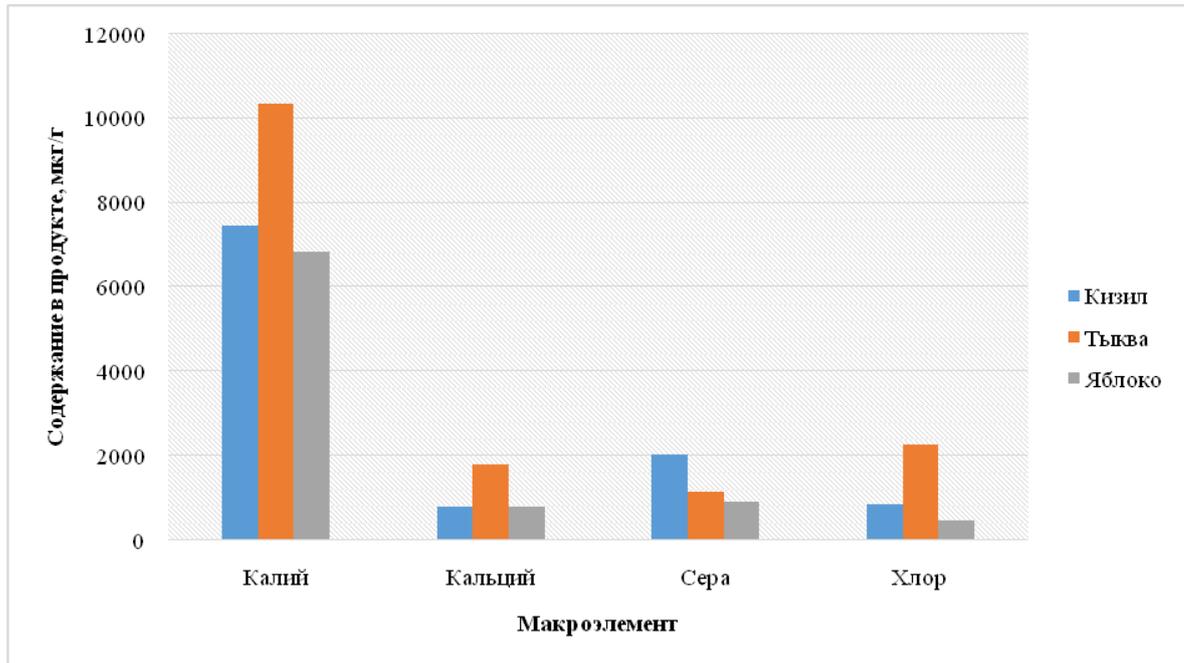
Показатель	Значение		
	порошок тыквы	порошок яблока	порошок кизила
Массовая доля влаги, %	9,0	8,0	15,0
Массовая доля металлопримесей, мг/1кг продукта	Отсутствуют		
Минеральные примеси	Отсутствуют		
Посторонние примеси	Отсутствуют		

Учитывая значительное теоретическое содержание в исследуемые продуктах минеральных веществ, был исследован состав макро- и микроэлементов порошков кизила, яблока и тыквы (таблица 7, рисунки 4-5).

Таблица 7 – Состав макро- и микроэлементов порошков кизила, яблока и тыквы (мкг/г продукта) / Table 7 – Composition of macro- and microelements of dogwood, apple and pumpkin powders (mcg/g of product)

Элемент	Кизил	Тыква	Яблоко
<i>Макроэлементы:</i>			
Калий	7455,81±161,45	10345,19±239,48	6849,53±193,84
Кальций	786,26±45,095	1798,91±85,89	805,17±57,16
Сера	2036,94±344,30	1137,77±323,73	927,24±291,60
Хлор	852,12±126,87	2282,47±261,63	463,20±117,03
<i>Микроэлементы:</i>			
Железо	7,26±1,02	21,54±2,12	40,33±3,02
Марганец	2,04±0,72	5,02±1,44	4,51±1,35
Молибден	0,24±0,12	2,41±0,47	2,47±0,47

Никель	0,26±0,24	1,67±0,78	5,79±1,45
Селен	0,014±0,01	0,04±0,02	1,50±0,12
Медь	7,80±1,16	6,34±1,32	6,28±1,31
Цинк	9,93±0,96	16,09±1,53	10,84±1,25



**Рисунок 4 – Содержание макроэлементов в фитосырье /
Figure 4 – Content of macroelements in phyto-raw materials**

Установлен состав макроэлементов исследуемых образцов: калий, кальций, сера и хлор, которые выполняют важные физиологические функции в организме человека. Так, калий – участвует в обмене веществ и в процессе передачи нервных импульсов в мышцы; кальций – обеспечивает рост и развитие костной ткани, участвует в обмене инсулина и в выработке гормонов, обеспечивает работу мышечной и нервной систем; сера – обеспечивает пространственную организацию молекул белков, необходимую для их функционирования, защищает клетки, ткани и пути биохимического синтеза от окисления, а весь организм – от токсического действия чужеродных веществ; хлор играет важную роль в поддержании мышц КОРа, осмотического равновесия плазмы крови, лимфы, спинномозговой жидкости и некоторых тканей, баланса воды в организме, является компонентом желудочного сока [1, 6, 8].

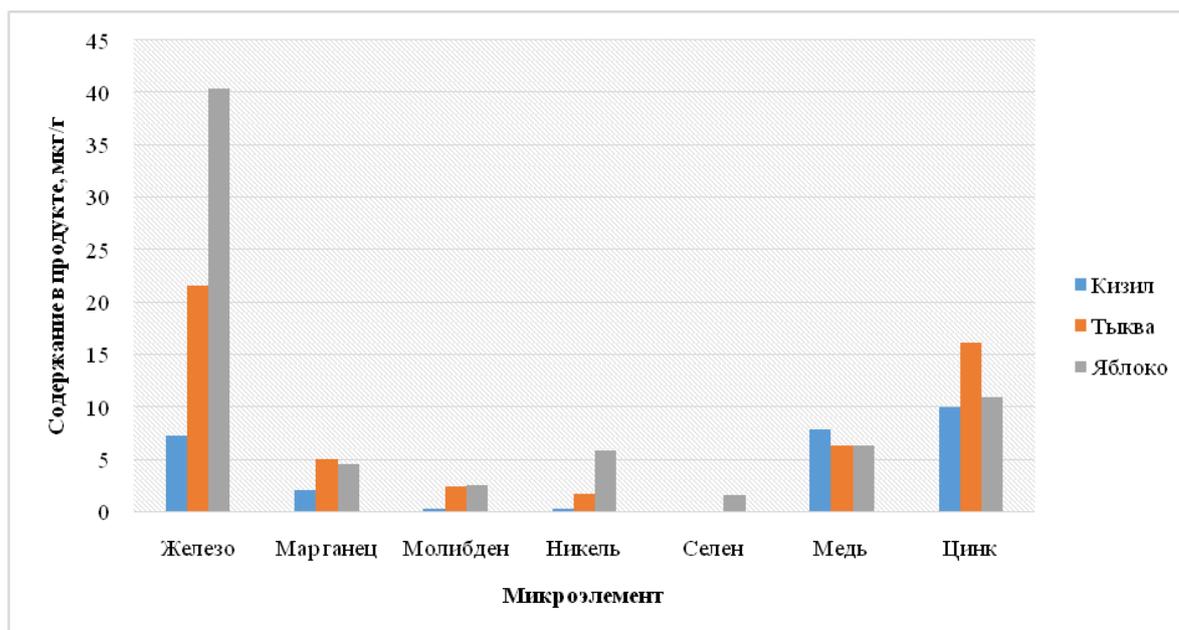


Рисунок 5 – Содержание микроэлементов в фитосырье /
Figure 5 – Microelement content in phyto-raw materials

В состав микроэлементов исследуемого сырья входят: железо – участвует в белковом и кислородном обмене, в синтезе гормонов и соединительной ткани; марганец – обеспечивает развитие костной и соединительной тканей, входит в состав ферментов, а также способствует синтезу холестерина и нуклеотидов и обладает антиоксидантными свойствами; медь – входит в состав ферментов, способствующих усвоению железа, обладает антиоксидантными свойствами, стимулирует работу желудочно-кишечного тракта и участвует в снабжении тканей организма кислородом; цинк – выполняет иммунную, регенеративную функцию, участвует в процессе обмена углеводов, белков и жиров, улучшает выработку эритроцитов и гемоглобина, входит в состав ферментов; селен – необходим для работы иммунной системы, нервной системы, нормализации метаболизма и функционирования органов зрения (световосприятия), а также работы сердца и сосудов, относится к иммуномодуляторам, противовирусным, противовоспалительным и антиоксидантным средствам, препятствует разрушению клеток. Из микроэлементов особое внимание следует уделить марганцу, меди и селену, так как их дефицит выявлен в пищевом статусе населения, а содержание этих микроэлементов в фитосырье достаточно высокое [1, 6, 8].

Заключение. Применение обогатительных фитокомпозиций и растительных добавок в производстве пищевых продуктов является одним из перспективных направлений в области инновационных разработок и позволяет расширить сегмент продукции специализированного и функционального назначения. Предложенные в работе порошки кизила, тыквы и яблока могут быть использованы для разработки функциональных фитокомпозиций, предназначенных для обогащения различных продуктов питания (хлебобулочных, кондитерских, мясных изделий), а также как основа для производства пищевых концентратов (соусы, супы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Золотокопова Ж. Ю. Роль микроэлементов в профилактике заболеваний // Научный альманах. 2020. № 4-1 (66). С. 111–114.
2. Викторова Е. П., Шахрай Т. А., Корнен Н. Н., Лукьяненко М. В., Федосеева О. В., Матвиенко А. Н., Казиминова М. А. Исследование функциональных и технологических свойств пищевых добавок из вторичных растительных ресурсов для создания продуктов здорового питания //

- Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2018. Т. 14. С. 201–209.
3. Корнен Н. Н. Методологические подходы к созданию продуктов здорового питания // Вопросы питания. 2015. Т. 84. № 1. С. 95–99.
 4. Тутельян В. А., Вялков А. И., Разумов А. Н., Михайлов В. И., Москаленко К. А., Одинец А. Г., Сбежнева В. Г., Сергеев В. Н. Научные основы здорового питания / М.: Издательский дом «Панорама», 2010. 816 с.
 5. Корякина С. Я., Ладнова О. Л., Лобок И. С., Микаелян А. В. Обоснование создания функциональных хлебобулочных изделий с применением смеси порошков тыквы и моркови // Хлебопродукты. 2018. № 4. С. 58–60.
 6. Оттавей П. Б. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки. Технология, безопасность и нормативная база. СПб.: Профессия, 2010. 312 с.
 7. Платонов В. Г., Чернов Н. В. Рынок функциональных пищевых продуктов // Scientific Journal of OrelSIET. 2019. № 2 (30). С. 21–24.
 8. Ребров В. Г., Громова В. А. Витамины, макро- и микронутриенты. Москва: ГЭОТАР. Медиа, 2008. 960 с.
 9. Скурихин И. М., Тутельян В. А. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.
 10. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия: ГОСТ 22261-82. Введ. с 01.01.1996. М., 2007. 30 с.
 11. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги. Общие технические условия: ГОСТ 28561-90. Введ. с 01.07.1991. М., 2011. 11 с.
 12. Поперечный А. Н., Антонова В. А., Корнийчук В. Г., Владимиров С. В. Кинетика процесса сушки замороженных абрикосов в сушилке с инфракрасным нагревом // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. 2024. № 3. С. 211–217.
 13. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.11.2012 г. № 180 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь. 2019. 15 с.
 14. Шешницан И. Н., Абурова Г. В. Растительное сырье в технологии функциональных хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2018. Т. 7. № 4 (44). С. 215–220.
 15. Białek A., Jelińska M., Tokarz A. Influence of maternal diet enrichment with conjugated linoleic acids on lipoxygenase metabolites of polyunsaturated fatty acids in serum of their offspring with 7,12-dimethylbenz[a]anthracene induced mammary tumors // Prostaglandins Other Lipid Mediat. 2015. P. 116–117.
 16. Boyer J., Liu R. H. Apple phytochemicals and their health benefits // Nutrition Journal. 2004. No. 5. P. 1–15
 17. Staichok A. C. B., Mendonça K. R. B., Santos P. G. A., Garcia L. G. C., Damiani C. Characterization and technological applicability // J. Food. Nutr. Res. 2016. No. 4. P. 327–333.
 18. Çiftçi S., Suna G. Functional components of peanuts (*Arachis hypogaea* L.) and health benefits: a review // Future Foods. 2022. No. 5. P. 100140.
 19. Hosseinpour-Jaghdani F., Shomali T., Gholipour-Shahraki S., Rahimi-Madiseh M., Rafeian-Kopaei M. Cornus mas: a review on traditional uses and pharmacological properties // J. Complement. Integr. Med. 2017. No. 14.
 20. Das U. N. Essential fatty acids: biochemistry, physiology and pathology // Biotechnol. J. 2006. No. 1. P. 420–439.
 21. Juskiewicz J., Zary-Sikorska E., Zdunczyk Z., Krol B., Jaroslawska J., Jurgonski A. Effect of dietary supplementation with unprocessed and ethanol-extracted apple pomaces on cecal fermentation, antioxidant and blood biomarkers in rats // J Nutr. 2012. N 107. P. 1138–1146.
 22. Xue Z., Guo Y., Fu C., Huo T., Yan M., Sun D. Extraction of dietary fiber from apple flesh pomace using hemicellulase // Nat Prod Res. 2013. No. 25. P. 1474–1479.
 23. Szczepaniak O. M., Kobus-Cisowska J., Kusek W., Przeor M. Functional properties of cornelian cherry (*Cornus mas* L.): a comprehensive review // Eur. Food Res. Technol. 2019. No. 245. P. 2071–2087.

24. Tanmoy T. I., Hossain M. S., Sultana S., Islam M. A., Mondal S. K., Saha T. Impacts of food and nutrition on covid-19 patients // *Pharmacologyonline*. 2020. No. 2. P. 122–128.
25. Indrianti N. N., Sholichah E., Afifah N. Pumpkin flour effects on antioxidant activity, texture, and sensory attributes of flat tubers noodle // *Proceedings of the IOP conference series: materials science and engineering*. 2021. Vol. 1011. P. 012007.
26. Chen X. H., Zhang M., Teng X. X., Mujumdar A. S. Internal structure design for improved shape fidelity and crispness of 3D printed pumpkin-based snacks after freeze-drying // *Food Research International*. 2022. P. 157.
27. Baek I. H., Cho H. S., Said N. S., Olawuyi I. F., Kim K. R., Lee W. Y. Physicochemical and nutritional characteristics of vegan protein bars formulated with sweet potato and rice protein // *Inter. J. Food Sci. Technol*. 2024. No. 59. P. 5664–5674.

REFERENCES

1. Zolotokopowa ZhYu. The role of trace elements in disease prevention. *Science almanac*. 2020;((4-1)(66)):111-114. (In Russ.).
2. Viktorova EP, Shakhrai TA, Kornen NN, Lukyanenko MV, et al. Study of functional and technological properties of food additives from secondary plant resources for the creation of healthy food products. *Scientific works of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking*. 2018. Vol. 14. P. 201-209. (In Russ.).
3. Kornen NN. Methodological approaches to the creation of healthy food products. *Voprosy pitaniya = Nutritional Questions*. 2015;84(1):95-99. (In Russ.).
4. Tutelyan VA, Vyalkov AI, Razumov AN, Mikhailov VI, et al. *Scientific foundations of healthy nutrition*. Moscow: Publishing house "Panorama"; 2010. 816 p. (In Russ.).
5. Koryachkiya SYa, Ladnova OL, Lobok IS, Mikaelyan AV. Justification for the creation of functional bakery products using a mixture of pumpkin and carrot powders. *Khleboprodukty = Bread products*. 2018;(4):58-60. (In Russ.).
6. Ottaway PB. *Food fortification and biologically active additives. Technology, safety and regulatory framework*. St. Petersburg: Profession; 2010. 312 p. (In Russ.).
7. Platonov VG, Chernov NV. Functional food products market. *Scientific Journal of OrelSIET*. 2019;2(30):21-24. (In Russ.).
8. Rebrov VG, Gromova VA. *Vitamins, macro- and micronutrients*. Moscow: GEOTAR. Media; 2008. 960 p. (In Russ.).
9. Skurikhin IM, Tutelyan VA. *Chemical composition of Russian food products: reference book*. Moscow: DeLi print; 2002. 236 p. (In Russ.).
10. *Instruments for measuring electrical and magnetic quantities. General specifications: GOST 22261-82*. Introduced on 01.01.1996. Moscow, 2007. 30 p. (In Russ.).
11. *Processed fruit and vegetable products. Methods for determining dry matter or moisture. General specifications: GOST 28561-90*. Introduced on July 1, 1991. Moscow, 2011. 11 p. (In Russ.).
12. Poperechny AN, Antonova VA, Korniyuchuk VG, Vladimirov SV. Kinetics of the drying process of frozen apricots in a dryer with infrared heating. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK-produkty zdorovogo pitaniya = Technologies of food and processing industry of agroindustrial complex-products of healthy nutrition*. 2024;3:211-217. (In Russ.).
13. *Nutritional requirements for the population: standards of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Republic of Belarus: Resolution of the Ministry of Health of the Republic of Belarus dated November 20, 2012 No. 180*. Ministry of Health of the Republic of Belarus. 2019. 15 p. (In Russ.).
14. Sheshnitsan IN, Aburova GV. Plant raw materials in the technology of functional bakery and flour confectionery products. XXI century: resumes of the past and challenges of the present plus. 2018;7((4) (44)):215-220. (In Russ.).
15. Białek A, Jelińska M, Tokarz A. Influence of maternal diet enrichment with conjugated linoleic acids on lipoxygenase metabolites of polyunsaturated fatty acids in serum of their offspring with 7,12-dimethylbenz[a]anthracene induced mammary tumors. *Prostaglandins Other Lipid Mediat*. 2015;116-117.
16. Boyer J, Liu RH. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*. 2004;(5):1-15.

17. Staichok ACB, Mendonça KRB, Santos PGA, Garcia LGC, et al. Characterization and technological applicability. *J. Food. Nutr. Res.* 2016;(4):327-333.
18. Çiftçi S, Suna G. Functional components of peanuts (*Arachis Hypogaea* L.) and health benefits: a review. *Future Foods.* 2022;(5);5:100140.
19. Hosseinpour-Jaghdani F., Shomali T., Gholipour-Shahraki S., Rahimi-Madiseh M., et al. Cornus mas: a review on traditional uses and pharmacological properties. *J. Complement. Integr. Med.* 2017;14.
20. Das UN. Essential fatty acids: biochemistry, physiology and pathology. *Biotechnol. J.* 2006;(1):420-439.
21. Juskiwicz J, Zary-Sikorska E, Zdunczyk Z, Krol B, et al. Effect of dietary supplementation with unprocessed and ethanol-extracted apple pomaces on cecal fermentation, antioxidant and blood biomarkers in rats. *J Nutr.* 2012;(107);1138-1146.
22. Xue Z, Guo Y, Fu C, Huo T, et al. Extraction of dietary fiber from apple flesh pomace using hemicellulase. *Nat Prod Res.* 2013;(25):1474-1479.
23. Szczepaniak OM, Kobus-Cisowska J, Kusek W, Przeor M. Functional properties of cornelian cherry (*Cornus mas* L.): a comprehensive review. *Eur. Food Res. Technol.* 2019;(245):2071-2087.
24. Tanmoy TI, Hossain MS, Sultana S, Islam MA, et al. Impacts of food and nutrition on covid-19 patients. *Pharmacologyonline.* 2020;(2):122-128.
25. Indrianti NN, Sholichah E, Afifah N. Pumpkin flour effects on antioxidant activity, texture, and sensory attributes of flat tubers noodle. In *Proceedings of the IOP conference series: materials science and engineering.* 2021;1011:012007.
26. Chen XH, Zhang M, Teng XX, Mujumdar AS. Internal structure design for improved shape fidelity and crispness of 3D printed pumpkin-based snacks after freeze-drying // *Food Research International.* 2022;157.
27. Baek IH, Cho HS, Said NS, Olawuyi IF, et al. Physicochemical and nutritional characteristics of vegan protein bars formulated with sweet potato and rice protein. *Inter. J. Food Sci. Technol.* 2024;(59):5664-5674.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Анастасия Сергеевна Кучер – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры технологии, физиологии и гигиены питания, УО Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, kucher_as@grsu.by

Славамир Степанович Ануфрик – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики и теплотехники, УО Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, anufrikk@grsu.by

Оксана Валерьевна Павлова – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, физиологии и гигиены питания, УО Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, pavlova@grsu.by

Владимир Григорьевич Корнийчук – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации производства продуктов питания имени Коршуновой А.Ф., Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Бараноского, doc.12022007@mail.ru

Сергей Владимирович Владимиров – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации производства продуктов питания имени Коршуновой А.Ф., Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Бараноского, vladimirov4353@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 15.01.2024;
одобрена после рецензирования: 19.02.2025;
принята к публикации: 18.03.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anastasia S. Kucher – Master of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Technology, Physiology and Food Hygiene, Yanka Kupala Grodno State University, kucher_as@grsu.by

Slavamir S. Anufrik – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor of the Department of Theoretical Physics and Heat Engineering, UO Yanka Kupala State University of Grodno, anufrik@grsu.by

Oksana V. Pavlova – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of Technology, Physiology and Food Hygiene, Yanka Kupala State University of Grodno, pavlova@grsu.by

Vladimir G. Korniyuchuk – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Food Production named after Korshunova A.F., Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranosky, doc.12022007@mail.ru

Sergey V. Vladimirov – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Food Production named after Korshunova A.F., Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranosky, vladimirov4353@yandex.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted: 15.01.2024;

approved after reviewing: 19.02.2025;

accepted for publication: 18.03.2025.

Научная статья

УДК 303.732

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.9>

Анализ классификации современных биореакторных систем (обзор). Часть 1. Классификация биореакторов по конструктивным параметрам

Александр Алексеевич Досаев^{1*}, Руслан Рафигович Сафаров², Наталья
Васильевна Меньшутина³

^{1, 2, 3} Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

¹ a.dosaev93.muctr@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9208-0711>

² safarov.r.r@muctr.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0342-0049>

³ menshutina.n.v@muctr.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7806-1426>

*Автор, ответственный за переписку: Александр Алексеевич Досаев, a.dosaev93.muctr@mail.ru

Аннотация. Биореакторы являются неотъемлемой частью биотехнологических процессов. В настоящее время область их применения расширяется и охватывает множество сфер человеческой деятельности. Биореакторные системы широко задействованы в биотехнологических процессах как для получения микроорганизмов, ферментов, клеточных линий, вирусов, рекомбинантных белков, так и разнообразных продуктов пищевой, косметической, фармацевтической, медицинской, химической и сельскохозяйственной отраслей. Стоит отметить, что помимо использования в производстве, данные аппараты находят применение в процессах очистки сточных вод и почвы от различных отходов на производственных объектах. Вследствие активного использования биореакторов, с целью оптимизации производственных процессов и уменьшения эксплуатационных расходов, с помощью современных технологий автоматизации, искусственного интеллекта и 3-D печати разрабатываются новые высокоэффективные автоматизированные устройства с разнообразными функциональными элементами и конструктивными особенностями. С каждым годом наблюдается увеличение числа научных трудов, посвященных описанию как биореакторов с новой конструкцией, так и модернизации существующих аппаратов. Мировым научным сообществом накоплен большой объем данных в области биотехнологии, в том числе включающий информацию о биореакторах, используемых в биотехнологических процессах. Стоит отметить, что данные об используемых и разрабатываемых аппаратах зачастую либо не структурированы и не систематизированы, либо информация о существующих классификациях оборудования рассредоточена во множестве источников литературы, что представляет собой проблему разрозненности информации, которая не теряет своей актуальности на сегодняшний день. Вследствие представленной проблемы множество ученых и специалистов в научной сфере и на производстве сталкивается с трудностями при осуществлении выбора оптимального оборудования для выполнения научно-исследовательских работ и проведения производственных процессов, так как большие объемы рассредоточенных данных существенно усложняют процесс выбора и требуют больших временных и финансовых затрат для поиска и анализа необходимой информации. Для решения проблемы разрозненности данных проведен анализ научных работ отечественных и зарубежных авторов по существующим типам биореакторов и их классификации. По итогам проведенного анализа в данной работе представлена первая часть структурированной информации по классификации биореакторов, относящейся к конструктивным особенностям аппаратов – классификации по типу конструкции и внешнему виду. Приведена характеристика существующих типов биореакторов с описанием их конструктивных составляющих и принципа работы,

© Досаев А. А., Сафаров Р. Р., Меньшутина Н. В., 2025

отмечены достоинства и недостатки аппаратов, представлены примеры их использования в различных производственных отраслях, в том числе в пищевой промышленности. Данные, структурированные по результатам анализа научных трудов отечественных и зарубежных авторов, представленные в данной работе, могут быть использованы в качестве вспомогательного источника информации при проведении образовательного процесса, а также при выполнении научно-исследовательских работ. Стоит отметить, что собранная информация в дальнейшем будет использована авторами при проведении системного анализа для разработки информационно-аналитического комплекса в области биотехнологических процессов с использованием биореакторов.

Ключевые слова: биотехнология, биотехнологический процесс, классификация биореакторов, системный анализ

Для цитирования: Досаев А. А., Сафаров Р. Р., Меньшутина Н. В. Анализ классификации современных биореакторных систем (обзор). Часть 1. Классификация биореакторов по конструктивным параметрам // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 106-125. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.9>

Research article

Classification analysis of modern bioreactor systems (review). Part 1. Classification of bioreactors by design parameters

Alexander A. Dosaev^{1*}, Ruslan R. Safarov², Natalia V. Menshutina³

^{1, 2, 3} D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, Russia

¹ a.dosaev93.muctr@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9208-0711>

² safarov.r.r@muctr.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0342-0049>

³ menshutina.n.v@muctr.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7806-1426>

* **Corresponding author:** Alexander Alekseevich Dosaev, a.dosaev93.muctr@mail.ru

Abstract. Bioreactors are an integral part of biotechnological processes. Currently, the scope of their application is expanding and covers many areas of human activity. Bioreactor systems are widely used in biotechnological processes for the production of microorganisms, enzymes, cell lines, viruses, recombinant proteins, as well as various products of the food, cosmetic, pharmaceutical, medical, chemical and agricultural industries. It is worth noting that in addition to being used in production, these devices are used in wastewater and soil treatment processes from various waste at production facilities. Due to the active use of bioreactors, in order to optimize production processes and reduce operating costs, new highly efficient automated devices with a variety of functions are being developed using modern automation technologies, artificial intelligence and 3-D printing. As a result of the presented problem, many scientists and specialists in the scientific field and in production face difficulties in choosing the optimal equipment for performing research and production processes, since large amounts of dispersed data significantly complicate the selection process and require large time and financial resources to search and analyze the necessary information. To solve the problem of data fragmentation, an analysis of scientific papers by domestic and foreign authors on existing types of bioreactors and their classification was carried out. Based on the results of the analysis, this paper presents the first part of the structured information on the classification of bioreactors related to the design features of the devices – classification by design type and appearance. The characteristics of the existing types of bioreactors are given with a description of their structural components and the principle of operation, the advantages and disadvantages of the devices are noted, and examples of their use in various industrial sectors, including in the food industry, are presented. The data, structured based on the results of the analysis of scientific works by domestic and foreign authors, presented in this work, can be used as an auxiliary source of information during the educational process, as well as when performing research work. It is worth noting that the information collected will be used by the authors in the future when conducting a system analysis to develop an information and analytical complex in the field of biotechnological processes using bioreactors.

Keywords: biotechnology, biotechnological process, classification of bioreactors, system analysis

For citation: Dosaev AA, Safarov RR, Menshutina NV. *Classification Analysis of Modern Bioreactor Systems (review). Part 1. Classification of bioreactors by design parameters. Modern Science and innovation. 2025;(1):106-125. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.9>*

Введение. В настоящее время биореакторы являются незаменимыми составляющими биотехнологического процесса [1]. Данные устройства, в различном конструктивном оформлении, задействованы в процессах микробиологической очистки стоков и почвы от отходов предприятий, применяются для производства множества продуктов пищевой, энергетической, фармацевтической, сельскохозяйственной, химической, косметической, медицинской отраслей [2]. Их используют для получения различных микроорганизмов, клеточных линий, вирусов, ферментов и рекомбинантных белков [1].

Вследствие обширного применения во множестве сфер деятельности человека наблюдается рост числа разрабатываемых биореакторов в новом конструктивном исполнении и усовершенствование старых конструкций. Множество научных трудов посвящено описанию созданных устройств и их классификации, но информация является разобщенной и неструктурированной. Большое количество научных исследователей и специалистов в научной сфере и на производстве, сталкивается с трудностью подбора оптимального оборудования для проведения научных исследований и производственных процессов, а увеличение объемов поступающей неструктурированной информации, лишь усложняет процесс выбора. Для решения проблемы разрозненности информации предложено проведение анализа научных работ отечественных и зарубежных авторов по существующим устройствам и их классификации, что является целью представленной работы. Вследствие того, что научная деятельность является не только наукоемкой, но и дорогостоящей, возникает острая необходимость в разработке программных продуктов для эффективного структурирования данных, что является актуальным на сегодняшний день. В дальнейшем собранная информация будет использована при проведении системного анализа для разработки информационно-аналитического комплекса в области биотехнологических процессов с использованием биореакторов.

Материалы и методы исследований. Согласно анализу работ отечественных и зарубежных авторов, установлено, что в настоящее время разработано множество биореакторов в разнообразном конструктивном исполнении. Примерами научных разработок являются: биореактор, изготовленный на 3D-принтере, совместимый со спектрометрами ЯМР с низким полем, разработанный для размещения биоинженерных 3D-моделей клеток [3]; многокамерный биореактор для культивирования клеточных линий яичника китайского хомячка CHO DP12 [4]; трубчатый биореактор для производства водорода методом фотоферментации на открытом воздухе [5]; биореактор для совместного культивирования стволовых клеток кожи (SSC) и фибробластов (HFF1) [6]; биореактор с мембраной из полых волокон для получения микробного белка из метана [7]. Стоит отметить, что увеличение числа конструктивных разработок подтверждается ростом публикационной активности научных статей с ключевым словом «проектирование биореактора», по данным «Scopus» [8]. Благодаря использованию новых технологий при разработке, таких как искусственный интеллект, автоматизация и 3-D печать, биореакторы в настоящее время, стали автоматизированным и высокоэффективным оборудованием [9].

По итогам анализа, определено, что биореакторные системы, разработанные за последние 60 лет, можно характеризовать с помощью следующих классификаций (рис.1):



Рисунок 1 – Существующие классификации биореакторных систем / Figure 1 – Existing classifications of bioreactor systems

Классификация устройств осуществляется по определенным классификационным составляющим, характеризующим биореактор: *конструктивным особенностям* (внешнему виду и внутренним составляющим), а также *условиям и направленности процесса*.

Результаты исследований и их обсуждение. В силу большого объема собранного материала, в представленной первой части обзорной работы, описаны классификации, имеющие отношение к *конструктивным особенностям биореакторов – по типу конструкции и внешнему виду*.

Классификация биореакторов по типу конструкции. По типу конструкции биореакторы бывают: *пленочного, трубчатого, колонного, барабанного, лоткового, мембранного, волоконного и дискового типов*.

Биореакторы пленочного типа, по конструкционному оформлению, подразделяют на одноступенчатые и многоступенчатые (рис. 2).

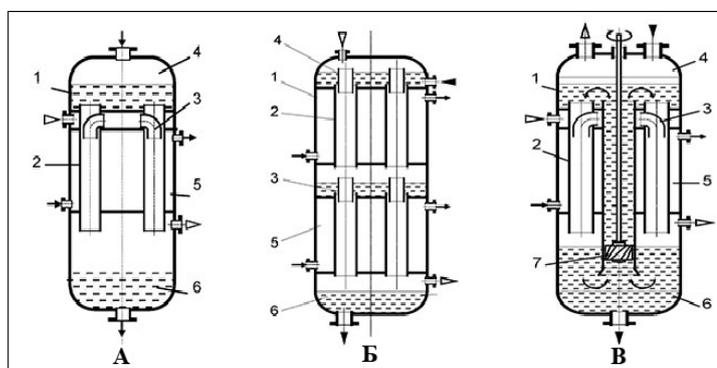


Рисунок 2 – Конструктивные схемы пленочных биореакторов А, В. Одноступенчатые биореакторы. Б. Многоступенчатый биореактор. Конструктивное исполнение: 1. Корпус; 2. Контактная трубка; 3. Газовый патрубок; 4. Камера для ввода газа; 5. Теплообменная секция; 6. Камера для перемешивания и аэрации

культивирования; 7. Насос / Figure 2 – Design diagrams of film bioreactors A, B. Single-stage bioreactors. B. Multi-stage bioreactor. Design: 1. The case; 2. Contact tube; 3. The gas pipe; 4. Gas injection camera; 5. The heat exchange section; 6. Cell culturing; 7. Pump

Источник: составлено по данным [10]

Source: compiled from data [10]

Принцип действия представленных устройств достаточно прост: на верхнюю горизонтальную перегородку аппарата осуществляется непрерывная подача жидкости, которая интенсивно насыщается газом. Впоследствии, в виде газожидкостного слоя, она стекает по внутренней поверхности труб. Одновременно происходит выведение тепла и продуктов метаболизма [10,11].

В многоступенчатых системах, в отличие от одноступенчатых систем, насыщение жидкости газом и его использование микроорганизмами осуществляется на каждой ступени, что позволяет разместить в рабочей зоне биореактора большее количество культуральной жидкости, а также уменьшить расход перекачиваемой жидкости через аппарат [11].

Преимуществами использования представленных аппаратов являются: высокие значения поверхностного коэффициента массоотдачи, отвода тепла, скорости переноса газа и удаления продуктов метаболизма; непосредственное осуществление отвода тепла в зоне биохимической реакции; высокая производительность при небольших габаритах; отсутствие пенообразования и флотации. В качестве недостатка отмечена невозможность получения высокого выхода биомассы при проведении процесса культивирования микроорганизмов [10-12].

Рассматриваемые биореакторы используют для получения суспензий фотоавтотрофных микроорганизмов, которые в дальнейшем активно применяют в пищевой промышленности для производства пищевых красителей и пищевых добавок [12].

Биореакторы трубчатого типа хорошо подходят для использования в непрерывном режиме работы и находят активное применение в очистке сточных вод, процессах ферментации, культивировании штаммов (требующих строгого контроля температуры), производстве вирусов, биоэтанола и летучих соединений в целом [13-15]. В пищевой отрасли их используют в молочной промышленности (производство водного кефира), применяют в технологии получения безалкогольных напитков, пищевых добавок на основе микроводорослей [16,17]. Стоит отметить, что биореакторы трубчатого типа могут быть задействованы в двухступенчатых процессах, в сочетании с биореакторами с механическим перемешиванием. В данном случае, на первом этапе биотехнологического процесса, в биореакторе с мешалкой происходит культивирование биомассы, а впоследствии, на втором этапе, трубчатый биореактор используют для получения метаболитов или в процессах биоконверсии. Примером использования представленной системы биореакторов является процесс получения биопестицидов [13].

Данные аппараты подразделяют на *горизонтальные* и *вертикальные*. *Горизонтальные*, в свою очередь, делятся на: *блюдисковые*, *многолопастные*, *тонкослойные*, *ротационные*, *реакторы с пневматической аэрацией и перемешиванием*, *с механическим или пневматическим скребком*, *с механическим перемешиванием и аэрацией* (рис. 3) [13,14].

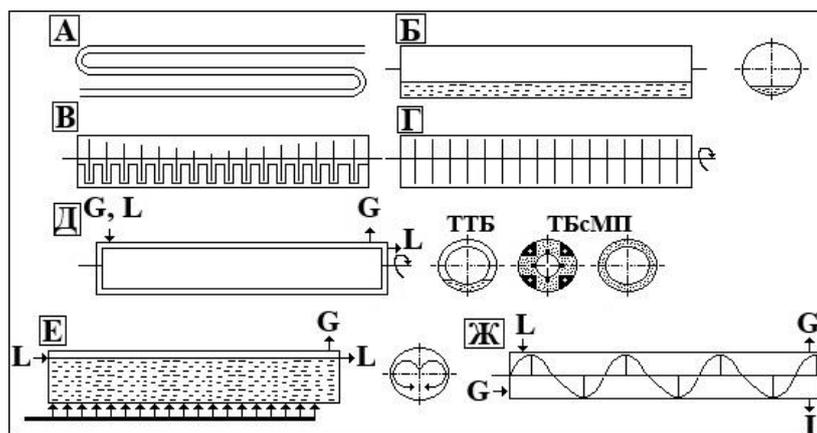


Рисунок 3 – Конструктивные схемы горизонтальных трубчатых биореакторов. А. Простая трубка. Б. Горизонтальный ротационный биореактор. В. Многолопастной трубчатый биореактор. Г. Биодисковый биореактор. Д. Тонкослойный трубчатый биореактор (ТТБ) и трубчатый биореактор с механическим перемешиванием и аэрацией (ТБсМП). Е. Трубчатый биореактор с пневматической аэрацией и перемешиванием. Ж. Трубчатый биореактор с механическим или пневматическим скребком // Figure 3 – Design diagrams of horizontal tubular bioreactors. A. Simple tube. Б. Horizontal rotary bioreactor (HRB). В. Multiple blade tubular bioreactor. Г. Biodisc reactor. Д. Thin-layer tubular bioreactor (ThLTB) and mechanically agitated and aerated tubular bioreactor (MATB). Е. Pneumatically aerated and agitated tubular bioreactor (PATB). Ж. Mechanically or pneumatically scraped tubular bioreactor (MSTBor PSTB)

Источник: составлено по данным [13]

Source: compiled from data [13]

Главными конструктивными элементами представленных аппаратов, являются трубки (*спиральные, петлевые, прямые*), изготовленные из стекла или полимерных материалов, по которым циркулирует питательная среда [15].

Преимущества биореакторов данного типа: более равномерное распределение и смешивание по сравнению с биореакторами с мешалкой; легкость устранения «мертвых» зон; простота конструкции и обслуживания (эргономичность), отсутствие влияния биотехнологических газов на поток в биореакторе, а также отсутствие ингибирующего эффекта при гидростатическом давлении. В качестве отдельного достоинства стоит выделить высокие значения отношения площади поверхности к объему, в сравнении с другими типами биореакторов. Данное преимущество способствует более эффективному протеканию процессов массо- и теплопередачи, что важно в биопроцессах с полутвердыми или твердыми субстратами, фотореакциях (максимальное воздействие света) и при использовании чувствительных к сдвигу организмов [13].

В качестве недостатка отмечена чрезвычайно малая возможность проведения микробиотических процессов, вследствие длительности их протекания, что требует установки трубок очень большой длины [13,18].

Биореакторы колонного типа представляют собой цилиндрические колонны, из нижней части которых, вызывая турбулизованный поток, осуществляется подача газа [19]. Перемешивание происходит с помощью барботажа. Примерами устройств данного типа являются *биореакторы с барботажной колонной и эрлифтные биореакторы* (рис. 4).

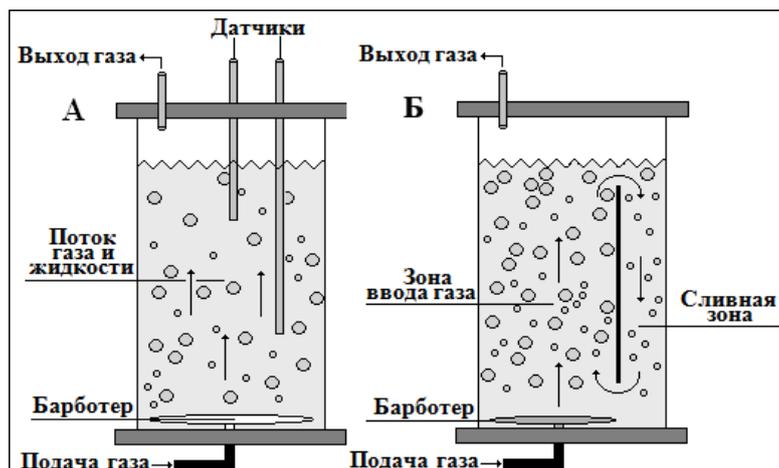


Рисунок 4 – Конструктивные схемы колонных биореакторов. А. Биореактор с барботажной колонной. Б. Эрлифтный биореактор / Figure 4 – Design diagrams of column bioreactors. A. Bioreactor with bubble column. Б. Airlift bioreactor.

Источник: составлено по данным [19]

Source: compiled from data [19]

Биореакторы с барботажной колонной по конструктивному исполнению схожи с эрлифтными биореакторами, но в сравнении имеют существенный недостаток — отсутствие циркуляции культуральной среды [20].

В качестве достоинств биореакторов колонного типа отмечены: простота конструкции, отсутствие механических частей для осуществления перемешивания, хороший массоперенос, низкие эксплуатационные и энергетические затраты [19-21]. В качестве недостатка установлена трудность масштабирования до больших объемов [21].

Данный тип биореакторов наиболее часто используется для культивирования чувствительных культур (клеток млекопитающих). Примерами использования биореакторов колонного типа в пищевой промышленности являются: изготовление культивированного мяса [22], получение органических кислот (например, лимонной) [23], производство бактериальной целлюлозы (упаковка пищевых продуктов) [24].

Биореакторы барабанного типа наиболее полно соответствуют параметрам технологического процесса производства биологически активных и экологически безопасных удобрений из отходов птицеводства и животноводства [25]. Их, в свою очередь, подразделяют на следующие аппараты: с вращающимся барабаном, с перемешиваемым барабаном, с качающимся барабаном [26,27].

Данные устройства отличаются простотой конструктивного исполнения. Барабаны, приводимые в действие приводом, осуществляют медленное вращение, вследствие которого биомасса микроорганизмов подвергается естественной аэрации [26]. В качестве достоинств отмечены: мягкое перемешивание, связанное с опрокидыванием слоя субстрата (позволяет использовать указанный тип биореакторов для чувствительных клеток млекопитающих); хороший тепло- и массообмен [28]. Представленные биореакторы используют для биоконверсии агропромышленных отходов и биоремедиации почвы [29]. В пищевой промышленности данный тип аппаратов применяют в процессах твердофазной ферментации для получения уксуса [30] и грибковых ферментов [17].

В биореакторах с вращающимся барабаном, слой субстрата содержится в горизонтальном или наклонном барабане и перемешивается, за счет вращения всего биореактора вокруг его центральной оси. Подача воздуха осуществляется в свободное пространство над твердым слоем. Конструктивная схема биореактора представлена на рис. 5.

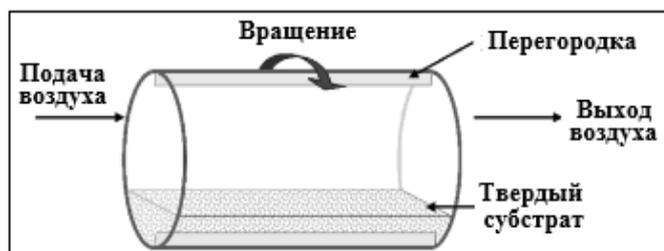


Рисунок 5 – Конструктивная схема биореактора с вращающимся барабаном / Figure 5 – Design diagram of a bioreactor with a rotating drum

Источник: составлено по данным [26]

Source: compiled from data from [26]

За счет газообмена между слоем и свободным пространством происходит аэрация слоя [31]. Стоит отметить, что биореакторы с вращающимся барабаном, в свою очередь, классифицируют по типу барабана – с *непрерывным* или *прерывистым вращением*.

Биореакторы с непрерывным вращением часто применяют в лабораторном и пилотном масштабах для перемешивания частиц субстрата. В качестве недостатка выделено увеличение скорости вращения, что негативно влияет на рост мицелия [31]. В *биореакторах с прерывистым вращением* отмечено снижение скорости вращения, за счет чередования фаз перемешивания и статики. Во время статических периодов устройства работают подобно лотковому биореактору [32].

В *биореакторах с перемешиваемым барабаном* перемешивание происходит за счет механических устройств (лопастей или скребков), установленных на валу вдоль центральной оси внутри биореактора (рис. 6).

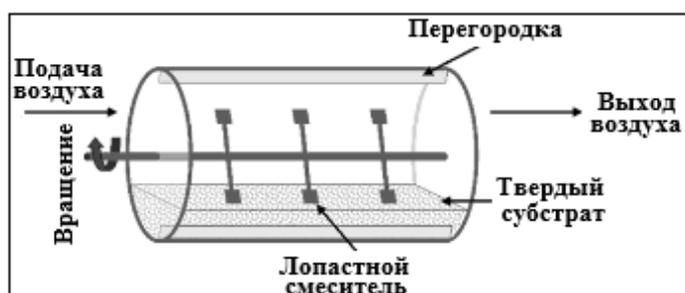


Рисунок 6 – Конструктивная схема биореактора с перемешиваемым барабаном / Figure 6 – Design diagram of a bioreactor with a stirred drum

Источник: составлено по данным [26]

Source: compiled from data from [26]

Стоит отметить, что в отличие от устройств с вращающимся барабаном, вращения самого биореактора не происходит [26]. Данный тип устройств наиболее широко применяется для получения рамнолипидов-биосурфактантов [33].

Конструкция *биореакторов с качающимся барабаном* включает в себя три концентрически расположенных барабана (внешний, средний и внутренний) (рис. 7) [27].

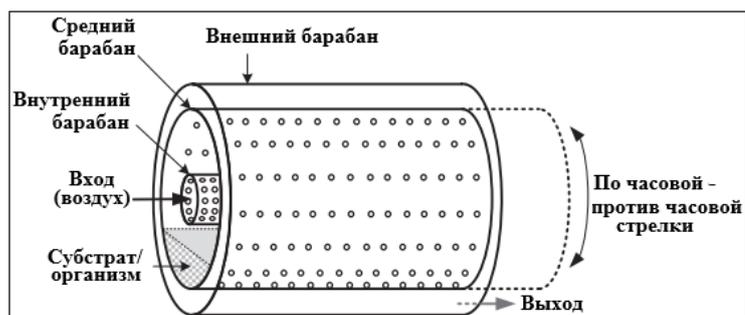


Рисунок 7 – Конструктивная схема биореактора с качающимся барабаном / Figure 7 – Design diagram of a bioreactor with an oscillating drum

Источник: составлено по данным [27]

Source: compiled from data from [27]

Между перфорированными средним и внутренним барабаном свободно размещаются твердые частицы субстрата. Воздух, проходя через внутренний барабан, поступает в биореактор. Впоследствии, через перфорированные барабаны и твердые частицы субстрата, он проходит к выходному отверстию, расположенному на внешнем барабане. Вода, в свою очередь, попадая во внутренний барабан, под действием силы тяжести, через перфорации перемещается в слой. Перемешивание осуществляется за счет вращения двух внешних барабанов. Барабаны вращаются на три четверти оборота по часовой стрелке и против часовой стрелки соответственно [27].

Установлено, что биореакторы с качающимся барабаном способны к работе при прерывистом перемешивании и усиленной аэрации. В данном случае, в течение большей части процесса ферментации, они остаются неподвижными. Вследствие редкого перемешивания, отмечены высокие максимальные температуры верхней части слоя во время протекания процесса ферментации [33]. Указанный недостаток возможно устранить увеличением частоты смешивания.

Конструкция биореакторов *дискового типа* включает в себя вращающийся стержень, на котором расположены диски (рис. 8).

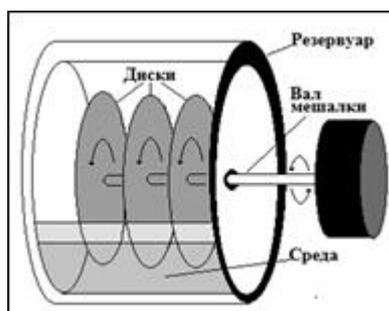


Рисунок 8 – Конструктивная схема дискового биореактора /

Figure 8 – Design diagram of a disk bioreactor

Источник: составлено по данным [34]

Source: compiled from data from [34]

Представленная конструкция способствует увеличению полезной площади, благодаря которой увеличивается выход готового продукта. Перемешивание среды осуществляется за счет постоянного дискового вращения, что положительно влияет на бактериальный рост. Помимо отмеченных достоинств, авторами статьи [34] приведен ряд следующих недостатков: сложность обслуживания; затруднения, связанные с получением продукта определенного типа (в зависимости от конструкции дисков). Последний приведенный недостаток рассмотрим на примере получения бактериальной целлюлозы: известно, что при наличии перфорации диска появляются трудности в получении

целлюлозы пленочного типа, а при отсутствии перфорации, волокна целлюлозы не имеют возможности зацепления и рост происходит на поверхности среды [34].

Помимо применения в процессах получения бактериальной целлюлозы, биореакторы дискового типа используют для получения кислот (например, итаконовой кислоты) [35], а также для производства антибиотиков [36].

Биореакторы лоткового типа состоят из камеры с большим количеством отдельных лотков, расположенных один над другим, с зазором между ними для аэрации [37]. Конструктивная схема биореактора представлена на рис. 9.

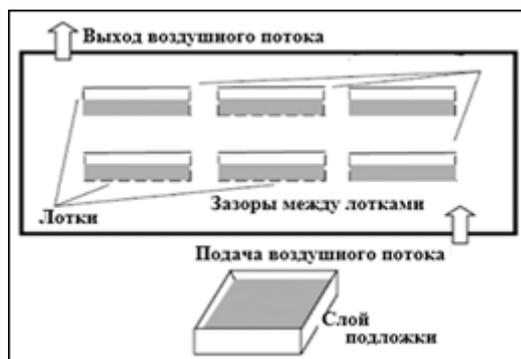


Рисунок 9 – Схема конструктивного исполнения лоткового биореактора /
Figure 9 – Scheme of the design of a tray bioreactor

Источник: составлено по данным [37]
Source: compiled from data from [37]

Каждый лоток содержит тонкий слой субстрата, (обычно глубиной от 5 до 15 см) и имеет открытый верх и перфорированное дно. Воздух в камере циркулирует вокруг ряда лотков с контролируемой температурой (путем циркуляции теплого или прохладного воздуха) и относительной влажностью (путем пропускания, насыщенного или сухого воздуха). Размер камеры зависит от масштаба производства [38].

Данные биореакторы долгое время используются для твердофазной ферментации (в том числе и в пищевой отрасли) [17]. В качестве достоинства отмечена простота конструкции, а в качестве недостатков – трудность масштабирования (увеличение масштаба возможно только за счет увеличения площади лотков); ограниченный тепло- и массоперенос, влияющие на производительность; сложность для использования в стерильных процессах, вследствие высоких затрат (требуется стерильные помещения, оборудование и т.д.) [39].

Биореакторы мембранного типа широко применяются для очистки сточных вод различных предприятий [40] и по конструктивному исполнению могут быть с *вынесенным* (избыточное давление) или *погружным* (слабый вакуум) мембранным блоком (рис. 10) [41].

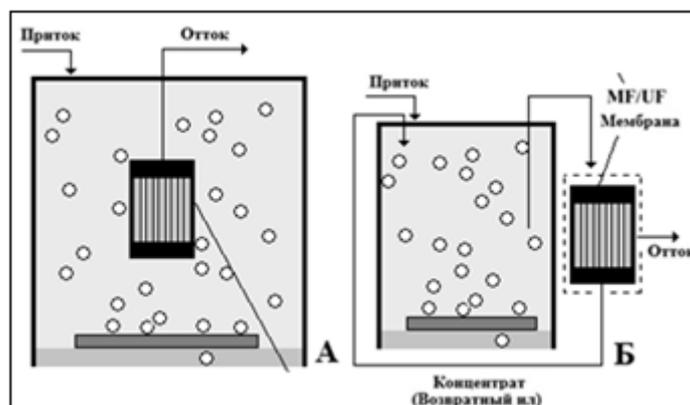


Рисунок 10 – Конструктивные схемы мембранных биореакторов. А. Биореактор с погружным мембранным блоком; Б. Биореактор с вынесенным мембранным блоком / Figure 10 – Design diagrams of membrane bioreactors. A. Bioreactor with a submersible membrane unit; Б. Bioreactor with a remote membrane unit

Источник: составлено по данным [41]

Source: compiled from data from [41]

Принцип работы представленных аппаратов достаточно прост: проходя механическую очистку, сточные воды с помощью рециркуляционного насоса поступают в биореактор, и иловая смесь проходит фильтрацию через ультра- и микрофильтрационные мембраны, отделяя очищенную воду. Наличие мембранного модуля является основным конструктивным отличием мембранных биореакторов от традиционных систем биологической очистки в аэротенках [42].

Материалом для изготовления мембран являются неорганические соединения (например, оксиды Ti, Al, Zr) и полимеры (например, поливинилхлорид, полисульфон, полиэтилен, полиакриланитрил). Размер мембран может быть от 0,01 до 0,1 мкм. Выделяют следующие типы мембран: *погружные половолоконные* (используют в вакуумных системах), *выносные трубчатые* (используют в напорных системах) и *погружные полolistовые* (используют в самотечных и вакуумных системах) [43].

Помимо активного применения в процессах биоочистки, данные биореакторы используются в пищевой промышленности (примеры: спиртовая отрасль – обработка зерновой барды, производство ультраконцентратов; мясная – выделение и концентрирование плазмы крови, яиц, желатина и субпродуктов; плодоовощная – очистка и концентрирование соков) [44]. В настоящее время сообщается о создании биореакторов сверхбольшого масштаба с производительностью (100000-864000 м³/сутки) в Китае, Европе и США (более 300 проектов) [45].

Биореакторы с полыми волокнами имеют отличное соотношение площади поверхности к объему по сравнению с другими типами биореакторов, поэтому скорость прикрепления и пролиферации клеток в них очень высока из-за улучшенного массопереноса [46]. Полые волокна являются полупроницаемой мембраной из растяжимого материала, на поверхности которого возможна фиксация клеток (рис. 11) [47].

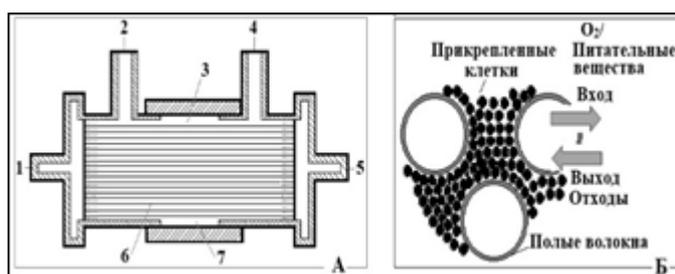


Рисунок 11 – А. Схема половолоконного биореактора. 1. Выход среды, циркулирующей снаружи полых волокон; 2. Вход среды, циркулирующей внутри полых волокон; 3. Пространство снаружи полых волокон; 4. Вход среды, циркулирующей снаружи полых волокон; 5. Выход среды, циркулирующей внутри полых волокон; 6. Полые волокна; 7. Пространство внутри полых волокон. Б. Схема расположения клеток в биореакторе / Figure 11 – A. Schematic of the hollow fiber bioreactor. 1. Exit of the medium circulating outside the hollow fibers; 2. Entrance of the medium circulating inside the hollow fibers; 3. Space outside the hollow fibers; 4. Entrance of the medium circulating outside the hollow fibers; 5. Exit of the medium circulating inside the hollow fibers; 6. Hollow fibers; 7. Space inside hollow fibers. Б. Cell arrangement diagram in the bioreactor

Источник: составлено по данным [47]

Source: compiled from data from [41]

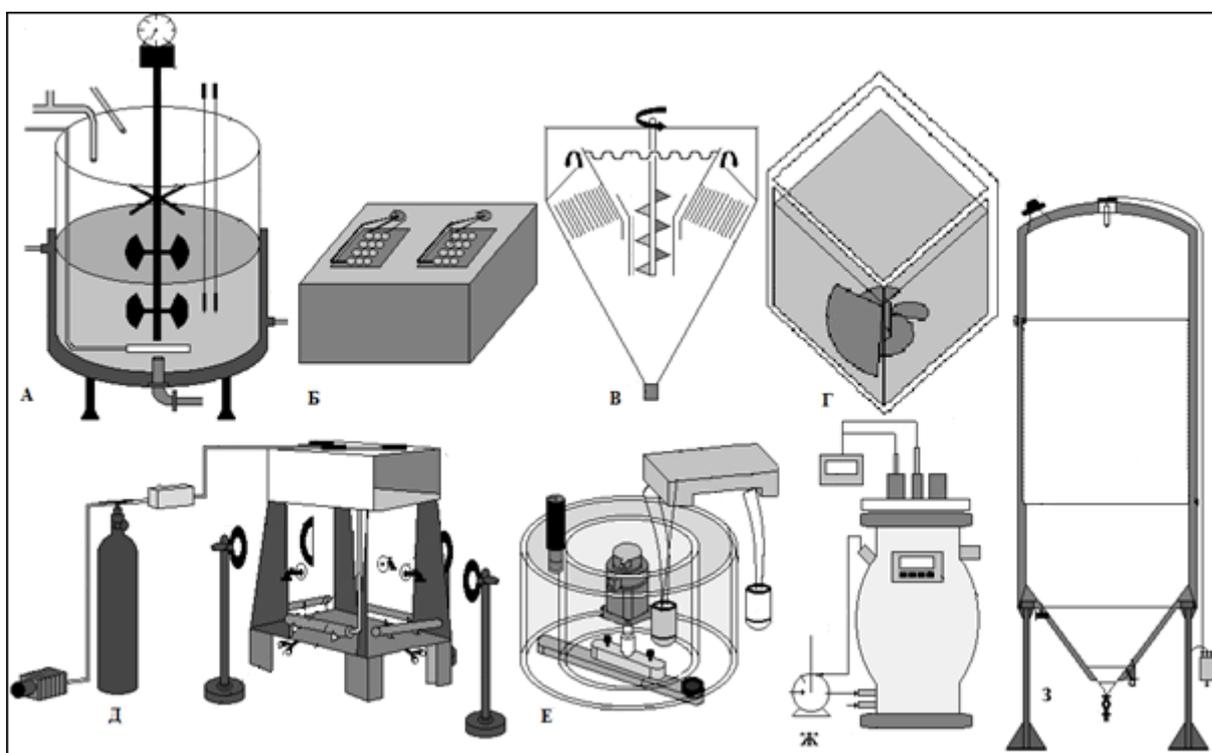
За счет компактного расположения полых волокон, площадь поверхности мембраны на единицу объема реактора значительно увеличивается, по сравнению с мембранными биореакторами других типов, что обеспечивает высокую плотность клеток. Кроме того, при

создании мягких гидродинамических условий (ламинарное течение вдоль волокон мембраны), практически отсутствует риск механического повреждения клеток из-за высоких сдвиговых напряжений. Среди преимуществ следует отметить: удобное выделение целевого продукта высокой концентрации и непрерывность процесса, а также щадящий режим культивирования [46]. В качестве недостатка, в работе [48], отмечено ограничение по рабочему объему (120–150 см³).

Биореакторы с полыми волокнами широко используются в тканевой инженерии для получения тканей трубчатой формы (например, кровеносных сосудов, кишечника и органов мочевого выведения) [49]. Примером применения в пищевой промышленности является их использование в производстве культивированного мяса на основе клеток млекопитающих [22].

Классификация биореакторов по внешнему виду. Данная классификация включает в себя устройства *резервуарного, контурного и колонного* типа.

Резервуарные биореакторы отличаются простотой эксплуатации и состоят из резервуара, в котором осуществляется последовательность реакций. Резервуар может быть *цилиндрической, прямоугольной, конической, кубической, пирамидальной, тороидальной, яйцевидной и цилиндроконической* формы (рис. 12) [18, 50].



**Рисунок 12 – Типы резервуарных биореакторов, в зависимости от формы резервуара. А. Цилиндрический; Б. Прямоугольный; В. Конический; Г. Кубический; Д. Пирамидальный; Е. Тороидальный; Ж. Яйцевидный; З. Цилиндроконический / Figure 12 – Types of reservoir bioreactors, depending on the reservoir. A. Cylindrical; Б. Rectangular; В. Conical; Г. Cubic; Д. Pyramidal; Е. Toroidal; Ж. Ovoid; З. Cylindroconical
Источник: составлено по данным [51-59]
Source: compiled from data [51-59]**

В качестве примеров, на рисунке 12, представлены следующие устройства: с *цилиндрической формой резервуара* – биореактор, используемый для биоразложения гексогена [51]; с *прямоугольной формой* – биореакторная система с перфузией для культивирования стромальных клеток костного мозга человека [52]; с *конической формой* – биореактор с внутренней зоной осаждения для перфузионного культивирования

суспензионных клеток [53]; *кубической формы* – одноразовый биореактор для производства антител [54], *пирамидальной формы* – фотобиореактор для роста микроводорослей [55]; *с резервуаром тороидальной формы* – биореактор «Evolver» для культивирования бактерий [56]; *яйцевидной формы* – биореактор для производства водорода [57]; *с цилиндрико-конической формой* – ферментер для брожения пива [58]. Несмотря на большое разнообразие, стоит отметить, что выбор конкретной формы резервуара зависит от типа продукта и параметров процесса, которые должны быть соблюдены для его получения [18].

Контурные («петлевые») биореакторы подразделяют на устройства с *внешним* (области разделены двумя трубками) и *внутренним контуром* – «петлей» (области разделены либо вытяжной трубой, либо разъемным цилиндром) [59]. Для обоих типов характерна циркуляция жидкости по четкой циклической схеме, по специально предназначенным каналам.

Колонные биореакторы состоят из разделенной на секции горизонтальными перегородками (тарелками) цилиндрической колонны. Через слой жидкости тарелок барботирует воздух, а через кольцевую щель перемещается жидкость, благодаря чему возникает противоточное движение газовой и жидкой фаз [19].

Закключение. В работе представлен обзор научной литературы по классификациям биореакторов, относящимся к их конструктивным особенностям – классификации по типу конструкции и внешнему виду. Выполнен анализ 59 источников литературы (преимущественно за последние 3 года), приведено описание различных типов биореакторов, с изложением принципов работы, указанием достоинств, недостатков и примеров возможного применения. Представленный материал может быть использован в качестве вспомогательного источника литературы в учебном процессе, в образовательных учреждениях. Дополнительно стоит отметить, что накопленная информация будет использована авторами в дальнейшем для проведения системного анализа и ляжет в основу разработки информационно-аналитического комплекса в области биотехнологических процессов с использованием биореакторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Досаев А. А., Меньшутина Н. В. Системный анализ биотехнологических процессов // Актуальная биотехнология: материалы XI Международной научно-практической конференции «Биотехнология: наука и практика», п. Новомихайловский, 11-14 сентября 2023 года. п. Новомихайловский: Воронеж, 2023. С. 37. [Электронный ресурс]. URL: https://umo19.ru/data/documents/no3_2023.pdf#page=37 (дата обращения: 11.03.2025).
2. Agrawal K., Verma P. Biotechnological advances in biorefinery. Singapore: Springer, 2024. 391 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-97-5544-8> (accessed: 11.03.2025).
3. Mangas-Florencio L., Herrero-Gómez A., Eills J., Azagra M., Batlló-Rius M., Marco-Rius I. A DIY bioreactor for in situ metabolic tracking in 3D cell models via hyperpolarized ¹³C NMR spectroscopy // Analytical Chemistry. 2025. Vol 97. № 3. P. 1594–1602. <http://doi.org/10.1021/acs.analchem.4c04183>
4. Gaugler L., Hofmann S., Schlüter M., Takors R. Mimicking CHO large-scale effects in the single multicompartment bioreactor: A new approach to access scale-up behavior // Biotechnology and bioengineering. 2024. T. 121. №. 4. С. 1243-1255. <https://doi.org/10.1002/bit.28647>
5. Ren C., Zhang S., Li Q., Jiang Q., Li Y., Gao Z., Cao W., Guo L. Pilot composite tubular bioreactor for outdoor photo-fermentation hydrogen production: from batch to continuous operation // Bioresource Technology. 2024. Vol. 401. P. 130705. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.130705>
6. Serra D., Cruciani S., Garroni, G., Sarais G., Kavak F. F., Satta R., Montesu M. A., Floris. M., Ventura C., Maioli, M. Effect of Helichrysum italicum in promoting collagen deposition and skin regeneration in a new dynamic model of skin wound healing // International Journal of Molecular Sciences. 2024. Vol. 25. No. 9. P. 4736. <https://doi.org/10.3390/ijms25094736>
7. Ma Y., Liu T., Yuan Z., Guo J. Single cell protein production from methane in a gas-delivery membrane bioreactor // Water Research. 2024. Vol. 259. P. 121820. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121820>

8. Palladino, F., Marcelino, P. R. F., Schlogl, A. E., José, Á. H. M., Rodrigues, R. D. C. L. B., Fabrino, D. L., Santos I. J. B., Rosa, C. A. Bioreactors: applications and Innovations for a sustainable and healthy future—a critical review // *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14. No. 20. P. 9346. <https://doi.org/10.3390/app14209346>
9. Ramesh S., Deep A., Tamayol A., Kamaraj A., Mahajan C., Madihally S. Advancing 3D bioprinting through machine learning and artificial intelligence // *Bioprinting*. 2024. Vol. 38. P. e00331. <https://doi.org/10.1016/j.bprint.2024.e00331>
10. Шевцов А. А., Дранников А. В., Пономарев А. В., Шабунина Е. А. Современные тенденции совершенствования конструкций пленочных аппаратов для фотоавтотрофного биосинтеза светозависимых микроорганизмов // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2016. № 3. С. 68–76. <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-68-76>
11. Войнов Н. А., Николаев А. Н., Войнова О. Н. Гидродинамика, тепло и массоперенос в пленочных биореакторах // *Химия растительного сырья*. 2009. № 4. С. 183–193. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gidrodinamika-teplo-i-massopereenos-v-plenochnyh-bioreaktorah> (дата обращения: 11.03.2025).
12. Исмаилов А. Э., Кенжабаева Н., Мухаммаджонов А., Абдукаримова О., Отакулов Д., Эшмурадова Н., Мирзарахметова Д. Т. Культивирование *Dunaliella salina* // *Технология органических веществ: материалы 85-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием)*, Минск, 01–13 февраля 2021 г., Минск: Минск, 2021. С. 295–298. [Электронный ресурс]. URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/33236> (дата обращения: 11.03.2025).
13. Santek B., Ivancic M., Horvat P., Novak S., Maric V. Horizontal tubular bioreactors in biotechnology // *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*. 2006. Vol. 20. No. 4. P. 389–399. [Electronic resource]. URL: <https://hrcak.srce.hr/clanak/9338> (accessed: 11.03.2025).
14. Tapia F., Wohlfarth D., Sandig V., Jordan I., Genzel Y., Reichl U. Continuous influenza virus production in a tubular bioreactor system provides stable titers and avoids the “von Magnus effect” // *PLoS One*. 2019. Vol. 14. No. 11. P. e0224317. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224317>
15. Zarei Z., Malekshahi P., Morowvat M. H., Trzcinski A. P. A review of bioreactor configurations for hydrogen production by cyanobacteria and microalgae // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2024. Vol. 49. P. 472–495. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.09.108>
16. Pavlečić M., Novak M., Trontel A., Mardetko N., Tominac V. P., Dobrinčić A., Kralj M., Šantek B. The production of water kefir drink with the addition of dried figs in the horizontal rotating tubular bioreactor // *Foods*. 2024. Vol. 13. No. 17. P. 2834. <https://doi.org/10.3390/foods13172834>
17. Schwan R. F., Joshi V. K., Dias D. R. Bioreactor technology in food processing. Boca Raton: CRC Press, 2024; 648 p. <https://doi.org/10.1201/9780429424236>
18. Sharma R., Harrison S. T. L., Tai S. L. Advances in bioreactor systems for the production of biologicals in mammalian cells // *ChemBioEng Reviews*. 2022. Vol. 9. No. 1. P. 42–62. <https://doi.org/10.1002/cben.202100022>
19. Bokelmann C., Bromley J., Takors R. Pros and cons of airlift and bubble column bioreactors: How internals improve performance // *Biochemical Engineering Journal*. 2024. Vol. 213. P. 109539. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2024.109539>
20. Петров Е. Б., Миронов В. В., Сидорова В. Ю. Сравнительный анализ существующих изобретений установок для культивирования мультипотентных мезенхимальных стволовых клеток (ММСК) // *Техника и технологии в животноводстве*. 2017. № 4 (28). С. 21–28. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-suschestvuyuschih-izobreteniy-ustanovok-dlya-kultivirovaniya-multipotentnyh-mezenhimalnyh-stvolovyh-kletok-mmck> (дата обращения: 11.03.2025).
21. Palladino F., Marcelino P. R. F., Schlogl A. E., José Á. H. M., Rodrigues R. D. C. L. B., Fabrino D. L., Santos I. J. B., Rosa C. A. Bioreactors: applications and innovations for a sustainable and healthy future — A critical review // *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14. No. 20. P. 9346. <https://doi.org/10.3390/app14209346>
22. Socol C. R., Molento C. F. M., Reis G. G., Karp S.G. Cultivated meat: Technologies, commercialization and challenges. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. 441 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-55968-6>
23. Ferreira P., Lopes M., Belo I. Use of pressurized and airlift bioreactors for citric acid production by *Yarrowia lipolytica* from crude glycerol // *Fermentation*. 2022. Vol. 8. No. 12. P. 700. <https://doi.org/10.3390/fermentation8120700>

24. Acharyya P. P., Sarma M., Kashyap A. Recent advances in synthesis and bioengineering of bacterial nanocellulose composite films for green, active and intelligent food packaging // *Cellulose*. 2024. Vol. 31. No. 12. P. 7163–7187. <https://doi.org/10.1007/s10570-024-06023-3>
25. Афанасьев В. Н., Максимов Д. А., Афанасьев А. В. Определение конструктивных параметров биореактора барабанного типа // *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. 2000. № 71. С. 148–155. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22563476_62169625.pdf (дата обращения: 11.03.2025).
26. Mitchell D. A., Berovič M., Krieger N. *Solid-state fermentation bioreactors: fundamentals of design and operation*. Heidelberg: Springer Berlin, 2006. 448 p. <https://doi.org/10.1007/3-540-31286-2>
27. Larroche C., Ángeles Sanromán M., Du G., Pandey A. *Current developments in biotechnology and bioengineering: Bioprocesses, bioreactors and controls*. Amsterdam: Elsevier; 2017. 821 p. [Electronic resource]. URL: https://www.academia.edu/32420126/CurrentDevelopments_in_Biotechnology_Bioengineering_pdf (accessed: 11.03.2025).
28. Hardin M. T., Howes T., Mitchell D. A. Mass transfer correlations for rotating drum bioreactors // *Journal of biotechnology*. 2002. Vol. 97. No. 1. P. 89–101. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(02\)00059-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(02)00059-7)
29. Sevda S., Chauhan G. *Solid waste management: Volume 2: Biological/Biochemical Approaches*. Boca Raton: CRC press, 2024. 256 p. <https://doi.org/10.1201/9781003229919>
30. Wang W., Ma Q., Zhang F., Tang Y., Wang J., Sun J. Changes in bioactive and volatile aroma compounds in vinegar fermented in a rotary drum bioreactor // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2023. Vol. 121. P. 105345. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105345>
31. Gervasi T., Mandalari G. Valorization of agro-industrial orange peel by-products through fermentation strategies // *Fermentation*. 2024. Vol. 10. No. 5. P. 224. <https://doi.org/10.3390/fermentation10050224>
32. El-Mansi E. M. T., Nielsen J., Mousdale D., Carlson R. P. *Fermentation microbiology and biotechnology*. Boca Raton: CRC press; 2018. 440 p. <https://doi.org/10.1201/9780429506987>
33. Dabaghi S., Ataei S. A., Taheri A. Performance analysis of a laboratory scale rotating drum bioreactor for production of rhamnolipid in solid-state fermentation using an agro-industrial residue // *Biomass conversion and biorefinery*. 2023. Vol. 13. No. 13. P. 11513–11520. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-02113-5>
34. Рогова Е. А., Алашкевич Ю. Д., Кожухов В. А., Лапин И. Р., Киселев Е. Г. Состояние и перспективы совершенствования способов получения и использования бактериальной целлюлозы (обзор) // *Химия растительного сырья*. 2022. № 4. С. 27–46. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220411373>
35. Ju N., Wang S. S. Continuous production of itaconic acid by *Aspergillus terreus* immobilized in a porous disk bioreactor // *Applied microbiology and biotechnology*. 1986. Vol. 23. P. 311–314. <https://doi.org/10.1007/BF00257025>
36. Sarkar S., Mukherjee J., Roy D. Antibiotic production by a marine isolate (MS 310) in an ultra-low-speed rotating disk bioreactor // *Biotechnology and bioprocess engineering*. 2009. Vol. 14. P. 775–780. <https://doi.org/10.1007/s12257-009-0126-8>
37. Dermani R. K., Babaiepour V., Jabbari F., Khanchezar S. Design and development of a novel tray bioreactor for optimization of bacterial nano-cellulose production. [Electronic resource]. URL: <https://www.researchsquare.com/article/rs-3822103/v1> (accessed: 11.03.2025).
38. Barrios-Nolasco A., Castillo-Araiza C. O., Huerta-Ochoa S., Reyes-Arreozola M. I., Buenrostro-Figueroa J. J., Prado-Barragán L. A. Evaluating the performance of *Yarrowia lipolytica* 2.2 ab in solid-state fermentation under bench-scale conditions in a packed-tray bioreactor // *Fermentation*. 2024. Vol. 10. No. 7. P. 344. <https://doi.org/10.3390/fermentation10070344>
39. Mitchell D. A., von Meien O. F., Krieger N. Recent developments in modeling of solid-state fermentation: Heat and mass transfer in bioreactors // *Biochemical engineering journal*. 2003. Vol. 13. No. 2–3. P. 137–147. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00126-2)
40. Tran D. P. H., You S. J., Bui X. T., Wang Y. F., Ramos A. Anaerobic membrane bioreactors for municipal wastewater: Progress in resource and energy recovery improvement approaches // *Journal of environmental management*. 2024. Vol. 366. P. 121855. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121855>
41. Ngo H. H., Guo W., Surampalli R. Y., Zhang T. C. *Green technologies for sustainable water management*. Reston: American Society of Civil Engineers; 2016. 1083 p. <https://doi.org/10.1061/9780784414422.ch15>
42. Han J., Xie N., Ju J., Zhang Y., Wang Y., Kang W. Developments of electrospinning technology in membrane bioreactor: A review // *Chemosphere*. 2024. Vol. 365. P. 143091. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143091>

43. Трухина М. Г., Пельменёва Н. Д. Мембранные биореакторы: опыт применения в зарубежных странах // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2 (41). С. 224–231. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-224-231>
44. Зидан О. Д. Использование мембранного биореактора как эффективного оборудования в пищевой промышленности. International conference on globalization, enterprises, management and economic development, Seattle, 20 января 2021 года, Seattle: Seattle, 2021. С. 79–85. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44605358> (дата обращения: 11.03.2025).
45. Xiao K., Liang S., Wang X., Chen C., Huang X. Current state and challenges of full-scale membrane bioreactor applications: A critical review // Bioresource technology. 2019. Vol. 271. P. 473–481. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.061>
46. Ge C., Selvaganapathy P. R., Geng F. Advancing our understanding of bioreactors for industrial-sized cell culture: Health care and cellular agriculture implications // American journal of physiology-cell physiology. 2023. Vol. 325. No. 3. P. 580–591. <https://doi.org/10.1152/ajpccell.00408.2022>
47. Супотницкий М. В., Елапов А. А., Меркулов В. А., Борисевич И. В., Климов В. И., Миронов А. Н. Технологические процессы, используемые при производстве биомедицинских клеточных продуктов, оценка их качества и стандартизация // Новости медицины и фармации. 2015. № 16. С. 24–28. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25654502_61819436.pdf (дата обращения: 11.03.2025).
48. Menshutina N. V., Guseva E. V., Safarov R. R., Boudrant J. Modelling of hollow fiber membrane bioreactor for mammalian cell cultivation using computational hydrodynamics // Bioprocess and biosystems engineering. 2020. Vol. 43. P. 549–567. <https://doi.org/10.1007/s00449-019-02249-9>
49. Tian Y., Wang Z., Wang L. Hollow fibers: from fabrication to applications // Chemical communications. 2021. Vol. 57. No. 73. P. 9166–9177. <https://doi.org/10.1039/D1CC02991F>
50. Stanbury P. F., Whitaker A., Hall S. J. Principles of fermentation technology. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. 824 p. [Electronic resource]. URL: <https://shop.elsevier.com/books/principles-of-fermentation-technology/stanbury/978-0-08-099953-1> (accessed: 11.03.2025).
51. Townsend T.G. Landfill bioreactor design & operation. London: Routledge, 2018. 208 p. <https://doi.org/10.1201/9780203749555>
52. Pasini A., Lovecchio J., Ferretti G., Giordano E. Medium perfusion flow improves osteogenic commitment of human stromal cells // Stem cells international. 2019. T. 2019. No. 1. P. 1304194. <https://doi.org/10.1155/2019/1304194>
53. Spier R. E., Griffiths J. B., Berthold W. Animal cell technology: Products of today, prospects for tomorrow. Amsterdam: Elsevier; 2013. 852 p. [Electronic resource]. URL: https://books.google.ru/books?id=3xLLBAAAQBAJ&lr=&hl=ru&source=gbs_navlinks_s (accessed: 11.03.2025).
54. Pörtner R. Animal cell biotechnology: Methods and protocols, Fourth edition. New York: Humana New York; 2020. 399 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0191-4>
55. Khoobkar Z., Shariati F. P., Safekordi A. A., Amrei H. D. Performance assessment of a novel pyramid photobioreactor for cultivation of microalgae using external and internal light sources // Food technology and biotechnology. 2019. Vol. 57. No. 1. P. 68. <https://doi.org/10.17113/ftb.57.01.19.5702>
56. Brooks R., Connolly A., Pusitdhikul C., Niranjana A., White I., Treanor C., Reid T. W., Young M., Isoko K., Ramic S., Marshall-Andrews I., Lewis D., Doonan R. Toroidal bioreactor: Modeling, designing, and building a novel bioreactor for continuous culture. [Electronic resource]. URL: <https://2022.igem.wiki/sheffield/hardware> (accessed: 11.03.2025).
57. Chu C. Y., Lo H., Wang Z. F. Hydrodynamic properties in a hydrogen production fermenter using sugary wastewater // International journal of hydrogen energy. 2016. Vol. 41. No. 7. P. 4455–4465. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.11.020>
58. Kilonzo P. M., Margaritis A. The effects of non-Newtonian fermentation broth viscosity and small bubble segregation on oxygen mass transfer in gas-lift bioreactors: A critical review // Biochemical engineering journal. 2004. Vol. 17. No. 1. P. 27–40. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(03\)00121-9](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(03)00121-9)
59. Ruthwek N., Sengar R. S., Chaudhary R., Rani V., Gupta S. A review: Types of bioreactors and its application for sustainable environment // Biotech Today. 2021. Vol. 11. No. 2. P. 78–86. <https://doi.org/10.5958/2322-0996.2021.00017.X>

REFERENCES

1. Dosaev AA, Menshutina NV. Systems analysis of biotechnological processes. In Actual biotechnology: Proceedings of the XI International scientific and practical conference "Biotechnology: Science and Practice", Novomikhaylovsky, September 11-14, 2023. Novomikhaylovsky: Voronezh; 2023;37. Available from: https://umo19.ru/data/documents/no3_2023.pdf#page=37 [Accessed 11 March 2025]. (In Russ.).
2. Agrawal K, Verma P. Biotechnological advances in biorefinery. Singapore: Springer; 2024. 391 p. Available from: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-97-5544-8> [Accessed 11 March 2025].
3. Mangas-Florencio L, Herrero-Gómez A, Eills J, Azagra M, Batlló-Rius M, Marco-Rius I. A DIY bioreactor for in situ metabolic tracking in 3D cell models via hyperpolarized ¹³C NMR spectroscopy. *Analytical Chemistry*. 2025;97(3):1594-1602. <http://doi.org/10.1021/acs.analchem.4c04183>
4. Gaugler L, Hofmann S, Schlüter M, Takors R. Mimicking CHO large-scale effects in the single multicompartiment bioreactor: A new approach to access scale-up behavior. *Biotechnology and bioengineering*. 2024;121(4):1243-1255. <https://doi.org/10.1002/bit.28647>
5. Ren C, Zhang S, Li Q, Jiang Q, Li Y, Gao Z, Cao W, Guo L. Pilot composite tubular bioreactor for outdoor photo-fermentation hydrogen production: from batch to continuous operation. *Bioresource Technology*. 2024;401:130705. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.130705>
6. Serra D, Cruciani S, Garroni G, Sarais G, Kavak FF, Satta R, Montesu MA, Floris M, Ventura C, Maioli M. Effect of *Helichrysum italicum* in promoting collagen deposition and skin regeneration in a new dynamic model of skin wound healing. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024;25(9):4736. <https://doi.org/10.3390/ijms25094736>
7. Ma Y, Liu T, Yuan Z, Guo J. Single cell protein production from methane in a gas-delivery membrane bioreactor. *Water Research*. 2024;259:121820. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121820>
8. Palladino F, Marcelino PRF, Schlogl AE, José AHM, Rodrigues RDCLB, Fabrino DL, Santos IJB, Rosa CA. Bioreactors: applications and Innovations for a sustainable and healthy future—a critical review. *Applied Sciences*. 2024;14(20):9346. <https://doi.org/10.3390/app14209346>
9. Ramesh S, Deep A, Tamayol A, Kamaraj A, Mahajan C, Madihally S. Advancing 3D bioprinting through machine learning and artificial intelligence. *Bioprinting*. 2024;38:e00331. <https://doi.org/10.1016/j.bprint.2024.e00331>
10. Shevtsov AA, Drannikov AV, Ponomarev AV, Shabunin EA. Current trends for improving the design of membrane devices for photoautotrophic biosynthesis in light dependent microorganisms. In Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2016;(3):68-76. (In Russ.). <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-68-76> (In Russ.).
11. Voinov NA, Nikolaev AN, Voinova ON. Hydrodynamics, heat and mass transfer in film bioreactors. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*. 2009;(4):183-193. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/gidrodinamika-teplo-i-massoperenos-v-plenochnyh-bioreaktorah> [Accessed 11 March 2025]. (In Russ.).
12. Ismailov AE, Kenzhabaeva N, Mukhammadzhonov A, Abdugarimov O, Otakulov D, Eshmuradova N, Mirzarakhmetova DT. Cultivation of *Dunaliella salina*. In Technology of organic substances: Proceedings of the 85th scientific and technical conference of faculty, researchers and postgraduate students (with international participation), Minsk, February 1-13, 2021, Minsk: Minsk; 2021;295-298. Available from: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/33236> [Accessed 11 March 2025]. (In Russ.).
13. Santek B, Ivancic M, Horvat P, Novak S, Maric V. Horizontal tubular bioreactors in biotechnology. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*. 2006;20(4):389-399. Available from: <https://hrcak.srce.hr/clanak/9338> [Accessed 11 March 2025].
14. Tapia F, Wohlfarth D, Sandig V, Jordan I, Genzel Y, Reichl U. Continuous influenza virus production in a tubular bioreactor system provides stable titers and avoids the “von Magnus effect”. *PLoS One*. 2019;14(11):e0224317. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224317>
15. Zarei Z, Malekshahi P, Morowvat MH, Trzcinski AP. A review of bioreactor configurations for hydrogen production by cyanobacteria and microalgae. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2024;49:472-495. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.09.108>
16. Pavlečić M, Novak M, Trontel A, Marđetko N, Tominac VP, Dobrinčić A, Kralj M, Šantek B. The production of water kefir drink with the addition of dried figs in the horizontal rotating tubular bioreactor. *Foods*. 2024;13(17):2834. <https://doi.org/10.3390/foods13172834>
17. Schwan RF, Joshi VK, Dias DR. Bioreactor technology in food processing. Boca Raton: CRC Press; 2024. 648 p. <https://doi.org/10.1201/9780429424236>
18. Sharma R, Harrison STL, Tai SL. Advances in bioreactor systems for the production of biologicals in mammalian cells. *ChemBioEng Reviews*. 2022;9(1):42-62. <https://doi.org/10.1002/cben.202100022>

19. Bokelmann C, Bromley J, Takors R. Pros and cons of airlift and bubble column bioreactors: How internals improve performance. *Biochemical Engineering Journal*. 2024;213:109539. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2024.109539>
20. Petrov EB, Mironov VV, Sidorova VYu. The comparative analysis of existing inventions of installations for the multipotent. *Machinery and technologies in livestock*. 2017;4(28):21-28. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-suschestvuyuschih-izobreteniy-ustanovok-dlya-kultivirovaniya-multipotentnyh-mezenhimalnyh-stvolovykh-kletok-mmsk> [Accessed 11 March 2025]. (In Russ.).
21. Palladino F, Marcelino PRF, Schlogl AE, José ÁHM, Rodrigues RDCLB, Fabrino DL, Santos IJB, Rosa C. A. Bioreactors: applications and innovations for a sustainable and healthy future - A critical review. *Applied Sciences*. 2024;14(20):9346. Available from: <https://doi.org/10.3390/app14209346> [Accessed 11 March 2025].
22. Soccol CR, Molento CFM, Reis GG, Karp SG. Cultivated meat: Technologies, commercialization and challenges. Cham: Springer Nature Switzerland; 2024. 441 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-55968-6>
23. Ferreira P, Lopes M, Belo I. Use of pressurized and airlift bioreactors for citric acid production by *Yarrowia lipolytica* from crude glycerol. *Fermentation*. 2022;8(12):700. <https://doi.org/10.3390/fermentation8120700>
24. Acharyya PP, Sarma M, Kashyap A. Recent advances in synthesis and bioengineering of bacterial nanocellulose composite films for green, active and intelligent food packaging. *Cellulose*. 2024;31(12): 7163-7187. <https://doi.org/10.1007/s10570-024-06023-3>
25. Afanasyev VN, Maksimov DA, Afanasyev AV. Determination of design parameters of a drum-type bioreactor. *Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products*. 2000;71:148-155. Available from: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22563476_62169625.pdf [Accessed 11 March 2025]. (In Russ.).
26. Mitchell DA, Berovič M, Krieger N. Solid-state fermentation bioreactors: fundamentals of design and operation. Heidelberg: Springer Berlin; 2006. 448 p. <https://doi.org/10.1007/3-540-31286-2>
27. Larroche C, Ángeles Sanromán M, Du G, Pandey A. Current developments in biotechnology and bioengineering: Bioprocesses, bioreactors and controls. Amsterdam: Elsevier; 2017. 821 p. Available from: https://www.academia.edu/32420126/CurrentDevelopments_in_Biotechnology_Bioengineering_pdf [Accessed 11 March 2025].
28. Hardin MT, Howes T, Mitchell DA. Mass transfer correlations for rotating drum bioreactors. *Journal of biotechnology*. 2002;97(1):89-101. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(02\)00059-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(02)00059-7)
29. Seveda S, Chauhan G. Solid waste management: Volume 2: Biological/Biochemical Approaches. Boca Raton: CRC press; 2024. 256 p. <https://doi.org/10.1201/9781003229919>
30. Wang W, Ma Q, Zhang F, Tang Y, Wang J, Sun J. Changes in bioactive and volatile aroma compounds in vinegar fermented in a rotary drum bioreactor. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2023;121:105345. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105345>
31. Gervasi T, Mandalari G. Valorization of agro-industrial orange peel by-products through fermentation strategies. *Fermentation*. 2024;10(5):224. <https://doi.org/10.3390/fermentation10050224>
32. El-Mansi EMT, Nielsen J, Mousdale D, Carlson RP. *Fermentation microbiology and biotechnology*. Boca Raton: CRC press; 2018. 440 p <https://doi.org/10.1201/9780429506987>
33. Dabaghi S, Ataei SA, Taheri A. Performance analysis of a laboratory scale rotating drum bioreactor for production of rhamnolipid in solid-state fermentation using an agro-industrial residue. *Biomass conversion and biorefinery*. 2023;13(13):11513-11520. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-02113-5>
34. Rogova EA, Alashkevich YuD, Kozhukhov VA, Lapin IR, Kiselev EG. The state and prospects of improving the methods of obtaining and using bacterial cellulose (review). *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*. 2022;(4):27-46. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220411373> (In Russ.).
35. Ju N, Wang SS. Continuous production of itaconic acid by *Aspergillus terreus* immobilized in a porous disk bioreactor. *Applied microbiology and biotechnology*. 1986;23:311-314. <https://doi.org/10.1007/BF00257025>
36. Sarkar S, Mukherjee J, Roy D. Antibiotic production by a marine isolate (MS 310) in an ultra-low-speed rotating disk bioreactor. *Biotechnology and bioprocess engineering*. 2009;14:775-780. <https://doi.org/10.1007/s12257-009-0126-8>
37. Dermani RK, Babaeipour V, Jabbari F, Khanchezar S. Design and development of a novel tray bioreactor for optimization of bacterial nano-cellulose production. Available from: <https://www.researchsquare.com/article/rs-3822103/v1> [Accessed 11 March 2025].

38. Barrios-Nolasco A, Castillo-Araiza CO, Huerta-Ochoa S, Reyes-Arreozola MI, Buenrostro-Figueroa JJ, Prado-Barragán LA. Evaluating the performance of *Yarrowia lipolytica* 2.2 ab in solid-state fermentation under bench-scale conditions in a packed-tray bioreactor. *Fermentation*. 2024;10(7):344. <https://doi.org/10.3390/fermentation10070344>
39. Mitchell DA, von Meien OF, Krieger N. Recent developments in modeling of solid-state fermentation: Heat and mass transfer in bioreactors. *Biochemical engineering journal*. 2003;13(2-3):137-147. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00126-2)
40. Tran DPH, You SJ, Bui XT, Wang YF, Ramos A. Anaerobic membrane bioreactors for municipal wastewater: Progress in resource and energy recovery improvement approaches. *Journal of environmental management*. 2024;366:121855. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121855>
41. Ngo HH, Guo W, Surampalli RY, Zhang TC. Green technologies for sustainable water management. Reston: American Society of Civil Engineers; 2016. 1083 p. <https://doi.org/10.1061/9780784414422.ch15>
42. Han J, Xie N, Ju J, Zhang Y, Wang Y, Kang W. Developments of electrospinning technology in membrane bioreactor: A review. *Chemosphere*. 2024;365:143091. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143091>
43. Trukhina MG, Pelmeneva ND. Membrane bioreactors: foreign experience. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost*. 2022;12((2)(41)):224-231. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-224-231> (In Russ.).
44. Zidan OD. Use of a membrane bioreactor as effective equipment in the food industry. In *International conference on globalization, enterprises, management and economic development*, Seattle, January 20, 2021, Seattle: Seattle; 2021; 79-85. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44605358> (In Russ.).
45. Xiao K, Liang S, Wang X, Chen C, Huang X. Current state and challenges of full-scale membrane bioreactor applications: A critical review. *Bioresource technology*. 2019;271:473-481. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.061>
46. Ge C, Selvaganapathy PR, Geng F. Advancing our understanding of bioreactors for industrial-sized cell culture: Health care and cellular agriculture implications. *American journal of physiology-cell physiology*. 2023;325(3):580-591. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00408.2022>
47. Supotnitsky MV, Elapov AA, Merkulov VA, Borisevich IV, Klimov VI, Mironov AN. Technological processes used in the production of biomedical cell products, assessment of their quality and standardization. *Novosti meditsiny i farmatsii = News of medicine and pharmacy*. 2015;(16):24-28. Available from: <https://www.elibrary.ru/download/elibrary2565450261819436.pdf> [Accessed 11 March 2025]. (In Russ.).
48. Menshutina NV, Guseva EV, Safarov RR, Boudrant J. Modeling of hollow fiber membrane bioreactor for mammalian cell cultivation using computational hydrodynamics. *Bioprocess and biosystems engineering*. 2020;43:549-567. <https://doi.org/10.1007/s00449-019-02249-9>
49. Tian Y, Wang Z, Wang L. Hollow fibers: from fabrication to applications. *Chemical communications*. 2021;57(73):9166-9177. <https://doi.org/10.1039/D1CC02991F>
50. Stanbury PF, Whitaker A, Hall SJ. *Principles of fermentation technology*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. 824 p. Available from: <https://shop.elsevier.com/books/principles-of-fermentation-technology/stanbury/978-0-08-099953-1> [Accessed 11 March 2025].
51. Townsend TG. *Landfill bioreactor design & operation*. London: Routledge; 2018. 208 p. <https://doi.org/10.1201/9780203749555>
52. Pasini A., Lovecchio J., Ferretti G., Giordano E. Medium perfusion flow improves osteogenic commitment of human stromal cells. *Stem cells international*. 2019;2019(1):1304194. <https://doi.org/10.1155/2019/1304194>
53. Spier RE, Griffiths JB, Berthold W. *Animal cell technology: Products of today, prospects for tomorrow*. Amsterdam: Elsevier; 2013. 852 p. Available from: https://books.google.ru/books?id=3xLLBAAAQBAJ&lr=&hl=ru&source=gbs_navlinks_s [Accessed 11 March 2025].
54. Pörtner R. *Animal cell biotechnology: Methods and protocols*, Fourth edition. New York: Humana New York; 2020. 399 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0191-4>
55. Khoobkar Z, Shariati FP, Safekordi AA, Amrei HD. Performance assessment of a novel pyramid photobioreactor for cultivation of microalgae using external and internal light sources. *Food technology and biotechnology*. 2019;57(1):68. <https://doi.org/10.17113/ftb.57.01.19.5702>
56. Brooks R, Connolly A, Pusitdhikul C, Niranjana A, White I, Treanor C, Reid TW, Young M, Isoko K, Ramic S, Marshall-Andrews I, Lewis D, Doonan R. Toroidal bioreactor: Modeling, designing, and building a novel bioreactor for continuous culture. Available from: <https://2022.igem.wiki/sheffield/hardware> [Accessed 11 March 2025].

57. Chu CY, Lo H, Wang ZF. Hydrodynamic properties in a hydrogen production fermenter using sugary wastewater. *International journal of hydrogen energy*. 2016;41(7):4455-4465. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.11.020>
58. Kilonzo PM, Margaritis A. The effects of non-Newtonian fermentation broth viscosity and small bubble segregation on oxygen mass transfer in gas-lift bioreactors: A critical review. *Biochemical engineering journal*. 2004;17(1):27-40. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(03\)00121-9](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(03)00121-9)
59. Ruthwek N, Sengar RS, Chaudhary R, Rani V, et al. A review: Types of bioreactors and their applications for sustainable environment. *Biotech Today*. 2021;11(2):78-86. <https://doi.org/10.5958/2322-0996.2021.00017.X>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр Алексеевич Досаев – аспирант кафедры кибернетики химико-технологических процессов, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Researcher ID: LTZ-9845-2024.

Руслан Рафигович Сафаров – кандидат технических наук, директор департамента научно-технической политики, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева.

Наталья Васильевна Меньшутина – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой химического и фармацевтического инжиниринга, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Scopus ID: 6602274789, Researcher ID: G-2802-2014.

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 15.03.2025;
одобрена после рецензирования: 20.04.2025;
принята к публикации: 27.04.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexander A. Dosaev – Postgraduate Student, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Researcher ID: LTZ-9845-2024.

Ruslan R. Safarov – Cand. Sci. (Engineer.), Director of Science and Technical Policy, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia.

Natalia V. Menshutina – Dr. Sci. (Engineer.), Professor, Head of the Department of Chemical and Pharmaceutical Engineering, Scopus ID: 6602274789, Researcher ID: G-2802-2014.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted: 15.03.2025;
approved after reviewing: 20.04.2025;
accepted for publication: 27.04.2025.

Research article

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.10>

Computer simulation of chitosan solvation in water and solutions with reduced active acidity

Vladimir V. Sadovoy^{1*}, Tatiana V. Shchedrina², Alla S. Khamitsaeva³, Irina A. Trubina⁴

¹ Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Stavropol Institute of Cooperation (branch), Stavropol, Russia

² North-Caucasus Federal University, Pyatigorsk Institute (branch), Pyatigorsk, Russia

³ Gorsk State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia

⁴ Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

¹ vsadovoy@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0182-9318>

² tany1812@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5201-7961>

³ allahamicaeva@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3894-9620>

⁴ stgau.75@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-8644-1404>

* **Corresponding author:** Vladimir V. Sadovoy, vsadovoy@yandex.ru

Abstract. *The molecular properties of fragments of molecules of natural chitosan and with protons attached to nitrogen have been studied using computer chemistry. The block of periodic boundary conditions in the HyperChem application was used to simulate the dissolution of chitosan in water and a solution with an acidity of less than 7 (protonated chitosan). The possibility of formation of mesh gels in an acidic environment has been revealed. The theoretical results obtained were confirmed by the study of chitosan solutions in whey. It was found that when chitosan is added to the subsurface serum, viscous solutions are formed and the value of active acidity increases, which opens up the possibility of using chitosan and whey for various types of food products.*

Keywords: chitosan, molecular properties, periodic boundary conditions, whey, active acidity

For citation: Sadovoy VV, Shchedrina TV, Khamitsaeva AS, Trubina IA. Computer simulation of chitosan solvation in water and solutions with reduced active acidity. *Modern Science and Innovations.* 2025;(1):126-134. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.10>

Научная статья

УДК 53.06:66.061.35:634.451

Компьютерное моделирование сольватации хитозана в воде и растворах с пониженной активной кислотностью

Владимир Всеволодович Садовой^{1*}, Татьяна Викторовна Щедрина², Алла Смалиевна Хамицаева³, Ирина Александровна Трубина⁴

¹ Белгородский университет кооперации, экономики и права, Ставропольский институт кооперации (филиал), г. Ставрополь, Россия

² Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорский институт (филиал), г. Пятигорск, Россия

³ Горский государственный аграрный университет, г. Владикавказ, Россия

⁴ Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия

¹ vsadovoy@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0182-9318>

² tany1812@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5201-7961>

³ allahamicaeva@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3894-9620>

⁴ stgau.75@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-8644-1404>

* **Автор, ответственный за переписку:** Владимир Всеволодович Садовой, vsadovoy@yandex.ru

© Sadovoy VV, Shchedrina TV, Khamitsaeva AS, Trubina IA, 2025

Аннотация. С использованием компьютерной химии изучены молекулярные свойства фрагментов молекул натурального хитозана и с присоединенными к азоту протонами. С помощью блока периодических граничных условий в приложении HyperChem выполнено моделирование растворения хитозана в воде и растворе с кислотностью меньше 7 (протонированный хитозан). Выявлена возможность образования сетчатых гелей в кислой среде. Полученные теоретические результаты подтверждены при исследовании растворов хитозана в молочной сыворотке. Установлено, что при добавлении хитозана в подсырную сыворотку образуются вязкие растворы и увеличивается значение активной кислотности, что открывает возможность использования хитозана и молочной сыворотки для различных видов пищевых продуктов.

Ключевые слова: хитозан, молекулярные свойства, периодические граничные условия, молочная сыворотка, активная кислотность

Для цитирования: Садовой В. В., Щедрина Т. В., Хамицаева А. С., Трубина И. А. Компьютерное моделирование сольватации хитозана в воде и растворах с пониженной активной кислотностью // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 126-134. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.10>

Introduction. Chitosan is a natural product and is a promising raw material for obtaining sorbents. Chitosan is classified as an aminopolysaccharide, the monomers of which are linked by a β glycosidic bond (Fig. 1). Chitosan is usually obtained from the shell of crustaceans, although other sources (fungi, insects, mollusks, etc.) can also be used [1, 2, 3].

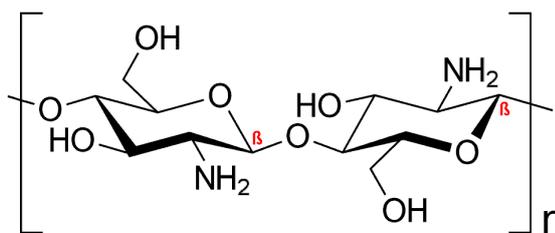


Figure 1 – Repeating fragment of two monomers of the chitosan molecule

Chitosan is obtained from chitin by deacetylation. The main molecular properties of chitosan depend on the degree of deacetylation, which is in the range of 60–100%. The base dissociation constant (pK_b) in the region of the amino group has a value of 6.5, which promotes protonation of the nitrogen atom in neutral and acidic environments [1, 2, 3].

There is information that chitosan in solutions is capable of forming cross-linked polymer networks, which characterize the gel-forming properties of this chemical compound. One of the main advantages of chitosan is also its environmental friendliness, safety and harmlessness.

In medicine, chitosan is widely used for the production of artificial skin and surgical sutures, for the treatment of ulcers, skin burns and wounds, as well as for the production of anti-varicose and anti-sclerotic drugs [4, 5, 6, 7].

Chitosan is widely used as a functional additive as a gelling agent and emulsifier in food formulations, it has a preventive effect by regulating intestinal peristalsis, lowers blood pressure, removes toxins and cholesterol from the body, restores lymphatic cells, facilitating the elimination of cancerous tumors. In medicine, chitosan is widely used for the production of artificial leather and surgical sutures, for the treatment of ulcers, skin burns and wounds, as well as for the production of anti-varicose and anti-sclerotic drugs [8, 9, 10, 11, 12, 13].

Materials and research methods. The aim of the study was a theoretical assessment of the molecular and gelling properties of chitosan and practical confirmation of the dissolution of the studied polysaccharide in whey.

To achieve this goal, the following tasks were to be solved:

- perform computer modeling of fragments of the initial and protonated molecules chitosan;

- to study the molecular properties of a fragment of the biologically active additive chitosan;
- using the HyperChem periodic boundary conditions block, analyze the possibility of forming network gels;
- to study the solubility of chitosan in a solution of milk whey.

In the experimental studies, food grade chitosan manufactured according to TU 9289-001-44162258-98 and milk (cheese) whey with pH = 4.51 GOST 34352-2017 were used. Computer modeling and evaluation of the molecular and gelling properties of chitosan were carried out in the HyperChem v. 8.0 application [14, 15].

Research results and their discussion. Using computer chemistry, we will create structural models of sixteen monomers of chitosan molecule fragments and perform geometric optimization. In the optimized structures, we will study the surface of the electrostatic potential and the molecular properties of chitosan molecule fragments. Since it is planned to conduct studies of the gel-forming properties using a block of periodic boundary conditions (Periodical boundary condition), calculations in which are carried out by molecular-mechanical methods, we use the force field amber2. In order for the calculated data of the studied variants to be correctly compared, we use the same method of using the force field (amber2) in all calculations.

There is information in literary sources that chitosan attaches a proton in the region of nitrogen atoms and forms gels in solutions with active acidity (pH) below 7. Let us analyze the magnitude of the charges on the nitrogen atoms (marked in purple) of the chitosan molecule fragment (Fig. 2).

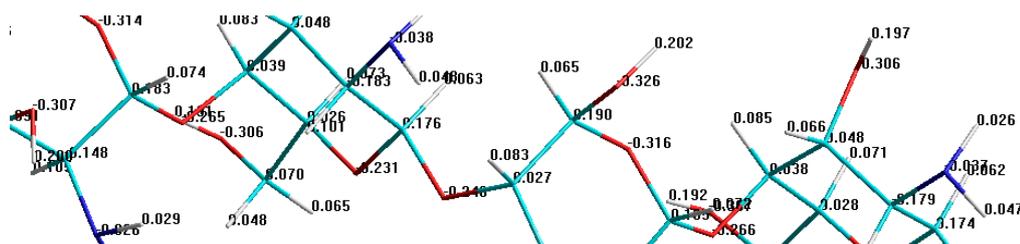


Figure 2 – Distribution of charges in atoms of a fragment of a chitosan molecule

When examining a fragment of 16 monomers, it was found that the charge of nitrogen atoms is in the range of -0.026 – -0.038 C. The data obtained indicate the possible addition of a proton to the nitrogen atom. Guided by literature data, we will create models of fragments of natural chitosan molecules with protonated nitrogen atoms and study the surface of the electrostatic potential (Fig. 3) and molecular properties (Table 1).

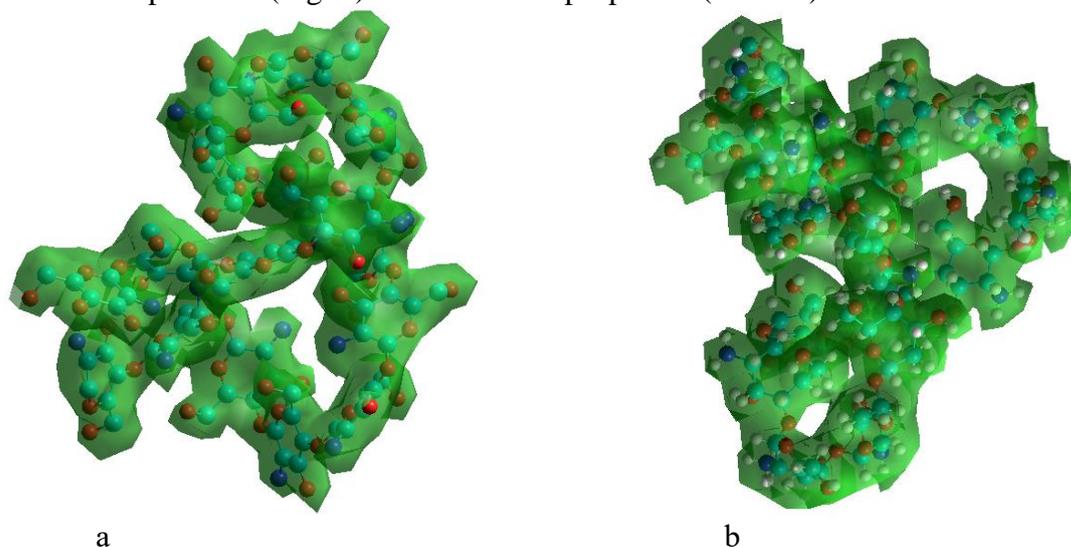


Figure 3 – Distribution of molecular electrostatic potential on the surface natural (a) and with protonated nitrogen chitosan

Molecular electrostatic potential (MEP) is one of the characteristics of the reactivity index of the studied fragment of the molecule. MEP primarily characterizes the point energy of interaction between charges. Visualization of MEP (Fig. 3) shows that the fragment of the molecule with protonated nitrogen and natural chitosan differ little from each other. In both fragments, the surface of the electrostatic potential is not electrically neutral, but has a positive charge (green color of the surface), therefore, both fragments are hydrophilic. At the same time, using molecular-mechanical calculations, the molecular properties of the fragments of the chitosan molecule were studied (Table 1).

Table 1 – Molecular properties of fragments of the chitosan molecule

Properties	Fragment of a chitosan molecule (16 monomers)	
	natural	with attached protons
Potential energy, kcal/mol	46,44	268.91
Root Mean Square Gradient (RMS Gradient), kcal/(Å×mol)	0,04767	0.04992
Dipole moment, Debye	0	0

Potential (stored) energy (PE) of a molecule is characterized primarily by the arrangement of atoms and ensuring the stability of the structure confirmation. Molecular-mechanical calculations do not allow to effectively optimizing the geometry of molecules. In this case, it is important to note that the difference in PE between protonated and natural chitosan is significant (Table 1) and is equal to 222.47 kcal/mol (268.91 - 46.44), which is due to a change in the structure and the addition of protons. The root-mean-square gradient characterizes the stability of the molecular structure. Both fragments under study have a stable structure, since the RMS gradient of the fragments is close to zero (0.04767 and 0.04992). The dipole moment in both fragments is zero, which indicates a good balance of positive and negative charges in the studied fragments of chitosan molecules.

Since the main interest is in the behavior of chitosan in aqueous systems and the possible formation of gels, the most efficient way to create an aqueous environment around the molecules is to use the periodic boundary conditions block in the HyperChem application. We solvate three molecules of natural and protonated chitosans.

Chitosan in a cube of periodic boundary conditions (Fig. 4) and carry out geometric optimization of the system.

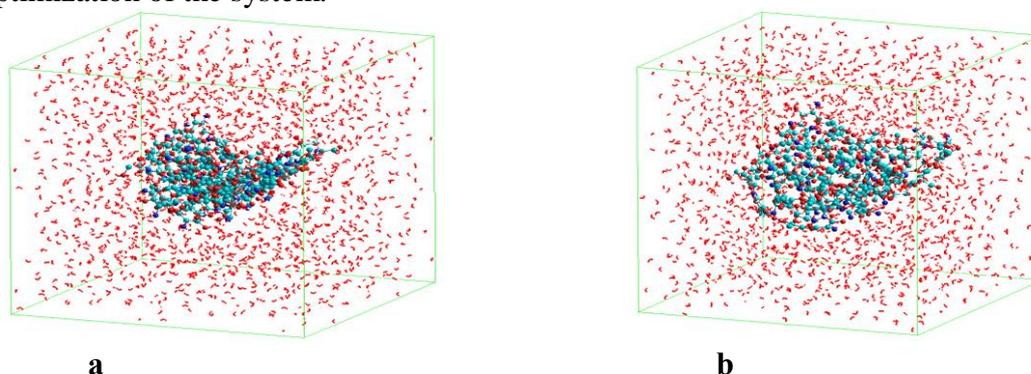
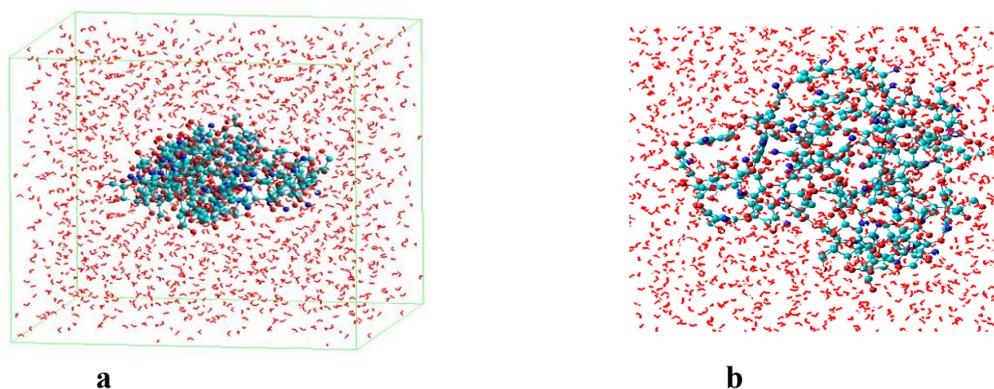


Figure 4 – Simulations of solvation in water of natural chitosan before (a) and after (b) geometric optimization

We will perform a similar simulation with three chitosan molecules with protons attached to nitrogen (Fig. 5).



a **b**
Figure 5 – Simulations of solvation in water of chitosan with protons attached to nitrogen before (a) and after (b) geometric optimization

The simulation results show that fragments of natural chitosan molecules (Fig. 4) change their configuration slightly, they only swell slightly, but do not form a gel. Chitosan molecules with protons attached to nitrogen after geometric optimization fill almost the entire volume of the periodic box, forming a mesh gel. After geometric optimization, the molecular properties (Table 2) of two molecular systems after solvation were determined. It should be borne in mind that the calculated indices of molecular properties in periodic boundary conditions relate only to the molecular system entered into the box of periodic boundary conditions. Interaction with the aqueous environment is taken into account, but is not summed up with the indices for the solvated molecules.

Table 2 – Molecular properties of fragments of the chitosan molecule after solvation in an aqueous medium

Properties	-solvated fragments of the chitosan molecule (3 fragments)	
	natural	with attached protons
Potential energy, kcal/mol	-14446,80	-11094,70
Root mean square gradient (RMS gradient), kcal/(Å×mol)	0.09837	0.09999
Dipole moment, Debye	619.1	56.6

The obtained data (Table 2) indicate that both systems (fragments of natural and protonated chitosan) are geometrically optimized quite well, since fragments of natural chitosan have a potential energy of -14446.8 kcal/mol, with attached protons – -11094.7 kcal/mol. The lower (compared to attached protons) energy of fragments of natural chitosan is obviously due to the dense packing of molecular fragments. The root-mean-square gradient for both systems (0.09837 and 0.09999) has low values, which indicates a high efficiency of the performed geometric optimization procedure. The dipole moments of both systems (for natural chitosan 619.1; with attached protons 56.6 Debye) differ from each other due to the formation of network gels and more effective charge balancing for chitosan with attached protons.

The conducted studies confirm the ability of chitosan to dissolve and form gels in the presence of organic acids. Milk whey, which contains lactic, acetic, formic, citric, propionic, butyric and other volatile fatty acids necessary for protonation of chitosan nitrogen, can be used as an effective solvent for chitosan. The composition, nutritional and biological value of milk whey are ambiguous and depend on the type of manufactured products and the raw materials used. In addition to organic acids, milk whey contains milk fat, soluble nitrogen-containing compounds, minerals, vitamins, lactose and other oligosaccharides, vitamins and enzymes [16, 17].

The chemical composition of whey determines its high nutritional value. Including whey in the diet regulates the functions of the gastrointestinal tract, improves blood circulation, normalizes blood pressure, and has an antioxidant effect on free radicals and a therapeutic effect on the condition of the skin [18, 19].

Whey is a secondary raw material of the dairy industry; it is widely used in the production of beverages, in pharmaceuticals, as part of personal hygiene products and medicine. At the same time, whey remains a significant by-product. About 42% of its amount is used to produce low-value products, including fertilizers and animal feed, or is simply disposed of. Processing and reuse of whey remains an important problem in the dairy industry [20]. Often, in the food industry, the main obstacle (primarily in the meat industry) remains the value of active acidity, which usually fluctuates in the range of 4.2 - 5.5 [21].

The use of whey to expand the range of special food products is promising. For this purpose, it is possible to use milk or water in various dishes with whey. Such a replacement gives a more delicate and airy taste to baked goods preserves the juiciness of meat and fish when baking, adding to marinades fulfills the set technological goals and enriches the products with components with proven beneficial properties. Whey has found application as one of the main ingredients in the production of protein shakes and sports nutrition.

Active acidity determines the prospects for the use of whey. The problem of active acidity can be solved and the valuable biologically active components of whey can be used using chitosan. The theoretical studies have confirmed the possibility of attaching a proton to the nitrogen of chitosan, which will affect changes in active acidity. The solubility of chitosan depends on the degree of its deacetylation, so the results of studies of the same brand may differ slightly. The effect of the quantitative content of chitosan in cheese whey on changes in the active acidity of the solution was studied (Table 3). A mixture of chitosan (the degree of deacetylation according to technical documentation is not less than 75%) and cheese whey was subjected to heat treatment for 10 minutes at 80 °C in order to completely dissolve chitosan, then the solution was cooled to room temperature and the active acidity was measured.

Table 3 – Dynamics of changes in active acidity of cheese whey depending on the concentration of chitosan

Concentration of chitosan in cheese whey, %			
0	2	4	6
Active acidity (pH)			
4.51	6.02	6.11	6.28

After the cooling process is complete to room temperature (18 - 20 °C viscous translucent solutions were formed. Table 3 shows the dynamics of the increase in active acidity from 4.51 to 6.28 at a chitosan concentration in the solution of 6%. The formation of viscous solutions is most likely due to the formation of hydrogen bonds with unshared electrons along the entire chitosan molecule.

The results obtained indicate that aminopolysaccharide Chitosan, like proteins, is capable of participating in gel formation during food production.

Conclusion. Modeling of fragments of the chitosan molecule, natural and with protons attached to nitrogen, was performed.

1. When studying the molecular properties of the investigated fragments of molecules, it was found that natural chitosan has a more stable structure since its potential energy is lower (compared to protonated chitosan 268.91 kcal/mol) and is equal to 46.44 kcal/mol.

2. Using periodic boundary conditions in the HyperChem application, the formation of chitosan cross-linked gels in acidic conditions was confirmed.

3. It has been established that dissolving chitosan in whey increases the value of active acidity of the solution; adding 2% chitosan helps to increase pH by 1.51 (6.02-4.51), which opens up the possibility of using whey in the production of a wide range of food products.

REFERENCES

1. Varlamov VP, Ilyina AV, Shagdarova BT, Lunkov AP, et al. Chitin/chitosan and its derivatives: fundamental and applied aspects. *Successes of biological chemistry*. 2020;60:317-368. (In Russ.).

2. Wasko A, Bulak P, Polak-Berecka M, Nowak K, et al. The first report of the physicochemical structure of chitin isolated from *Hermetia illucens*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016;92:316-320.
3. Khayrova A, Lopatin S, Varlamov V. Black Soldier Fly *Hermetia illucens* as a novel source of chitin and chitosan. *International Journal of Science*. 2019;8:81-86.
4. Chitin and chitosan: production, properties and substitution. Ed. by Scriabin KG, Vihoreva GA, Varlamov VP. Moscow: Nauka; 2002. 368 p. (In Russ.).
5. Aktuganov GE, Galimzyanova NF, Gilvanova EA, Kuzmina LYu, et al. Characterization of chitinase from an alkaliphilic strain *Bacillus mannanolyticus* IB-OR17 B1. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya = Applied Biochemistry and Microbiology*. 2018;54:506-512. (In Russ.).
6. Annu AS, Ahmed S, Ikram S. Chitin and chitosan: history, composition and properties. *Chitosan*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2017. P. 1-24.
7. Vihoreva GA, Gal'braikh LS, Ovsepyan AM, Panov VP. Structure and acid-base properties of chitozan carboxymethyl ether. *Polymer Science U.S.S.R.* 1989;31(5):1101-1106, [https://doi.org/10.1016/0032-3950\(89\)90052-X](https://doi.org/10.1016/0032-3950(89)90052-X)
8. Vakh C, Tobiszewski M. Greenness assessment of analytical methods used for antibiotic residues determination in food samples. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2023;166:117162. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117162>.
9. Shepilo EA. Development of technology of boiled sausage products using hydrocolloids with modified functional properties: dissertation of cand. techn. sciences: spec. 05.18.04. Stavropol; 2005. 159 p. (In Russ.).
10. Kurkina EA, Sadovoy VV. Prospects for the use of chitosan in the production of meat products. *Myasnaya industriya = Meat industry*. 2016;(6):36. (In Russ.).
11. Sadovoy VV. Optimization of the composition of functional protein-carbohydrate food products. *Bulletin of the North Caucasus State Technical University*. 2005;1:91-93.
12. Drozdova MG, Volkova MA, Demina TS, Maslova MV. Macroporous biodegradable matrix based on chitosan and hyaluronic acid for tissue engineering. *Izvestia Ufimskogo Nauchnogo Tsentra RAN (Proceedings of the RAS Ufa Scientific Centre)*. 2016;3(1):33-35. (In Russ.).
13. Chitin and chitosan: production, properties and substitution. Ed. by Scriabin KG, Vihoreva GA, Varlamov VP. Moscow: Nauka; 2002. 368 pp. (In Russ.).
14. Marsili M. Chemistry, computers, and the mind *European Journal of Organic Chemistry*. 2020;2020(32):5036-5043. <https://doi.org/10.1002/ejoc.202000480>
15. Nein YuI, Ivantsova MN. Computer representation of chemical information: a textbook; edited by M. F. Kosterina; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Ural Federal University. Yekaterinburg: Publishing House of the Ural Universityta; 2020. 142 p. (In Russ.).
16. Semenova AA. Nutritional and biological value of whey. *Aktual'nye issledovaniya = Current research*. 2023;1(131):10-12. Available from: <https://apni.ru/article/5312-pishhevaya-i-biologicheskaya-tsennost-moloch> [Accessed 1 March 2025]. (In Russ.).
17. Semenova AA. Nutritional and biological value of whey. *Aktual'nye issledovaniya = Current research*. 2023;1(131):10-12. Available from: <https://apni.ru/article/5312-pishhevaya-i-biologicheskaya-tsennost-moloch> [Accessed 1 March 2025]. (In Russ.).
18. Senkevich T, Riedel K-L. Whey, processing and use in the agro-industrial complex: translated from German NA Epstein-M.: *Agropromizdat*; 2020. (In Russ.).
19. Makarenko VV. Secondary dairy raw materials - one of the promising directions for the development of the dairy industry on an innovative basis. *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal = International technical and economic journal*. 2014;(5):7-20. (In Russ.).
20. Don't pour it out – recycle it! How to solve the problem of whey and make money on it. Available from: <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/ne-vylivaj-pererabotaj-kak-reshit-problemu-molochnoj-syvorotki-i-zarabotat-na-nej> [Accessed 1 March 2025]. (In Russ.).

21. Krasnikova LV, Zhukova AD. Study of features of probiotic cultures fermentation mixture of milk and serum containing extracts of berries. *Series Processes and Food Production Equipment*. 2014;(4):87-95. (In Russ.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Варламов В. П., Ильина А. В., Шагдарова Б. Ц., Луньков А. П., Мысякина И. С. Хитин/хитозан и его производные: фундаментальные и прикладные аспекты // *Успехи биологической химии*. 2020. Т. 60. С. 317–368.
2. Wasko A., Bulak P., Polak-Berecka M., Nowak K., Polakowski C., Bieganski A. The first report of the physicochemical structure of chitin isolated from *Hermetia illucens* // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016. Vol. 92. P. 316–320.
3. Khayrova A., Lopatin S., Varlamov V. Black Soldier Fly *Hermetia illucens* as a novel source of chitin and chitosan // *International Journal of Science*. 2019. Vol. 8. P. 81–86.
4. Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение / Под ред. Скрябин К.Г., Вихорева Г.А., Варламов В.П. Москва: Наука, 2002. 368 с.
5. Актуганов Г. Э., Галимзянова Н. Ф., Гильванова Е. А., Кузьмина Л. Ю., Бойко Т. Ф., Сафина В. Р., Мелентьев А. И. Характеристика хитиназы алкалофильного штамма *Bacillus mannanilyticus* IB-OR17 B1 // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2018. Т. 54. С. 506–512.
6. Annu A. S., Ahmed S., Ikram S. Chitin and chitosan: history, composition and properties // *Chitosan*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc; 2017. P. 1–24.
7. Vkhoreva G. A., Gal'braikh L. S., Ovsepyan A. M., Panov V. P. Structure and acid-base properties of chitozan carboxymethyl ether // *Polymer Science U.S.S.R.* 1989. Vol. 31. Issue 5. 1989. P. 1101–1106. [https://doi.org/10.1016/0032-3950\(89\)90052-X](https://doi.org/10.1016/0032-3950(89)90052-X)
8. Vakh C., Tobiszewski M. Greenness assessment of analytical methods used for antibiotic residues determination in food samples. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2023. Vol. 166. P. 117162. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117162>
9. Шепило Е. А. Разработка технологии вареных колбасных изделия с использованием гидроколлоидов с модифицированными функциональными свойствами. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.18.04. Ставрополь, 2005. 159 с.
10. Куркина Е. А., Садовой В. В. Перспективы использования хитозана при производстве мясных продуктов // *Мясная индустрия*. 2016. № 6. С. 36.
11. Садовой В.В. Оптимизация состава функциональных белково-углеводных пищевых продуктов // *Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета*. 2005. № 1. С. 91–93.
12. Дроздова М. Г., Водякова М. А., Демина Т. С., Маслова М. В., Успенский С. А., Кильдеева Н. Р., Марквичева Е. А. Макропористые биodeградируемые матрицы на основе хитозана и гиалуроновой кислоты для тканевой инженерии // *Известия Уфимского научного центра РАН*. 2016. Т. 3. № 1. С. 33–35.
13. Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение / Под ред. Скрябин К.Г., Вихорева Г.А., Варламов В.П. Москва: Наука. 2002. 368 с.
14. Marsili m. Chemistry, computers, and the mind *European Journal of Organic Chemistry*. 2020. Vol. 2020. Issue 32. P. 5036–5043. <https://doi.org/10.1002/ejoc.202000480>
15. Нейн Ю. И., Иванцова М. Н. Компьютерное представление химической информации: учебное пособие; под общ. ред. М. Ф. Костериной; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 2020. 142 с.
16. Семенова А. А. Пищевая и биологическая ценность молочной сыворотки // *Актуальные исследования*. 2023. № 1 (131). С. 10–12. [Электронный ресурс]. URL: <https://apni.ru/article/5312-pishchevaaya-i-biologicheskaya-tsennost-moloch> (дата обращения: 01.03.2025).
17. Семенова А. А. Пищевая и биологическая ценность молочной сыворотки // *Актуальные исследования*. 2023. № 1 (131). С. 10–12. [Электронный ресурс]. URL: <https://apni.ru/article/5312-pishchevaaya-i-biologicheskaya-tsennost-moloch> (дата обращения: 01.03.2025).

18. Сенкевич Т., Ридель К.-Л. Молочная сыворотка, переработка и использование в агропромышленном комплексе: пер. с нем. НА Эпштейна-М.: Агропромиздат, 2020.
19. Макаренко В. В. Вторичное молочное сырье – одно из перспективных направлений развития молочной промышленности на инновационной основе // Международный технико-экономический журнал. 2014. № 5. С. 17–20.
20. Не выливай – переработай! Как решить проблему молочной сыворотки и заработать на ней [Электронный ресурс]. URL: <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/ne-vylivaj-pererabotaj-kak-reshit-problemu-molochnoj-syvorotki-i-zarabotat-na-nej> (дата обращения: 01.03.2025).
21. Красникова Л. В., Жукова А. Д. Ферментация пробиотическими культурами смеси молока и сывороточных экстрактов ягод // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 4. С. 87–95.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vladimir V. Sadovoy – Dr. Sci. (Techn.), Professor of the Department of Commodity Science and Public Catering Technology, Stavropol Institute of Cooperation (branch), Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, +79188639013, vsadovoy@yandex.ru

Tatyana V. Shchedrina – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of Food Technology and Commodity Science, Pyatigorsk Institute (branch), North Caucasus Federal University, +789283730813, tany1812@yandex.ru

Alla S. Khamitsaeva – Dr. Sci. (Techn.), Professor of the Department of Food Technology, Gorsky State Agrarian University, +79034833663, allahamicaeva@mail.ru

Irina A. Trubina – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of Production and Processing of Agricultural Products of the Stavropol State Agrarian University, +79624419174, stgau.75@mail.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: one of the authors VV Sadovoy, Dr. Sci. (Techn.), Professor, is a member of the Editorial Board of the journal "Modern Science and Innovations". The authors are unaware of any other potential conflict of interest related to this manuscript.

The article was submitted: 10.03.2025;

approved after reviewing: 06.04.2025;

accepted for publication: 17.04.2025.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир Всеволодович Садовой – доктор технических наук, профессор кафедры товароведения и технологии общественного питания, Ставропольский институт кооперации (филиал), Белгородский университет кооперации, экономики и права, +79188639013, vsadovoy@yandex.ru

Татьяна Викторовна Щедрина – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения, Пятигорский институт (филиал), Северо-Кавказский федеральный университет, +789283730813, tany1812@yandex.ru

Алла Смалиевна Хамицаева – доктор технических наук, профессор кафедры технологии продуктов питания, Горский государственный аграрный университет, +79034833663, allahamicaeva@mail.ru

Ирина Александровна Трубина – кандидат технических наук, доцент кафедры производства и переработки сельскохозяйственной продукции Ставропольского государственного аграрного университета, +79624419174, stgau.75@mail.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: один из авторов статьи – доктор технических наук, профессор В. В. Садовой является членом редакционной коллегии журнала «Современная наука и инновации». Авторам неизвестно о каком-либо другом потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью.

Статья поступила в редакцию: 10.03.2025;

одобрена после рецензирования: 06.04.2025;

принята к публикации: 17.04.2025.

Научная статья

УДК 579.083.13, 602.027.236, 637.146

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.11>

Технология инкапсулирования *Lactiplantibacillus Plantarum* в оболочку альгината кальция для получения микрокапсул различных размеров

Роза Эмировна Григорян¹, Владимир Петрович Курченко², Наталья Алексеевна Головнева³,
Вера Витальевна Денисенко⁴, Инна Александровна Найдено⁵, Динара Александровна
Салманова⁶, Лиана Валериковна Гарибян⁷, Игорь Владимирович Ржепаковский⁸, Людмила
Руслановна Алиева⁹, Алексей Дмитриевич Лодыгин^{10*}, Иван Алексеевич Евдокимов¹¹,
Мария Ивановна Шрамко¹²

^{1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12} Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

² Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

^{3, 4, 5} Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

¹ roza178225@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0002-6005-1814>

² Kurchenko@tut.by; <https://orcid.org/0000-0002-4859-2389>

³ golovnyova@yandex.by; <https://orcid.org/0009-0007-6564-8544>

⁴ biochem_lab@mbio.bas-net.by; <https://orcid.org/0000-0003-4385-7250>

⁵ biochem_lab@mbio.bas-net.by; <https://orcid.org/0000-0001-9341-9617>

⁶ salmanova.dinara@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0003-2240-0777>

⁷ liana.garibian@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0001-5153-0373>

⁸ irzhepakovskii@ncfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2632-8923>

⁹ ali-ludmila@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3706-1539>

¹⁰ allodygin@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8460-2954>

¹¹ ievdokimov@ncfu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3706-1539>

¹² marusyashramko@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7100-1014>

* Автор, ответственный за переписку: Алексей Дмитриевич Лодыгин, allodygin@yandex.ru

Аннотация. Капсулирование *Lactiplantibacillus plantarum* в альгинат натрия проводилось методом экструзии с использованием установки ИИ 0.35-1.5 (ООО «МЗТА», г. Муром). Изменяя скорость привода диспергатора были получены микрокапсулы различных размеров: 805±410, 725±400, 547±300, 304±175 мкм, соответственно. Определена производительность технологии микрокапсулирования, средние размеры полученных гидратированных и сублимированных микрокапсул, их морфологические особенности. Исследовано содержание жизнеспособных клеток в микрокапсулах различного размера.

Ключевые слова: инкапсулирование, *Lactiplantibacillus plantarum*, альгинат натрия, жизнеспособность лактобактерий, пробиотики, экструзия

Для цитирования: Григорян Р. Э., Курченко В. П., Головнева Н. А., Денисенко В. В., Найдено И. А., Салманова Д. А., Гарибян Л. В., Ржепаковский И. В., Алиева Л. Р., Лодыгин А. Д., Евдокимов И. А., Шрамко М. И. Технология инкапсулирования *Lactiplantibacillus Plantarum* в оболочку альгината кальция для получения микрокапсул различных размеров // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 135-149. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.11>

© Григорян Р. Э., Курченко В. П., Головнева Н. А., Денисенко В. В., Найдено И. А., Салманова Д. А., Гарибян Л. В., Ржепаковский И. В., Алиева Л. Р., Лодыгин А. Д., Евдокимов И. А., Шрамко М. И., 2025

Research article

The technology of encapsulation of *Lactiplantibacillus Plantarum* in a calcium alginate shell to produce microcapsules of various sizes

Roza E. Grigorian¹, Vladimir P. Kurchenko², Natalya A. Golovnyova³, Vera V. Denisenko⁴, Inna A. Naidenko⁵, Dinara A. Salmanova⁶, Liana V. Garibian⁷, Igor V. Rzhepakovsky⁸, Ludmila R. Alieva⁹, Aleksey D. Lodygin^{10*}, Ivan A. Evdokimov¹¹, Maria Shramko¹²

^{1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12} North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

² Belarusian State University, Minsk, Belarus

^{3, 4, 5} Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,

¹ roza178225@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0002-6005-1814>

² Kurchenko@tut.by; <https://orcid.org/0000-0002-4859-2389>

³ golovnyova@yandex.by; <https://orcid.org/0009-0007-6564-8544>

⁴ biochem_lab@mbio.bas-net.by; <https://orcid.org/0000-0003-4385-7250>

⁵ biochem_lab@mbio.bas-net.by; <https://orcid.org/0000-0001-9341-9617>

⁶ salmanova.dinara@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0003-2240-0777>

⁷ liana.garibian@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0001-5153-0373>

⁸ irzhepakovskii@ncfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2632-8923>

⁹ ali-ludmila@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3706-1539>

¹⁰ allodygin@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8460-2954>

¹¹ ievdokimov@ncfu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3706-1539>

¹² marusyashramko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7100-1014>

* **Corresponding author:** Aleksey D. Lodygin, allodygin@yandex.ru

Abstract. *The encapsulation of *Lactiplantibacillus plantarum* into sodium alginate was carried out by extrusion using the installation AI 0.35-1.5 (LLC "MZTA", Murom). By changing the speed of the dispersant drive microcapsules of various sizes are obtained: 805±410, 725±400, 547±300, 304±175 microns, respectively. The performance of the encapsulation technology, the average sizes of the hydrated and sublimated microcapsules obtained, and their morphological features are determined. The content of viable cells in microcapsules of various sizes has been studied.*

Keywords: encapsulation, *Lactiplantibacillus plantarum*, sodium alginate, viability of lactobacteria, probiotics, extrusion

For citation: Grigoryan RE, Kurchenko VP, Golovneva NA, Denisenko VV, Naidenko IA, Salmanova DA, Garibyan LV, Rzhepakovsky IV, Alieva LR, Lodygin AD, Evdokimov IA, Shramko MI. *The technology of encapsulation of *Lactiplantibacillus Plantarum* in a calcium alginate shell to produce microcapsules of various sizes. Modern Science and Innovations. 2025;(1):135-149. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.11>*

Введение. Молочнокислые бактерии являются наиболее часто используемыми пробиотическими микроорганизмами благодаря их благотворному воздействию на желудочно-кишечный тракт. [10]. Известно, что они предотвращают кишечные инфекции, регулируют уровень холестерина в сыворотке крови, стимулируют иммунную систему, улучшают усвоение лактозы и проявляют антиканцерогенную активность [13]. В связи с этим, они должны поступать в организм в соответствующем количестве и выдерживать неблагоприятные условия желудочно-кишечного тракта [5]. Необходимо отметить, что выживаемость пробиотических микроорганизмов резко снижается при переработке и хранении [14]. Для предотвращения этого процесса необходимо защитить лактобактерии от потери их жизнеспособности в неблагоприятных условиях. Для сохранения жизнеспособности и адресной доставки в достаточных количествах лактобактерии можно капсулировать в оболочку, которая защитит их от экстремальных воздействий [23, 24].

Капсулирование пробиотиков является эффективной технологией для повышения выживаемости и сохранения метаболической активности в желудочно-кишечном тракте, а также для обеспечения жизнеспособности при длительном хранении [16]. При инкапсуляции полимер образует капсулу, оболочка которой изолирует лактобактерии и защищает их от неблагоприятных воздействий [26]. Для капсулирования молочнокислых бактерий используются различные пищевые углеводные полимеры: крахмал, альгинат, хитозан, желатин, пектин, целлюлоза, каррагинан и ксантановая камедь [2, 19, 25].

Альгинат натрия является наиболее часто используемым материалом, пригодным практически для всех методов инкапсуляции [12]. Это линейный неразветвленный аморфный сополимер, состоящий из β -D-манурановой кислоты (M) и α -L-гулурановой кислоты (G), соединенных 1-4 связями. Альгинат натрия широко используется в качестве желирующего агента, благодаря его способности образовывать гидрогели с двухвалентными катионами. Гидрогель образуется благодаря тому, что мономеры гулурановой кислоты альгината натрия связываются с катионами. В результате образуется водонерастворимая трехмерная сеть альгинатных нитей, которые удерживаются вместе за счет ионных взаимодействий [7]. Одним из широко используемых методов инкапсуляции является экструзия. Методом экструзии получают гидроколлоидные капсулы, используя дешевую и простую процедуру, которая сводит к минимуму повреждение пробиотиков, сохраняя при этом более высокую выживаемость клеток [3]. Этот метод заключается в приготовлении раствора альгината натрия, добавлении в него микроорганизмов и формировании капель путем выдавливания суспензии через экструдер для свободного падения. Полученные гидратированные сферы обрабатываются хлоридом кальция, что приводит к образованию водонерастворимых стенок капсул, внутренняя фаза которых содержит лактобактерии [22]. Дисперсная система, состоящая из дисперсной фазы – лактобактерий и дисперсной среды - альгината натрия поступает на диспергатор. Размеры образовавшихся микрокапсул зависят от скорости привода диспергатора, подающего гидратированные сферы для обработки хлористым кальцием.

Технологии инкапсуляции используются для сохранения жизнеспособности пробиотических клеток во время хранения, коммерциализации и использования в пищевых продуктах [17]. Сообщается, что инкапсулированные пробиотики содержатся в соках: яблочный сок (*Lactocaseibacillus rhamnosus*), морковный сок (*Lactobacillus acidophilus*), фруктовый сок (*Lactocaseibacillus rhamnosus* и *Bifidobacterium longum*), сок манго (*Lactiplantibacillus plantarum*), томатный сок (*Lactobacillus acidophilus*) и молочных продуктах: сыр чеддер (*Bifidobacterium longum*), сыр Моцарелла (*Lactocaseibacillus paracasei*), кефир (*Bifidobacterium animalis*) и йогурт (*Lactobacillus acidophilus*) [6, 8, 11].

Для поддержания жизнеспособности пробиотиков, а именно пробиотических бактерий *Limosilactobacillus reuteri* SW-23 и *Ligilactobacillus salivarius* RBL-50, они были успешно инкапсулированы в альгинатно-инулиновую матрицу, покрытую хитозаном [27]. Инкапсуляция *Lactiplantibacillus plantarum* и *Lactocaseibacillus rhamnosus* в альгинат с последующим покрытием хитозаном позволила сохранить высокую жизнеспособность лактобактерий в желудочно-кишечном тракте [1, 20].

Среди лактобактерий широкое практическое применение находят бактерии вида *Lpb. plantarum*. Его различные штаммы используются при производстве кисломолочных продуктов, ферментированных мясных продуктов, хлебобулочных изделий, молочной кислоты, фруктовых соков и др. [23]. Важной задачей для сохранения жизнеспособности лактобактерий этого вида является разработка технологий получения микрокапсул различного размера. В зависимости от размера микрокапсул внутренняя фаза может содержать разное количество жизнеспособных лактобактерий. Кроме этого, их водонерастворимая оболочка может содержать различное количество альгината и связанных с ним ионов кальция. Их соотношение будет определять физико-химические

свойства капсул: устойчивость к термическому разложению и перевариванию в желудочно-кишечном тракте, а также сохранению жизнеспособности *Lpb. plantarum* в процессе длительного хранения.

В связи с этим представлялось целесообразным разработать технологию инкапсулирования бактерий *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 [18], используемых в составе пробиотических препаратов, в альгинат натрия методом экструзии, исследовать физико-химические свойства микрокапсул и жизнеспособность лактобактерий в зависимости от их размера.

Материалы и методы исследований.

Культивирование Lpb. plantarum БИМ-В 492

В качестве объекта исследований был выбран штамм *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 (Белорусская коллекция непатогенных микроорганизмов Института микробиологии НАН Беларуси). Бактерии *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 поддерживались в жидкой питательной среде MRS [15] путем субкультивирования. Для длительного хранения бактерии лиофилизировали с использованием криозащитной среды, включающей обезжиренное сухое молоко и сахарозу. Для восстановления лиофильно высушенной культуры *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 использовали пермеат, полученный путем ультрафильтрации подсырной молочной сыворотки (установка мембранной фильтрации TestUnit M20, Alfa Laval, Швеция) на молочном комбинате «Ставропольский», Россия. Активизацию проводили путем добавления к 1,0 г лиофилизированных бактерий 20 мл пастеризованного пермеата, термостатировали 30 мин при оптимальной температуре (30°C). Затем восстановленную культуру вносили в пастеризованный пермеат, тщательно перемешивали и инкубировали при 30°C в течение 24 ч для накопления биомассы.

Инкапсуляция Lpb. plantarum БИМ-В 492

Инкапсулирование *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 проводили на экспериментальной установке ИИ 0.35-1.5 (ООО «МЗТА», г. Муром). Установка предназначена для микрогранулирования лактобактерий и других объектов. Для капсулирования готовили смесь: 200 мл культуральной жидкости *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 с добавлением 1800 мл 2 % раствора альгината натрия. Соотношение культуры лактобактерий и альгината натрия составляло 1:9 W/W. Полученную смесь помещали в емкость капсулятора для подачи на диспергатор. Для получения микрокапсул различных размеров при постоянной паспортной частоте насоса подачи смеси альгината и *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 изменяли скорость привода диспергатора, которая составляла 15,0; 20,0; 27,0; 33,0 об/сек, соответственно. Капсулы получали путем формирования из полученной смеси капель гелеподобной формы при центробежном разбрызгивании на стенках гранулятора и последующей их обработкой 4 % раствором хлористого кальция. Гидратированные микрогранулы промывали дистиллированной водой. Капсулы фильтровались через лавсановый фильтр до постоянной массы. Выход готовых гидратированных микрокапсул определяли гравиметрическим методом на весах (технические лабораторные весы ВЛТЭ-1100, ГОСМЕТР, Россия).

Сублимационная сушка микрокапсул

Полученные гидратированные капсулы замораживали при температуре минус 39,0–40,0°C в течение 72 ч (TEFCOLD, Выборг, Дания). Последующую сушку проводили в течение 27-30 ч в защищенной от света камере сублимационной сушилки BK-FD10PT (Biobase, Китай) при среднем рабочем давлении в сушильной камере 80,0–90,0 Па, температуре в конденсаторе – 48,0–49,0°C [21]. Выход сублимированных микрокапсул определяли гравиметрическим методом на весах (технические лабораторные весы ВЛТЭ-1100, ГОСМЕТР, Россия). Готовые капсулы хранили при температуре + 5 °С.

Морфология и размер частиц

Морфологические особенности и размеры гидратированных и сублимированных микрокапсул, полученных при скоростях привода диспергатора 15,0; 20,0; 27,0; 33,0 об/сек анализировали с использованием светового микроскопа Axio Imager 2 (A2) (Carl Zeiss Microscopy, Oberkochen, Germany) с увеличением 50. Результаты документировали

микроснимками, полученными с помощью специализированной фотокамеры AxioCam MRc5 и программного обеспечения Zen 2 Pro (Carl Zeiss Microscopy, Германия) [7].

Определение количества микрокапсул

Для определения количества сублимированных микрокапсул в 1 грамме готовили точную навеску микрокапсул 10 мг каждого размера. Проводили количественный учёт с использованием увеличительного стекла (x2,5). Пересчитывали количество микрокапсул на 1 грамм сублимата и выражали в шт/г. Опыт проводили в трёх повторностях.

*Количество жизнеспособных клеток *Lpb. plantarum* БИМ-В 492*

Количество жизнеспособных клеток бактерий *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 в 1 мл суспензии (число колониеобразующих единиц – КОЕ) определяли по ГОСТ 10444.11-2013 «Методы определения молочнокислых микроорганизмов» методом предельных разведений при высеве на модифицированную среду MRS: дрожжевой экстракт – 0,5 %; пептон – 1 %; мясо-пептонный бульон – 10 %; лактоза – 1 %; аммоний лимоннокислый – 0,5 %; натрий уксуснокислый – 0,2 %; калий фосфорнокислый 2-зам. – 0,4 %; магний сернокислый – 0,02 %; марганец сернокислый – 0,005 %; цистеин – 0,5 %; агар-агар – 0,1 %; pH – 6,5-6,8 [4]. Готовили ряд последовательных разведений образцов микрокапсул от 10^{-1} до 10^{-10} . Из каждого разведения в три пробирки со стерилизованной питательной средой параллельно вносили по 1 мл суспензий. После инкубирования в течение 48 ч при 30 °С проводили визуальный подсчет выросших колоний.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием общепринятых методов вариационной статистики пакета «Анализ данных» программы «Microsoft Office Excel 2016» (Microsoft Corporation).

Результаты исследований и их обсуждение. Капсулирование *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 проводили на экспериментальной установке ИИ 0.35-1.5 (ООО «МЗТА», г. Муром). Установка предназначена для микрогранулирования лактобактерий и других объектов методом экструзии. На рисунке 1 представлена установка ИИ 0.35-1.5 (ООО «МЗТА», г. Муром).



Рисунок 1 – Установка ИИ 0.35-1.5 (ООО «МЗТА», г. Муром) / Figure 1 – Installation of AI 0.35-1.5 (LLC «MZTA», Murom)

**Источник: составлено авторами
Source: compiled by authors**

Для получения микрокапсул различного размера готовили дисперсную систему, состоящую из дисперсной фазы – *Lpb. plantarum* БИМ-В 492, и дисперсной среды – 2 % раствора альгината натрия в соотношении 1:9. Полученную смесь объемом 2 литра

помещали в емкость подачи капсулятора. При изготовлении микрокапсул максимального размера устанавливалась паспортная частота насоса подачи смеси альгината и культуральной жидкости *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 и скорость привода диспергатора 15,0 об/сек. После обработки полученных гидратированных сфер 20 л 4% хлористого кальция они промывались 20 л дистиллированной воды и собирались в емкость. Капсулы фильтровались через лавсановый фильтр до постоянной массы. Время получения гидратированных микрокапсул максимального размера составило 100 мин, масса – 553,56 г.

Для получения капсул меньших размеров проводили аналогичные операции, при этом скорость привода диспергатора составляла 20,0; 27,0; 33,0 об/сек, частота насоса подачи дисперсной системы оставалась постоянной и составляла 24,5 Гц. Полученные гидратированные микрокапсулы с лактобактериями сублимировали. Сублимированные капсулы хранили при 4 °С.

Проводился анализ гидратированных и сублимированных микрокапсул. Исследовали морфологию, размеры, количество капсул и содержание в них жизнеспособных клеток.

В таблице 1 представлены технологические параметры процесса получения микрокапсул, их морфология, размеры и показатели жизнеспособности исследуемых бактерий.

Таблица 1 – Параметры капсул, полученных при различной скорости привода диспергатора и постоянной частоте насоса подачи смеси / Table 1 – Parameters of capsules obtained at different speeds of the dispersant drive and a constant frequency of the mixture pump

Параметры капсул	Скорость привода диспергатора, об/сек			
	15,0	20,0	27,0	33,0
Время получения микрокапсул, мин	100	125	130	180
Вес полученных гидратированных микрокапсул, г	553,6	573,8	455,9	423,0
Потери дисперсной системы, мл	280	350	475	550
Масса сублимированных микрокапсул, г	31,0	33,7	27,6	28,0
Количество сублимированных микрокапсул на грамм, шт	18 000	488 000	922 000	1 356 000
Количество жизнеспособных клеток, КОЕ/г	$2,4 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^6$
Количество жизнеспособных клеток, КОЕ/1 капсула	$1,3 \cdot 10^4$	$8,2 \cdot 10^2$	$2,2 \cdot 10^2$	5,9

Источник: составлено авторами
Source: compiled by authors

Анализ результатов, представленных в таблице 1, показывает, что с увеличением скорости привода диспергатора с 15,0 до 33,0 об/сек продолжительность технологического процесса микрокапсулирования дисперсной системы объемом 2 л увеличивается в 1,8 раз. Масса полученных гидратированных микрокапсул с увеличением скорости привода диспергатора уменьшается в 1,3 раза. Как видно из таблицы 1, с повышением скорости привода диспергатора часть дисперсной системы остается в контуре капсулятора и не используется в технологическом процессе получения микрокапсул. Это связано с особенностями конструкции экспериментальной установки ИИ 0.35-1.5. На рисунке 2 представлена зависимость производительности используемого капсулятора от скорости привода диспергатора при получении гидратированных микрокапсул.

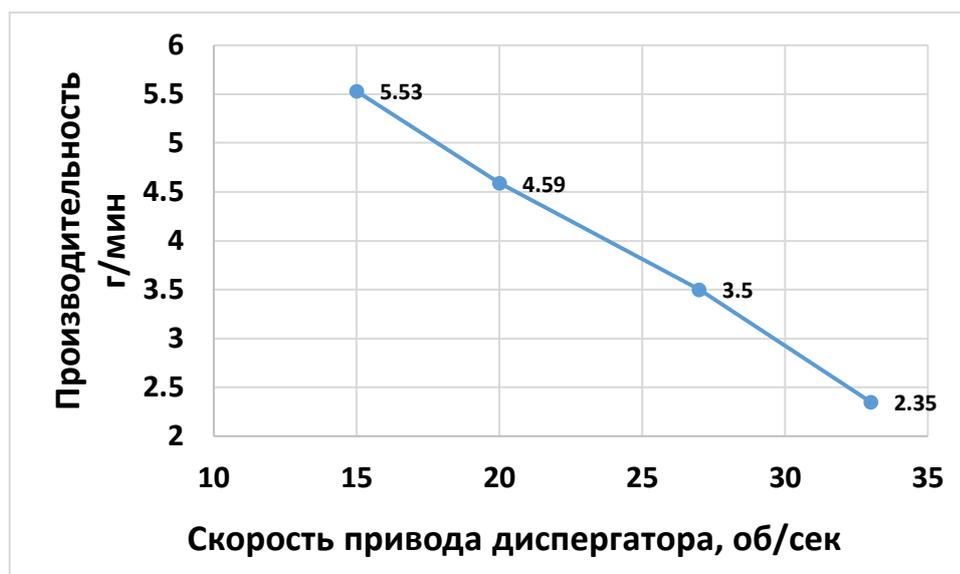


Рисунок 2 – Зависимость производительности капсулятора от скорости привода диспергатора / Figure 2 – Dependence of the performance of the capsulator on the speed of the dispersant drive

Источник: составлено авторами
Source: compiled by authors

Полученные результаты свидетельствуют о том, что скорость подачи дисперсной смеси для обработки хлоридом кальция снижает производительность технологического процесса микрокапсулирования *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 в альгинат натрия в 2,4 раза.

При постоянной частоте насоса подачи дисперсной смеси 24,5 Гц скорость привода диспергатора играет определяющую роль в получении микрокапсул различного размера. Как следует из результатов, представленных на рисунке 3, средний размер гидратированных капсул в зависимости от скорости привода диспергатора уменьшается на 37,8 %.

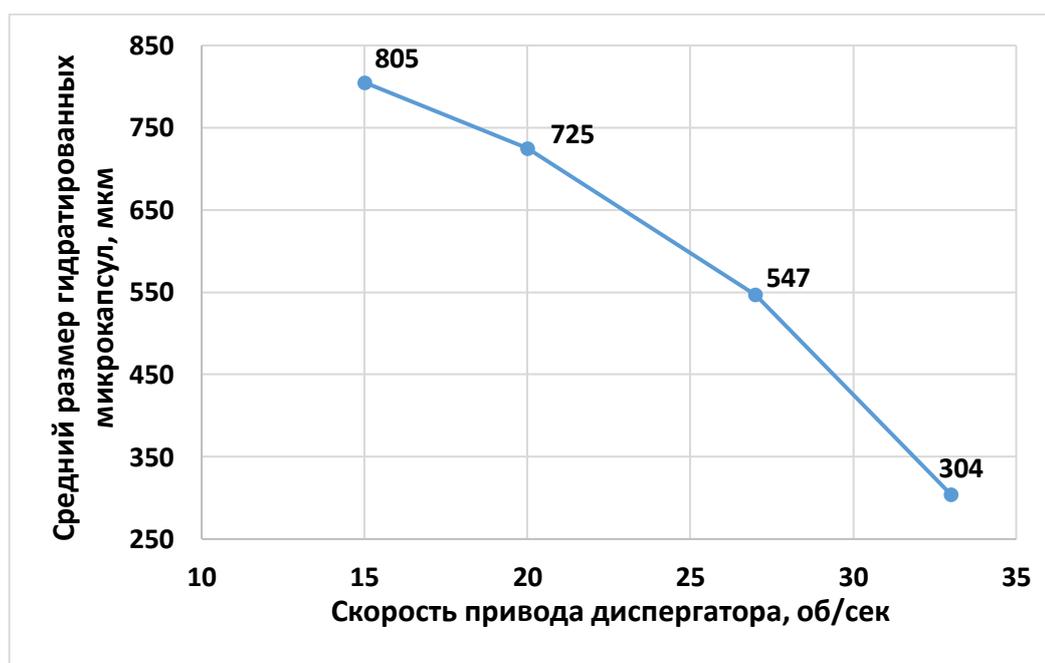


Рисунок 3 – Зависимость среднего размера гидратированных капсул от скорости привода диспергатора. Figure 3 – Dependence of the average size of hydrated capsules on the speed of the dispersant drive

Источник: составлено авторами
Source: compiled by authors

Как видно из рисунка 3, при скоростях привода диспергатора 15,0; 20,0; 27,0; 33,0 об/сек отклонение размеров микрокапсул от среднего значения колеблется от 51 до 58 % соответственно.

На рисунке 4 а представлены морфологические особенности гидратированных микрокапсул среднего размера 805 ± 410 мкм, исследованные с использованием световой микроскопии. Они имеют округлую или овальную форму, а на их поверхности имеются неровности и вмятины. Аналогичные морфологические особенности наблюдались и для гидратированных микрокапсул других полученных размеров, представленных в таблице 1.

В результате сублимационной сушки масса высушенных микрокапсул составила 5,6; 5,9; 6,1 и 6,6 % от исходной массы гидратированных капсул, полученных при различных скоростях привода диспергатора, как видно из таблицы 1.

На рисунке 5 представлена зависимость среднего размера сублимированных микрокапсул от скорости привода диспергатора. Измерение средних размеров сублимированных микрокапсул проводили с использованием световой микроскопии. Показано, что их размер уменьшился более чем в 2 раза по сравнению с гидратированными.

Форма и морфологические особенности полученных сублимированных микрокапсул среднего размера 805 ± 410 мкм с использованием светового микроскопа Axio Imager 2 (A2) с увеличением 50, представлены на рисунке 4 б.

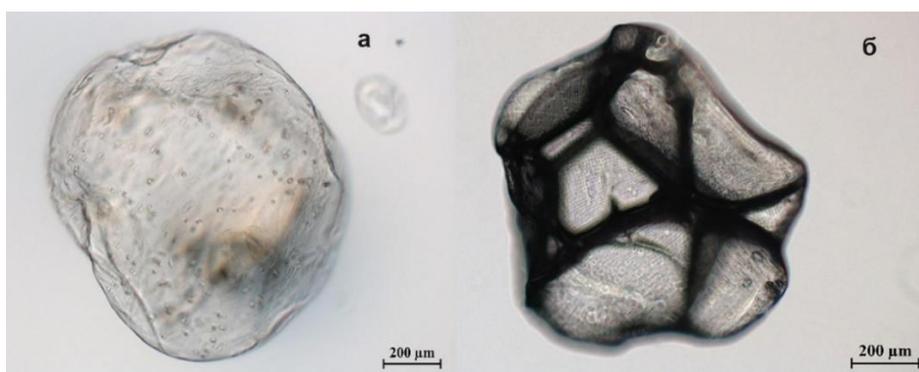


Рисунок 4 – Гидратированная (а) и сублимированная (б) капсула, средний размер 805 ± 410 мкм / Figure 4 – Hydrated (a) and freeze-dried (b) capsule, average diameter 805 ± 410 microns

Источник: составлено авторами
Source: compiled by authors

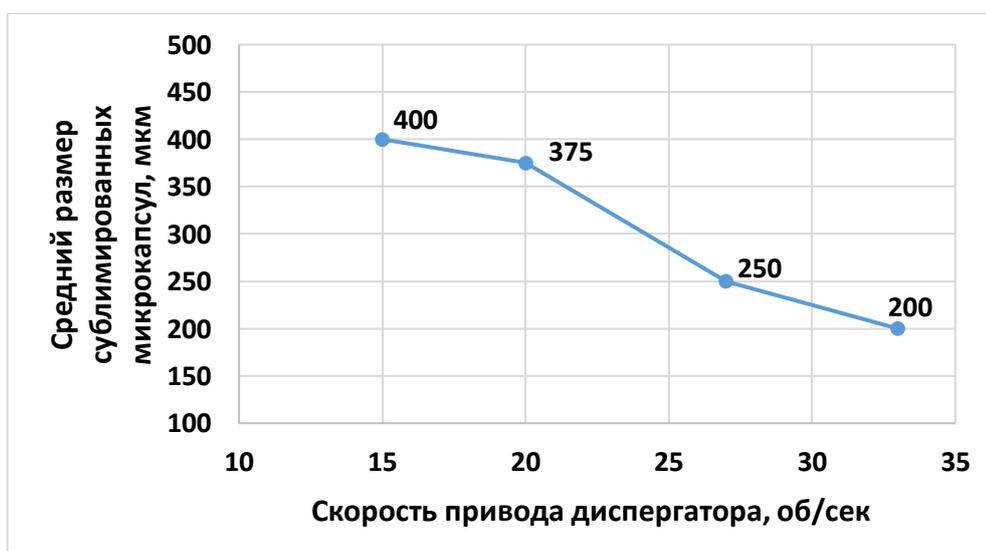


Рисунок 5 – Зависимость среднего размера сублимированных капсул от скорости привода диспергатора / Figure 5 – Dependence of the average size of freeze-dried

capsules on the speed of the dispersant drive

Источник: составлено авторами

Source: compiled by authors

Анализ показывает, что они потеряли овальную форму. На их поверхности имеются светлые области и ребристая сетчатая структура темного цвета. Эти неровности поверхности микрокапсул вероятно связаны с уменьшением оболочки капсул в результате сублимирования и уплотнения альгината кальция на их поверхности. Размер частиц и их количество являются важными свойствами, которые непосредственно влияют на использование микрокапсул в пищевых продуктах [19]. Совместный анализ данных таблицы 1 и рисунка 5 показывает, что с уменьшением размера сублимированных микрокапсул, их количество в пересчете на 1 грамм возрастает в 75 раз.

Количество жизнеспособных клеток *Lpb. plantarum* БИМ-В 492, входящих в микрокапсулы, является ключевым показателем, который определяет возможность их практического использования. Объем внутренней фазы микрокапсул, содержащей лактобактерии, уменьшается с уменьшением их размера. Это может приводить к значительным изменениям содержания в них жизнеспособных клеток. Количество жизнеспособных клеток в полученных микрокапсулах различного размера представлено в таблице 1. Анализ результатов показывает, что наибольшее количество жизнеспособных клеток содержится в сублимированных микрокапсулах большего размера. Уменьшение размера микрокапсул ведёт к снижению содержания жизнеспособных клеток *Lpb. Plantarum* БИМ-В 492 в 30 раз. Рисунок 6 иллюстрирует зависимость количества жизнеспособных клеток от среднего размера сублимированных капсул.

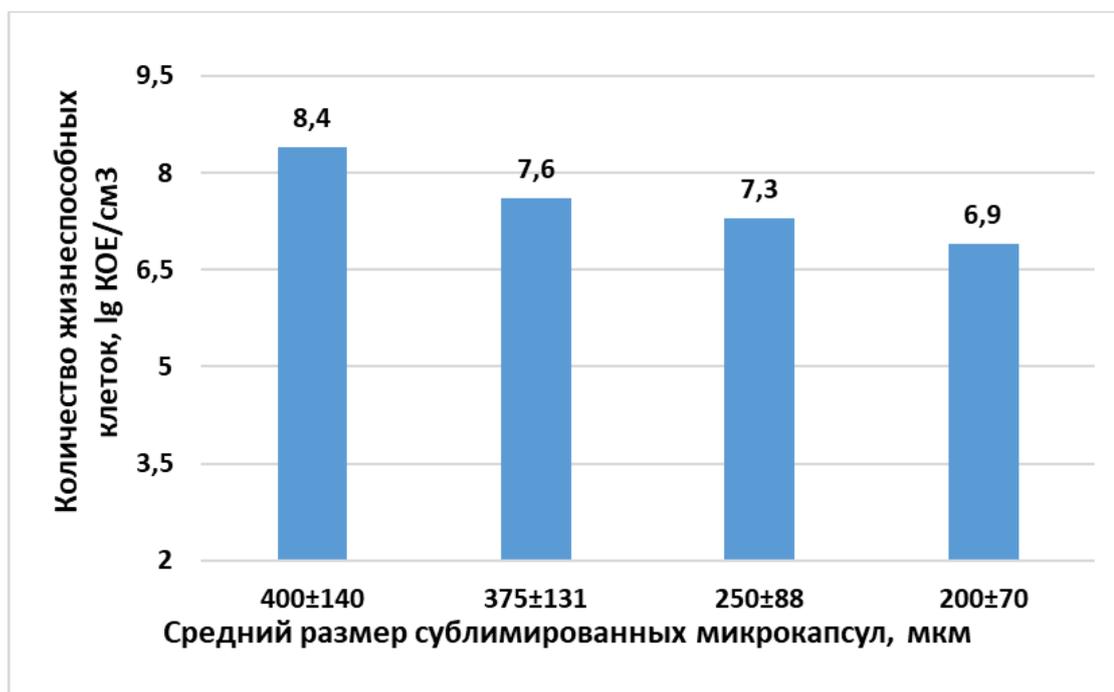


Рисунок 6 – Зависимость количества жизнеспособных клеток от среднего размера сублимированных микрокапсул / Figure 6 – Dependence of the number of viable cells on the average size of sublimated microcapsules

Источник: составлено авторами

Source: compiled by authors

Наибольшие различия в количестве жизнеспособных клеток наблюдаются при расчёте на 1 среднюю капсулу каждого из полученных размеров. Из таблицы 1 видно, что

с уменьшением размера частиц, жизнеспособность лактобактерий значительно снижается от $1,3 \cdot 10^4$ до 5,9 в капсуле.

Закключение. Предложена технология получения микрокапсул с *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 с использованием экспериментальной установки ИИ 0.35-1.5. Для получения микрокапсул различного размера были оптимизированы параметры экструзии: частота насоса подачи смеси альгината и *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 24,5 Гц и скорость привода диспергатора от 15,0 об/сек до 33,0 об/сек. Микрокапсулы получали, используя дисперсную систему, состоящую из дисперсной фазы – культуральной жидкости *Lpb. plantarum* БИМ-В 492 и дисперсной среды – 2 % раствора альгината натрия. Смесь при различной скорости привода диспергатора распылялась с образованием гелеподобных сфер, обработка которых хлористым кальцием, приводила к формированию гидратированных микрокапсул различного размера.

Данная технология позволяет производить микрокапсулы с лактобактериями на основе альгината натрия различных размеров. Изменение скорости привода диспергатора оказывает влияние на такие параметры, как количество, средний размер гидратированных и сублимированных частиц, морфологические особенности микрокапсул и количество жизнеспособных клеток в них. Эти характеристики являются определяющими для дальнейшего применения технологии при производстве пробиотиков с продленными сроками хранения, а также при производстве пищевых продуктов функционального назначения.

Исследования проведены в рамках реализации гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Изучение механизмов взаимодействия молочнокислых микроорганизмов, лактозосбраживающих дрожжей и биологически активных веществ при микроинкапсулировании различных фракций микробиоты», Соглашение № 075-15-2022-1129 от 01.07.2022 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ali U., Saeed M., Ahmad Z., Shah F.-u.-H., Rehman M. A., Mehmood T., Rahman A. Stability and survivability of alginate gum-coated lactobacillus rhamnosus GG in simulated gastrointestinal conditions and probiotic juice development // Journal of Food Quality. 2023.
2. Ballesteros L. F., Ramirez M. J., Orrego C. E., Teixeira J. A., Mussatto S. I. Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials // Food Chem. 2017. Vol. 237. P. 623–631.
3. Barajas-Alvarez P., Gonzalez-Avila M., Espinosa-Andrews H. Recent advances in probiotic encapsulation to improve viability under storage and gastrointestinal conditions and their impact on functional food formulation // Food Reviews International. 2023. Vol. 39. No. 2. P. 992–1013.
4. De man J. C., Sharpe M., Rogosa E. A medium for the cultivation of lactobacilli // Journal of appl. bacteriology. 1960. Vol. 23. No. 1. P. 130–135.
5. Ding W. K., Shah N. P. An improved method of microencapsulation of probiotic bacteria for their stability in acidic and bile conditions during storage // J. Food Sci. 2009. Vol. 74. P. M53–M61. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.01030.x>
6. Espitia P. J. P., Batista R. A., Azeredo H. M. C., Otoni C. G.. Probiotics and their potential 298 applications in active edible films and coatings, 299 // Int. Food Res. J. 2016. Vol. 90. P. 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.026>
7. Fu S., Thacker A., Sperger D. M., Boni R. L., Buckner I. S., Velankar S., Munson E. J., Block L. H. Relevance of Rheological Properties of Sodium Alginate in Solution to Calcium Alginate Gel Properties // AAPS Pharm. Sci. Tech. 2011. Vol. 12. No. 2. P. 453–460.
8. Gbassi G. K., Vandamme T. Probiotic encapsulation technology: from microencapsulation to release into the gut // Pharmaceutics. 2012. Vol. 4. P. 49–163. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics4010149>
9. Goula A. M., Adamopoulos K. G. A new technique for spray-dried encapsulation of Lycopene // Drying Technology. 2012. Vol. 30. No. 6. P. 641–652.
10. Huang G., Chen S., Dai C., Sun L., Sun W., Tang Y., Ma H. Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity // Ultrasonics Sonochemistry. 2017. Vol. 37. P. 144–149.

11. Kailasapathy K. Encapsulation technologies for functional foods and nutraceutical product development // *Cab. Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.* 2009. Vol. 4. No. 7. P. 1–13. <https://doi.org/10.1079/PAVSNRR20094033>
12. Karimi M., Sekhavatizadeh S. S., Hosseinzadeh S. Milk dessert containing *Lactobacillus reuteri* (ATCC 23272) encapsulated with sodium alginate, *Ferula assa-foetida* and Zedo (*Amygdalus scoparia*) gum as three layers of wall materials // *Food and Bioproducts Processing.* 2021. Vol. 127. P. 244–254.
13. Krasaekoopt W., Bhandari B., Deeth H. C. Survival of probiotics encapsulated in chitosan-coated alginate beads in yoghurt from UHT-and conventionally treated milk during storage // *LWT.* 2006. Vol. 39. P. 177–183, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.12.006>
14. Lu S., Li Z., Li D.-T., Xu M., Huai-Yu C., Zhi-Liang Z., Zhen-Xing T. Encapsulation of probiotic *L. bulgaricus* in alginate-milk microspheres and evaluation of the survival in simulated gastrointestinal conditions // *J. Food Eng.* 2013. Vol. 11. P. 99–104. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.02.012>
15. Man de J. C., Rogosa M., Sharpe M. E. A medium for the cultivation of lactobacilli // *Journal of Appl. Bacteriology.* 1960. Vol. 23. No. 1. P. 130–135.
16. Yao M., Xie J., Du H., McClements D. J., Xiao H., Li L. Progress in microencapsulation of probiotics: a review // *CRFSFS.* 2020. Vol. 19. No. 2. P. 857–874. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12532>
17. Ganje M., Sekhavatizadeh S. S., Hejazi S. J., Mehrpooya R. Effect of encapsulation of *Lactobacillus reuteri* (ATCC 23272) in sodium alginate and tomato seed mucilage on properties of ketchup sauce. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications.* 2024. Vol. 7. P. 100486. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100486>
18. Найденко И. А., Денисенко В. В. Патент РБ на изобретение № 15103. Штамм бактерий *Lactobacillus plantarum* БИМ В-492 Д для получения пробиотического препарата для животных. – заявка № а20091261 от 2009.08.26 – Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы». 2011. № 6. С. 124.
19. Oro C. E. D., Mignoni M. L., Zobot G. L., Backes G. T., Dallago R. M., Tres M. V. Technical characteristics for encapsulation in the food industry. *Novel and Alternative Methods in Food Processing: Biotechnological, Physicochemical, and Mathematical Approaches.* 2023. Vol. 303.
20. Padhmavathi V., Shruthy R., Preetha R. Chitosan coated skim milk-alginate microspheres for better survival of probiotics during gastrointestinal transit. *J. Food Sci. Technol.* 2023. Vol. 60. No. 3. P. 889–895. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05179-1>
21. Piskov S., Timchenko L., Avanesyan S., Siddiqui S. A., Sizonenko M., Kurchenko V., Rzhepakovsky I., Blinov A., Nagdalian A., Shariati M. A., Ibrahim S. A. Comparative Study on the Structural Properties and Lipid Profile of Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Powder Obtained by Different Drying Methods. *Agriculture.* 2022. Vol. 12. P. 1590. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101590>
22. Pourakbar N., Ganje M., Shekarfroush S. S., Hosseinzadeh S. Physicochemical and sensory properties of probiotic yogurt containing *Lactobacillus plantarum* ATCC 10241 microencapsulated with okra (*Abelmoschus esculentus*) mucilage and sodium alginate. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre.* 2023. Vol. 30. P. 100364.
23. Praveen K., Suman D. Chitosan encapsulation of *Pediococcus acidilactici* NCDC 252 improved its survival in simulated gastro-intestinal conditions. *Process Biochemistry.* 2024. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2024.01.013>
24. Penalva R., Martínez-Lopez A.L., Gamazo C., Gonzalez-Navarro C. J., Gonzalez-Ferrero C., Virto-Resano R., Brotons-Canto A. Encapsulation of *Lactobacillus plantarum* in casein-chitosan microparticles facilitates the arrival to the colon and develops an immunomodulatory effect. *Food Hydrocoll.* 2023. Vol. 136. P. 108213, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108213>
25. Shori A. B. Microencapsulation improved probiotics survival during gastric transit. 2017. *HAYATI J. Biosci.* Vol. 24. P. 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.hjb.2016.12.008>
26. Silva P. T. D., Fries L. L. M., Menezes C. R. D., Holkem A. T., Schwan C. L., Wigmann E. F., Silva C. D. B. D. Microencapsulation: Concepts, mechanisms, methods and some applications in food technology // *Cienda Rura.* 2014. Vol. 44. P. 1304–1311.
27. Yash P., Manish Y., Sachin K. Microencapsulation in the chitosan-coated alginate-inulin matrix of *Limosilactobacillus reuteri* SW23 and *Lactobacillus salivarius* RBL50 and their characterization. *Carbohydr. Polym.* 2023. Vol. 5. P. 100285. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100285>

REFERENCES

1. Ali U, Saeed M, Ahmad Z, Shah F-u-H, Rehman MA, Mehmood T, Rahman A. Stability and survivability of alginate gum-coated lactobacillus rhamnosus GG in simulated gastrointestinal conditions and probiotic juice development. *Journal of Food Quality*. 2023.
2. Ballesteros, LF, Ramirez MJ, Orrego CE, Teixeira JA, Mussatto SI. Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials. *Food Chem*. 2017;237:623-631.
3. Barajas-Alvarez P., Gonzalez-Avila M., Espinosa-Andrews H. Recent advances in probiotic encapsulation to improve viability under storage and gastrointestinal conditions and their impact on functional food formulation. *Food Reviews International*. 2023;39(2):992-1013.
4. De man JC, Sharpe M., Rogosa E. A medium for the cultivation of lactobacilli. *Journal of Appl. Bacteriology*. 1960;23(1):130-135.
5. Ding WK, Shah NP. An improved method of microencapsulation of probiotic bacteria for their stability in acidic and bile conditions during storage. *Journal Food Sci*. 2009;74:M53-M61. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.01030.x>
6. Espitia PJP, Batista RA, Azeredo HMC, Otoni CG. Probiotics and their potential 298 applications in active edible films and coatings, 299. *Int. Food Res. J*. 2016;90:42-52. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.026>
7. Fu S, Thacker A, Sperger DM, Boni RL, Buckner IS, Velankar S, Munson EJ, Block LH Relevance of Rheological Properties of Sodium Alginate in Solution to Calcium Alginate Gel Properties. *AAPS Pharm. Sci. Tech*. 2011;12(2):453-460.
8. Gbassi GK, Vandamme T. Probiotic encapsulation technology: from 301 microencapsulation to release into the gut, 302. *Pharmaceutics*. 2012;4:49-163. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics4010149>
9. Goula AM, Adamopoulos KG. A new technique for spray-dried encapsulation of Lycopene. *Drying Technology*. 2012;30(6):641-652.
10. Huang G, Chen S, Dai C, Sun L, Sun W, Tang Y, Ma H. Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2017;37:144-149.
11. Kailasapathy K. Encapsulation technologies for functional foods and nutraceutical product development. *Cab. Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour*. 2009;4(7):1–13. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20094033>
12. Karimi M, Sekhavatizadeh SS, Hosseinzadeh S. Milk dessert containing *Lactobacillus reuteri* (ATCC 23272) encapsulated with sodium alginate, *Ferula assa-foetida* and *Zedo* (*Amygdalus scoparia*) gum as three layers of wall materials. *Food and Bioproducts Processing*. 2021;127:244-254.
13. Krasaekoopt W, Bhandari B, Deeth HC. Survival of probiotics encapsulated in chitosan-coated alginate beads in yoghurt from UHT-and conventionally treated milk during storage. *LWT*. 2006;39:177-183. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.12.006>
14. Lu S, Zhen-Hua Li, Dan-Ting Li, Min Xu, Huai-Yu C, Zhi-Liang Z, Zhen-Xing T. Encapsulation of probiotic *L. bulgaricus* in alginate-milk microspheres and evaluation of the survival in simulated gastrointestinal conditions. *J. Food Eng*. 2013;11:99-104. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.02.012>
15. Man de JC, Rogosa M, Sharpe ME. A medium for the cultivation of lactobacilli. *J. of Appl. Bacteriology*. 1960;23(1):130-135.
16. Yao M., Xie J., Du H., McClements D. J., Xiao H., Li L. Progress in microencapsulation of probiotics: a review. *CRFSFS*. 2020;19(2):857-874. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12532>
17. Ganje M., Sekhavatizadeh S. S., Hejazi S. J., Mehrpooya R. Effect of encapsulation of *Lactobacillus reuteri* (ATCC 23272) in sodium alginate and tomato seed mucilage on properties of ketchup sauce. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*. 2024;7:100486. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100486>
18. Naidenko IA, Denisenko VV. Patent of the Republic of Belarus for invention No. 15103. Strain of bacteria *Lactobacillus plantarum* BIM B-492 D for obtaining a probiotic preparation for animals. – application No. a20091261 dated 2009.08.26 – Official Bulletin “Inventions. Utility Models. Industrial Designs”. No. 6, 2011. P. 124. (In Russ).
19. Oro CED, Mignoni ML, Zabot GL, Backes GT, Dallago RM, Tres MV. Technical characteristics for encapsulation in the food industry. *Novel and Alternative Methods in Food Processing: Biotechnological, Physicochemical, and Mathematical Approaches*. 2023;303.

20. Padhmavathi V, Shruthy R, Preetha R. Chitosan coated skim milk-alginate microspheres for better survival of probiotics during gastrointestinal transit. *J. Food Sci. Technol.* 2023;60(3):889-895. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05179-1>
22. Piskov S, Timchenko L, Avanesyan S, Siddiqui SA, Sizonenko M., Kurchenko V, Rzhepakovsky I, Blinov A, Nagdalian A, Shariati MA, Salam A. Ibrahim A. Comparative Study on the Structural Properties and Lipid Profile of Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Powder Obtained by Different Drying Methods. *Agriculture.* 2022;12:1590. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101590>
23. Pourakbar N, Ganje M, Shekarfroush SS, Hosseinzadeh S. Physicochemical and sensory properties of probiotic yogurt containing *Lactobacillus plantarum* ATCC 10241 microencapsulated with okra (*Abelmoschus esculentus*) mucilage and sodium alginate. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre.* 2023;30:100364.
24. Praveen K, Suman D. Chitosan encapsulation of *Pediococcus acidilactici* NCDC 252 improved its survival in simulated gastro-intestinal conditions. *Process Biochemistry.* 2024. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2024.01.013>.
25. Penalva R, Martínez-Lopez AL, Gamazo C, Gonzalez-Navarro CJ, Gonzalez-Ferrero C, Virto-Resano R, Brotons-Canto A. Encapsulation of *Lactobacillus plantarum* in casein-chitosan microparticles facilitates the arrival to the colon and develops an immunomodulatory effect. *Food Hydrocoll.* 2023;136:108213. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108213>
26. Shori AB. Microencapsulation improved probiotics survival during gastric transit. *HAYATI J. Biosci.* Vol. 2017;24:1-5. <https://doi.org/10.1016/j.hjb.2016.12.008>.
27. Silva PTD, Fries LLM, Menezes CRD, Holkem AT, Schwan CL, Wigmann EF, Silva CDBD. Microencapsulation: Concepts, mechanisms, methods and some applications in food technology. *Cianda Rural.* 2014;44:1304-1311.
28. Yash P., Manish Ya., Sachin K. Microencapsulation in the chitosan-coated alginate-inulin matrix of *Limosilactobacillus reuteri* SW23 and *Lactobacillus salivarius* RBL50 and their characterization. *Carbohydr. Polym.* 2023;5:100285. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100285>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Роза Эмировна Григорян – аспирант кафедры прикладной биотехнологии, инженер научно-исследовательской лаборатории пищевой и промышленной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова, Северо-Кавказский федеральный университет, +79283058584, roza178225@mail.ru

Владимир Петрович Курченко – кандидат биологических наук, доцент, заведующий НИЛ прикладных проблем биологии, биологический факультет Белорусского государственного университета, +375296630347, Kurchenko@tut.by

Наталья Алексеевна Головнева – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией молочнокислых и бифидобактерий Института микробиологии НАН Беларуси, +375173991222, golovnyova@yandex.by

Вера Витальевна Денисенко – научный сотрудник лаборатории молочнокислых и бифидобактерий Института микробиологии НАН Беларуси, +375172431142, biochem_lab@mbio.bas-net.by

Инна Александровна Найдено – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молочнокислых и бифидобактерий Института микробиологии НАН Беларуси, +375172431142, biochem_lab@mbio.bas-net.by

Динара Александровна Салманова – кандидат технических наук, ассистент кафедры прикладной биотехнологии, инженер научно-исследовательской лаборатории пищевой и промышленной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова, Северо-Кавказский федеральный университет, +79064624914, salmanova.dinara@yandex.ru

Лиана Валериковна Гарибян – аспирант кафедры прикладной биотехнологии, инженер научно-исследовательской лаборатории пищевой и промышленной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова, Северо-Кавказский федеральный университет, +79881172345, liana.garibian@gmail.com

Игорь Владимирович Ржепаковский – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник МНОЛ экспериментальной иммуноморфологии, иммунопатологии и иммунобиотехнологии, медико-биологический факультет, Северо-Кавказский федеральный университет, +79054164981, irzhepakovskii@ncfu.ru

Людмила Руслановна Алиева – доктор технических наук, доцент, заместитель декана по международной и инновационной деятельности, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории пищевой и промышленной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмова, Северо-Кавказский федеральный университет, +79624016644, ali-ludmila@yandex.ru

Алексей Дмитриевич Лодыгин – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной биотехнологии, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории пищевой и промышленной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмова, Северо-Кавказский федеральный университет, +79288263918, allodygin@yandex.ru

Иван Алексеевич Евдокимов – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий базовой кафедрой технологии молока и молочных продуктов, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории пищевой и промышленной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмова, Северо-Кавказский федеральный университет, +79624030847, ievdokimov@ncfu.ru

Мария Ивановна Шрамко – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник НИЛ пищевой и промышленной биотехнологии, доцент кафедры прикладной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмова, Северо-Кавказский федеральный университет, +79054149526, marusyashramko@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: доктор технических наук, доцент А. Д. Лодыгин является членом редакционной коллегии журнала «Современная наука и инновации». Доктор технических наук, профессор И. А. Евдокимов является членом редакционного совета и редакционной коллегии журнала «Современная наука и инновации». Авторам неизвестно о каком-либо другом потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью.

Статья поступила в редакцию: 18.01.2025;
одобрена после рецензирования: 23.03.2025;
принята к публикации: 11.04.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Roza E. Grigorian – PHD student, Engineer of the Research Laboratory of Food and Industrial Biotechnology, Faculty of Food Engineering and Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov, North-Caucasus Federal University, +79283058584, roza178225@mail.ru

Vladimir P. Kurchenko – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Head of the Research Laboratory of Applied Problems of Biology, the Department of Biology, Belarusian State University, +375296630347, Kurchenko@tut.by

Natalya A. Golovnyova – Cand. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory of Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria, Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, +375173991222, golovnyova@yandex.by

Vera V. Denisenko – Researcher of the Laboratory of Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria, Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, +375172431142, biochem_lab@mbio.bas-net.by

Inna A. Naidenko – Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher of the Laboratory of Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria, Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, +375172431142, biochem_lab@mbio.bas-net.by

Dinara A. Salmanova – Cand. Sci. (Techn.), Assistant at the Department of Applied Biotechnology, Engineer of the Research Laboratory of Food and Industrial Biotechnology, Faculty of Food Engineering and Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov, North-Caucasus Federal University, +79064624914, salmanova.dinara@yandex.ru

Liana V. Garibian – PHD student, Engineer of the Research Laboratory of Food and Industrial Biotechnology, Faculty of Food Engineering and Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov, North-Caucasus Federal University, +79881172345, liana.garibian@gmail.com

Igor V. Rzhepakovsky – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Leading Researcher of the Interdepartmental Scientific and Educational Laboratory of Experimental Immunomorphology, Immunopathology and Immunobiotechnology, Faculty of Medicine and Biology, North-Caucasus Federal University, +79054164981, irzhepakovskii@ncfu.ru

Ludmila R. Alieva – Dr. Sci. (Techn.), Associate Professor, Deputy Dean for International and Innovation Activities, Leading Researcher at the Research Laboratory of Food and Industrial Biotechnology, Faculty of Food Engineering and Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov, North-Caucasus Federal University, +79624016644, ali-ludmila@yandex.ru

Aleksey D. Lodygin – Dr. Sci. (Techn.), Associate Professor, Head of the Department of Applied Biotechnology, Chief Researcher of the Research Laboratory of Food and Industrial Biotechnology, Faculty of Food Engineering and Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov North-Caucasus Federal University, +79288263918, allodygin@yandex.ru

Ivan A. Evdokimov – Dr. Sci. (Techn.), Professor, Head of the Basic Department of Milk and Dairy Products Technology, Chief Researcher of the Research Laboratory of Food and Industrial Biotechnology, Faculty of Food Engineering and Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov, North-Caucasus Federal University, +79624030847, ievdokimov@ncfu.ru

Maria I. Shramko – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Senior Researcher of the Research Laboratory of Food and Industrial Biotechnology, Associate Professor of Applied Biotechnology Department, Faculty of Food Engineering and Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov, North-Caucasus Federal University, +79054149526, marusyashramko@yandex.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the author AD Lodygin, Dr. Sci. (Techn.), Associate Professor, is a member of the Editorial Board of the journal "Modern Science and Innovations". The author IA Evdokimov, Dr. Sci. (Techn.), Professor, is a member of the Editorial Council and Editorial Board of the journal "Modern Science and Innovations". The authors are unaware of any other potential conflict of interest related to this manuscript.

The article was submitted: 18.01.2025;
approved after reviewing: 23.03.2025;
accepted for publication: 11.03.2025.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ | SHORT REPORT

Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 150-157.
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И
УПРАВЛЕНИЕ

Modern Science and Innovations. 2025;(1):150-157.
TECHNICAL SCIENCE
INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING AND
MANAGEMENT

Научная статья

УДК 681.5

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.12>



Современные подходы к формированию и реализации методов по созданию информационных систем цифровых двойников пациентов

Залина Асланбековна Шогенова

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик, Россия
shogenova.88@mail.ru

Аннотация. Основная цель развития компании – это увеличение объема выпускаемых автобусов. В статье разработан прогноз объема выпуска автобусов на 2024-2025 годы на основе данных за последние 10 лет. Отмечена восходящая тенденция развития компании. Приводятся результаты системного анализа показателей автомобилестроительной компании ПАО «НЕФАЗ». Построен прогноз объема выпуска продукции на два отчетных периода с использованием тренд-моделей. Также с помощью метода экспертного оценивания и многомерного корреляционно-регрессионного анализа выявлены факторы, влияющие на основные показатели компании. Полученные результаты позволяют принимать обоснованные управленческие решения, снижать временные и денежные издержки, грамотно оценить риски, основываясь на прогнозы.

Ключевые слова: цифровой двойник, персонализированная медицина, методология цифровых двойников, искусственный интеллект

Для цитирования: Шогенова З. А. Современные подходы к формированию и реализации методов по созданию информационных систем цифровых двойников пациентов // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 150-157. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.12>

Research article

Modern approaches to the formation and implementation of methods for creating information systems of digital twins of patients

Zalina A. Shogenova

Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, Russia
shogenova.88@mail.ru

Abstract. Technology Digital Twinning (DCS) (technology of digital twins) produces a revolution in health care systems, using data integration in real time, expanded analytics and virtual modeling to improve patient care, provide predictive analytics, optimize clinical operations and simplify training and modeling. Thanks to the ability to collect and analyze a large amount of data on patients from various sources, digital twins can offer

© Шогенова З. А., 2025

персонализированные планы лечения на основе индивидуальных характеристик, истории болезни и физиологических данных в реальном времени. В данной статье отражен анализ различных источников данных и методологий, которые способствуют созданию цифровых аналогов в различных областях здравоохранения.

Keywords: digital twin, personalized medicine, methodology of digital twins, artificial intelligence

For citation: *Shogenova ZA. Modern approaches to the formation and implementation of methods for creating information systems of digital twins of patients. Modern Science and Innovations. 2025;(1):150-157. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.12>*

Введение. В современном мире технологии цифровых двойников набирают большую популярность в различных отраслях промышленности, включая производство, машиностроение, медицину и т.д. Это можно объяснить развитием технологий быстрого сбора, хранения и обработки больших объемов данных, а также способностью компьютеров применять сложные математические модели и алгоритмы в течение короткого периода времени. В таких областях, как здравоохранение, медицина и клинические испытания, использование цифровых двойников становится все более очевидным, поскольку они могут служить инструментом для понимания и моделирования сложных физиологических процессов. Кроме того, цифровые двойники могут помочь снизить потребность в экспериментах на животных, которые в настоящее время требуют, по оценкам, 200 миллионов подопытных животных в год из-за времени и ресурсов, требуемых для традиционных методов.

Цифровые двойники сложных информационных систем требуют огромных объемов данных, например, в медицине для точного представления своих физических аналогов. Эти данные могут поступать из различных источников, включая датчики, которые носят пациенты, такие как smart - часы, а также более сложные и инвазивные методы. Сбор всех этих данных может оказаться сложной задачей, однако с расширением использования датчиков, надеваемых на тело пациента, можно непрерывно собирать больше данных.

Технология цифровых двойников производит революцию в системах здравоохранения, используя интеграцию данных в реальном времени, расширенную аналитику и виртуальное моделирование для улучшения ухода за пациентами, обеспечения прогнозной аналитики, оптимизации клинических операций и облегчения обучения и моделирования. Благодаря способности собирать и анализировать огромное количество данных о пациентах из различных источников цифровые двойники могут предлагать персонализированные планы лечения, основанные на индивидуальных характеристиках, истории болезни и физиологических данных в режиме реального времени. Прогнозная аналитика и профилактические меры становятся возможными благодаря алгоритмам машинного обучения, позволяющим раннее выявлять риски для здоровья и принимать упреждающие меры.

Цифровые двойники могут оптимизировать клинические операции за счет анализа рабочих процессов и распределения ресурсов, что приводит к оптимизации процессов и улучшению ухода за пациентами. Более того, цифровые двойники могут обеспечить безопасную и реалистичную среду для медицинских работников, позволяющую им совершенствовать свои навыки и практиковать сложные процедуры. Внедрение технологии цифровых двойников в здравоохранении может значительно улучшить результаты лечения пациентов, повысить безопасность пациентов и стимулировать инновации в отрасли здравоохранения.

Одним из наиболее перспективных достижений в здравоохранении является использование технологии цифровых двойников, которая дает возможность для мониторинга, диагностики и разработки стратегий лечения, адаптированных к индивидуальному лечению пациента. Цифровые двойники также могут быть применены

для нового назначения в лечении или прогнозировании воздействия разрабатываемых лекарственных средств и других химических веществ.

Несмотря на то, что технологии создания цифровых двойников достигли огромного прогресса, все еще существуют препятствия на пути создания полностью комплексного цифрового двойника пациента. Разработки в области неинвазивного сбора данных с высокой пропускной способностью, а также улучшения в моделировании и вычислительной мощности будут иметь решающее значение для совершенствования цифровых двойных медицинских информационных систем.

Исследования медицинских информационных систем и эталонных подходов при разработке их информационных моделей показало, что они основываются на принципах, моделирующих три различных типа информации – данные о пациентах, терминология и поддержка принятия медицинских решений, между этими тремя типами моделей требуются четко определенные интерфейсы. Основная проблема, которая возникает при исследовании концептуальной модели цифрового двойника, является взаимодействие между онтологическими и логическими выводами.

Материалы и методы исследований. Методы сбора и анализа данных. Создание точных цифровых двойников требует доступа к обширным и разнообразным данным о пациентах. Современные подходы используют следующие методы сбора и анализа данных:

Электронные медицинские записи (ЭМЗ): содержат подробную информацию о медицинской истории, диагностике и лечении пациентов.

Устройства Интернета вещей (IoT): Устройства IoT, такие как носимые датчики и мониторы, отслеживают жизненно важные показатели, активность и другие параметры.

Технологии медицинской визуализации: КТ, МРТ и УЗИ предоставляют детальные изображения анатомии и физиологии пациента.

Омиксные данные: омиксные данные, включая геномные, протеомные и метаболомные данные, обеспечивают информацию о генетической предрасположенности и биохимических процессах.

После сбора данных они используются для построения моделей, которые имитируют поведение пациентов в разных сценариях:

физиологическое моделирование: эти модели имитируют функционирование органов и систем тела на основе физических принципов;

математическое моделирование: эти модели используют математические уравнения для представления биологических процессов, таких как рост опухоли и фармакокинетика и т.д.;

компьютерные симуляции: компьютерные симуляции используют вычислительную мощность для запуска моделей и прогнозирования результатов.

Цифровые двойники должны быть адаптированы к конкретным пациентам, чтобы быть эффективными. Современные подходы используют методы искусственного интеллекта (ИИ) для персонализации моделей цифрового двойника:

машинное обучение: алгоритмы машинного обучения используются для выявления закономерностей в данных пациентов и прогнозирования индивидуальных результатов;

глубокое обучение: глубокое обучение может создавать сложные модели, которые учитывают нелинейные взаимосвязи в данных.

Цифровые двойники должны быть интегрированы с другими информационными системами в сфере здравоохранения для обмена данными и улучшения взаимодействия:

облачные вычисления: облачные платформы обеспечивают безопасный и масштабируемый доступ к данным и вычислительным ресурсам для ЦД.

Интерфейсы прикладного программирования (API): API позволяют ЦД взаимодействовать с другими программами и приложениями.

Стандартизация данных: стандарты HL7 и FHIR обеспечивают единообразие форматов данных для облегчения обмена и взаимодействия.

Различные сопутствующие услуги и проблемы, связанные с технологией цифровых двойников в сфере здравоохранения, представлены на рисунке 1. Здесь представлены интеллектуальные услуги этой новейшей вспомогательной и продвинутой практики. В основном он фокусируется на услугах с точки зрения здоровья пациента, фактах и проблемах, связанных с данными, снижении затрат на обслуживание, связанных с лечением и уходом за пациентом, качественных услугах, проблемах, связанных с социальными потрясениями, и т.д. Эти услуги также отражают улучшение ухода за пациентами на протяжении всего их лечения, что позволяет добиться быстрого выздоровления [1-5].



Рисунок 1 – Услуги и проблемы, связанные с цифровым двойником в здравоохранении / Figure 1 – Services and challenges associated with the digital twin in healthcare

Каждая организация здравоохранения стремится улучшить качество обслуживания пациентов, одновременно повышая эффективность, результативность и качество медицинской помощи.

Цифровые двойники имеют широкий спектр практических применений, поэтому идея больше не является чисто научной фантастикой. С помощью этого метода можно создать виртуальную копию физической системы или объекта. Цифровой двойник также можно использовать для оценки производительности его физического аналога. Собирая исчерпывающие данные о любом пациенте и анализируя их с помощью алгоритмов на базе искусственного интеллекта, можно создать цифровую двойную модель в здравоохранении [6,8,20].

На рисунке 2 показаны примеры нескольких интеллектуальных инструментов и технологий, связанных с созданием цифрового двойника для сектора здравоохранения. Основы и вводная схема его услуг связаны с различными платформами, такими как; аспекты, связанные с подключением, имитационные модели и практики развития моделей; в случае физического, это связано с зондированием, измерением, материалами, динамикой и т. д. [9 - 14], [16-18]



Рисунок 2 – Технологии и инструменты цифровых двойников для сектора здравоохранения /
Figure 2 – Digital Twin Technologies and Tools for the Healthcare Sector

Поскольку технология цифровых двойников продолжает развиваться, она, вероятно, перейдет от использования для неживых объектов и оборудования к применению в биологических системах. Предприятия, стремящиеся к инновациям и совершенствованию своей деятельности, все чаще обращаются к цифровым двойникам. Путь к созданию цифрового двойника может начинаться с технологической точки зрения, подхода к решению проблем или с точки зрения пользователя при взаимодействии с экосистемой услуг.

Заключение. Современные подходы к формированию методов создания цифровых двойников в здравоохранении направлены на повышение точности, персонализации и интеграции. Эти подходы используют методы сбора и анализа данных, моделирования, персонализации и интеграции для создания цифровых двойников, которые могут прогнозировать результаты для отдельных пациентов, оптимизировать планирование лечения и улучшать результаты для здоровья. По мере совершенствования этих методов цифровые двойники будут играть все более важную роль в предоставлении персонализированной, эффективной и доступной медицинской помощи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Talkhestani B. A., Jazdi N., Schlögl W., Weyrich M. Consistency check to synchronize the Digital Twin of manufacturing automation based on anchor points. Proceedings of the 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2018. P. 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.166>
2. Madni A. M., Madni C. C., Lucero S. D. Leveraging Digital Twin Technology in ModelBased Systems Engineering // Systems. 2019. Vol. 7. No. 1. P. 7. <https://doi.org/10.3390/systems7010007>
3. Hu L., Nguyen N-T., Tao W., Leu M. C., Liu X. F., Shahriar M. R., Sunny S. M. N. Modeling of Cloud-Based Digital Twins for Smart Manufacturing with MT Connect. Procedia Manufacturing. 2018. Vol. 26. P. 1193–1203. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.155>
4. Modoni GE, Caldarola E. G., Sacco M., Terkaj W. Synchronizing physical and digital factory: benefits and technical challenges. Proceedings of the 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering. 2018. P. 472–477. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.125>

5. Boulos M. N. K., Zhang P. Digital Twins: From Personalised Medicine to Precision Public Health. *J Pers Med.* 2021. Vol 11 (8). P. 745. PMID: 34442389; PMCID: PMC8401029. <https://doi.org/10.3390/jpm11080745>
6. Шогенова З. А., Крымшохалова Д. А., Кетова Ф. Р., Дзамихова Ф. Х. Методологии формирования структур информационных систем хранения анализа данных о пациенте // *Современная наука и инновации.* 2024. № 1. С. 25–31.
7. Крымшохалова Д. А., Шогенова З. А. Тхакумашев К. Р. Формализация и валидация пользовательских требований при разработке информационных систем // *Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Цифровая трансформация науки и образования.* Нальчик, 2022 г. С. 101–110.
8. Липко Ю. Ю., Шогенова З. А. К вопросу о концептуальных подходах формирования и реализации моделей интерфейсов информационных систем поддержки принятия медицинских решений // *Современная наука и инновации.* 2023. № 2. С. 33–40.
9. U.S. FDA. Paving the Way for Personalized Medicine-Fda’s Role in a New Era of Medical Product Development; U.S. Food and Drug Administration: Silver Spring, MD, USA, 2013. [Electronic resource]. URL: <https://www.fda.gov/oc/ocresources/files/10/10-28-13-PersonalizedMedicine.pdf> (accessed: 06.01.2025).
10. Gelernter D. *Mirror Worlds: Or the Day Software Puts the Universe in A Shoebox. How It Will Happen and What It Will Mean;* Oxford University Press: Oxford, UK, 1993.
11. Grieves M. 'Virtually intelligent product systems: Digital and physical twins. In: *complex systems engineering: theory and practice.* American Institute of Aeronautics and Astronautics. 2019. P. 175–200.
12. Grieves M. *Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking: Driving the Next Generation of Lean Thinking: Driving the Next Generation of Lean Thinking;* McGraw Hill Education: New York, NY, USA, 2005.
13. Grieves M. W. Product lifecycle management: The new paradigm for enterprises // *Int. J. Prod. Dev.* 2005. Vol. 2. P. 71–84.
14. Piascik R., Vickers J., Lowry D., Scotti S., et al. 'Technology area 12: materials, structures, mechanical systems, and manufacturing road map.
15. Boulos K. M. N., Al-Shorbaji N. M. On the internet of things, smart cities and the WHO healthy cities // *Int. J. Health Geogr.* 2014. Vol. 13. P. 10.
16. Piplani S., Singh P.K., Winkler D.A., Petrovsky N. In silico comparison of SARS-CoV-2 spike protein-ACE2 binding affinities across species and implications for virus origin // *Sci. Rep.* 2021. Vol. 11. P. 13063.
17. Telenti A., Pierce L. C. T., Biggs W. H., di Iulio J., Wong E. H. M., Fabani M. M., Kirkness E. F., Moustafa A., Shah N., Xie C., et al. Deep sequencing of 10,000 human genomes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2016. Vol. 113. P. 11901–11906.
18. Lehrach H., Ionescu A., Benhabiles N. *The Future of Health Care: Deep Data, Smart Sensors, Virtual Patients and the Internet-of-Humans (White Paper-2016).* [Electronic resource]. URL: https://docs.wixstatic.com/ugd/2b9f87_40d29af47a9742498cbbbd484e0174e0.pdf (accessed: 04.01.2025).
19. Cho S. W., Byun S. H., Yi S., Jang W. S., Kim J. C., Park I. Y., Yang B. E. Sagittal relationship between the maxillary central incisors and the forehead in digital twins of korean adult females // *J. Pers. Med.* 2021. Vol. 11. P. 203.
20. Шогенова З. А., Крымшохалова Д. А., Кетова Ф. Р., Дзамихова Ф. Х. Методологии формирования структур информационных систем хранения анализа данных о пациенте // *Современная наука и инновации.* 2024. № 1. С. 25–31.

REFERENCES

1. Talkhestani BA, Jazdi N, Schlögl W, Weyrich M. Consistency check to synchronize the Digital Twin of manufacturing automation based on anchor points. In *Proceedings of the 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems;* 2018;159-164. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.166>
2. Madni AM, Madni CC, Lucero SD. Leveraging Digital Twin Technology in ModelBased Systems Engineering. *Systems.* 2019;7(1):7. <https://doi.org/10.3390/systems7010007>

3. Hu L, Nguyen N-T, Tao W, Leu MC, Liu XF, Shahriar MR, Sunny SMN. Modeling of Cloud-Based Digital Twins for Smart Manufacturing with MT Connect. *Procedia Manufacturing*. 2018;26:1193-1203 <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.155>
4. Modoni GE, Caldarola EG, Sacco M, Terkaj W. Synchronizing physical and digital factory: benefits and technical challenges. In *Proceedings of the 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*. 2018;472-477. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.125>
5. Kamel Boulos MN, Zhang P. Digital Twins: From Personalised Medicine to Precision Public Health. *J Pers Med*. 2021;11(8):745. PMID: 34442389; PMCID: PMC8401029. <https://doi.org/10.3390/jpm11080745>
6. Shogenova ZA, Krymshokalova DA, Ketova FR, Dзамikhova FH. Methodologies for forming structures of information systems for storing patient data analysis. *Modern Science and Innovations*. 2024;(1):25-31. (In Russ).
7. Krymshokalova DA, Shogenova ZA, Tkhakumashev KR. Formalization and validation of user requirements in the development of information systems. In *Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference "Digital transformation of science and education"*. Nalchik; 2022; 101-110. (In Russ).
8. Lipko YuYu, Shogenova ZA. On the issue of conceptual approaches to the formation and implementation of interface models for information systems to support medical decision-making. *Modern Science and Innovations*. 2023;(2):33-40. (In Russ).
9. U.S. FDA. Paving the Way for Personalized Medicine-Fda’s Role in a New Era of Medical Product Development; U.S. Food and Drug Administration: Silver Spring, MD, USA, 2013. Available from: <https://www.fda.gov/oc/ocresources/files/10/10-28-13-PersonalizedMedicine.pdf> [Accessed 6 May 2025].
10. Gelernter D. *Mirror Worlds: Or the Day Software Puts the Universe in A Shoebox. How It Will Happen and What It Will Mean*; Oxford University Press: Oxford, UK; 1993.
11. Grieves M. 'Virtually intelligent product systems: Digital and physical twins. In: *complex systems engineering: theory and practice*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2019;175-200.
12. Grieves M. *Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking: Driving the Next Generation of Lean Thinking: Driving the Next Generation of Lean Thinking*; McGraw Hill Education: New York, NY, USA, 2005.
13. Grieves MW. Product lifecycle management: The new paradigm for enterprises. *Int. J. Prod. Dev*. 2005;2:71-84.
14. Piasek R, Vickers J, Lowry D., Scotti S., et al. 'Technology area 12: materials, structures, mechanical systems, and manufacturing road map. 2010.
15. Boulos KMN, Al-Shorbaji NM. On the internet of things, smart cities and the WHO healthy cities. *Int. J. Health Geogr*. 2014;13:10.
16. Piplani S, Singh PK, Winkler DA, Petrovsky N. In silico comparison of SARS-CoV-2 spike protein-ACE2 binding affinities across species and implications for virus origin. *Sci. Rep*. 2021;11:13063.
17. Telenti A, Pierce LCT, Biggs WH, di Iulio J, Wong EHM, Fabani MM, Kirkness EF, Moustafa A, Shah N, Xie C, et al. Deep sequencing of 10,000 human genomes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2016;113:11901-11906.
18. Lehrach H, Ionescu A, Benhabiles N. *The Future of Health Care: Deep Data, Smart Sensors, Virtual Patients and the Internet-of-Humans (White Paper-2016)*. Available from: https://docs.wixstatic.com/ugd/2b9f87_40d29af47a9742498cbbbd484e0174e0.pdf [Accessed 4 May 2025].
19. Cho SW, Byun SH, Yi S, Jang WS, Kim JC, Park IY, Yang BE. Sagittal relationship between the maxillary central incisors and the forehead in digital twins of korean adult females. *J. Pers. Med*. 2021;11:203.
21. Shogenova ZA, Krymshokalova DA, Ketova FR. Methodologies for the formation of structures of information systems for storing and analyzing patient data. *Modern Science and Innovations*. 2024;(1):25-31. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Залина Асланбековна Шогенова – старший преподаватель кафедры компьютерных технологий и информационной безопасности Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, +79969163092, shogenova.88@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 21.01.2025;
одобрена после рецензирования 23.03.2025;
принята к публикации 27.03.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Zalina A. Shogenova – Senior Lecturer of the Department of Computer Technologies and Information Security, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, +79969163092, shogenova.88@mail.ru

Conflict of interest: the author declares no conflicts of interests.

The article was submitted: 21.01.2025;
approved after reviewing: 23.03.2025;
accepted for publication: 27.03.2025.

Research article

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.13>



On the definition of the concept of "youth policy" and the use of new media in the socio-political processes of modern Russia

Alexander A. Malkevich

North-Caucasus Federal University, Pyatigorsk Institute (branch), Pyatigorsk, Russia
alexander.malkevich@inbox.ru

Abstract. *This article analyzes the existing definitions of the concept of "youth policy" in modern political science interpretation. The author of the article creates a projection of promising relationships in the feedback system of the state and youth. Taking into account the opinions of representatives of related branches of scientific knowledge, more than 100 definitions of state youth policy are analyzed, including regional aspects of studying the described phenomenon. The author identifies a specific system of knowledge available among young people and scientific directions of juvenology. In the context of studying the harmonious combination of practice and theory, models of legal and political resocialization of youth are shown. The conducted analytical work is presented in the article by a number of objective conclusions. The author's interpretation of the research hypothesis lies in the modern realities of youth policy and the performance of certain functions in the communication planes of the network plan and discourse, the use of such tools and resources supports the communicative and informational component of the interaction of Internet technologies among young people. The author's understanding of resources on the Internet play the role of extremely important platforms for information support of youth policy. At the end of the article, it is concluded that by increasing the practice of complicity, the state can help young people become proactive and active actors in the ongoing political process in Russia.*

Keywords: youth policy, new media, political process, juvenology, modernization, Internet technologies, state policy in the youth area, information and communication environment

For citation: Malkevich AA. On the definition of the concept of "youth policy" and the use of new media in the socio-political processes of modern Russia. *Modern Science and Innovations. 2025;(1):158-164.* <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.13>

Научная статья
УДК 32.019.5

К вопросу о дефиниции понятия «молодежная политика» и использование новых медиа в социально-политических процессах современной России

Александр Александрович Малькевич

Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорский институт (филиал), г. Пятигорск, Россия
alexander.malkevich@inbox.ru

© Malkevich AA, 2025

Аннотация. В представленной статье анализируются существующие дефиниции понятия «молодежная политика» в современной политологической трактовке. Автор статьи создает проекцию перспективных взаимоотношений в системе обратной связи государства и молодежи. С учетом мнения представителей смежных отраслей научного знания анализируется более 100 определений государственной молодежной политики, включая региональные аспекты изучения описываемого феномена. Автор выделяет специфическую систему наличествующих у молодежи знаний и научных направлений ювенологии. В контексте изучения гармоничного сочетания практики и теории показаны модели правовой и политической ресоциализации молодежи. Проведенная аналитическая работа, представленная в статье рядом объективных умозаключений. Авторская трактовка гипотезы исследовательской работы заключается в современных реалиях политики в молодежной сфере и исполнения отдельных функций в плоскостях коммуникации сетевого плана и дискурса, применение таких средств и ресурсов поддерживает коммуникативно-информационный компонент взаимодействия интернет технологий в молодежной среде. Авторское понимание ресурсов в интернете играют роль крайне значимых платформ для информационного обеспечения политики в молодежной среде. В конце статьи приводится вывод о том, что за счет увеличения масштабов практики соучастия государство может помочь представителям молодежи стать инициативными и активными субъектами протекающего в России политического процесса.

Ключевые слова: молодежная политика, новые медиа, политический процесс, ювенология, модернизация, интернет технологии, госполитика в молодежной области, информационно-коммуникативная среда

Для цитирования: Малькевич А. А. К вопросу о дефиниции понятия «молодежная политика» и использование новых медиа в социально-политических процессах современной России // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 158-164. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.13>

Introduction. The modern political process in Russia is characterized by ambivalence and changing socio-political challenges that dictate changes in the nature of domestic and foreign policy. A special military operation, a high degree of sanctions pressure, a tightening of the position of Western countries in relation to information flows affecting various social categories of Russian society, force changes in youth policy and an adequate response to changes in information and communication flows that form new media in relation to youth. Youth issues are consistently studied by the political science community, demonstrating a temporary connection, taking into account the experience accumulated in the study of politics in the youth environment, creating a projection of promising relationships in the "youth + state" system.

Materials and research methods. Specialized research institutes have been created in the Russian Federation to analyze state policy in the youth sphere. In their scientific works, E.A. Serebryakova and R.Yu. Zulyar provide evidence, supported by due justification, that these structures have played a significant role in the process of historical development of policy in the youth sphere [9].

Having analyzed candidate and doctoral dissertations, the authors offer, taking into account the opinions of representatives of related fields of scientific knowledge (history, sociology, philosophy, economics), more than 100 definitions of state youth policy, including regional aspects of studying this scientific phenomenon.

Research results and their discussion. We consider it appropriate to highlight the attempt undertaken by many representatives of the scientific community to identify a specific object of research with the system of knowledge available to young people and the scientific direction of juvenology. The intensive development of this issue has an inextricable connection with such researchers as Pavlovsky V.V., Gospodinov K., Mahler F., Rosenmayr L., Adamski V. and others [14]

In the 1990s, the problem of political participation in the post-Soviet space was actively studied in science, including the processes of development and formation of the youth movement

in the Russian territory [4, 10, 15, 17, 23, 24]. In dissertations, individual regional specific features of youth policy in different contextual contents (including modernization processes) were revealed.

Thus, in the research of Pelevin S.I., Vartumyan A.A., Morozov S.I., Efanova E.V., Pankratov S.A. [2, 3, 8, 11, 12, 16, 20, 21, 22] and a number of other authoritative scientists, isolated aspects of socialization of a political nature are revealed, concerning political extremism/radicalism prevention, directions for ensuring stability in the field of politics, strengthening patriotic sentiments and civic positions among young people [18, 6, 7].

In this context, a harmonious combination of practice and theory is noted. In particular, in the Southern Federal District (SFD) and the Volgograd region, there is a successfully functioning REC (Scientific Educational Center) called "Modernization of the Multidimensional Socio-Political Space of Modern Russia". Since 2012, this structure has been implementing a project related to models of legal and political resocialization of young people prone to extremism, nationalism and xenophobia, as well as innovative resources [19].

The analytical work we have carried out regarding studies reflecting various aspects and features of the application of newly emerging media in processes from the "political" and "social" categories makes it possible to formulate a number of objective conclusions based on its results.

Firstly, at the moment there are serious and scientifically substantiated literary sources devoted to youth policy. They reflect different approaches that appear within the framework of social science, humanitarian and social scientific directions. Nevertheless, there is a need for systematic research on the issues of using new media - "tools" in the course of political transformations.

Secondly, a detailed analysis of state policy in the area of youth is often carried out without due consideration of geopolitical, political, economic and social transformations that have introduced fundamental additions/adjustments to the methods of its study and implementation.

Thirdly, the descriptive-historical methodology observed in literary sources written between 1990 and 2000 currently provides only a one-sided and discrete, fragmented interpretation of the actual processes taking place in the field of youth policy.

Research devoted to the practical application of newly emerging media channels in political and social processes in the current Russian Federation, as well as problematic aspects of online manipulation by representatives of the youth environment, are becoming increasingly relevant.

As a hypothesis of the research work, political structures from the "network" group are presented, contributing to the development and innovation of the field of political communication. As a result, the emergence of new trends and tendencies (decentralization, destandardization, demassification, deconcentration, etc.) is noted in the sphere of youth policy. As a rule, in the current Russian realities, policy in the youth sphere performs its functions in the planes of communication of the network plan and discourse.

It seems obvious that the popularization of Internet technologies and their significant level of demand among representatives of the youth environment of Russia opens up enormous opportunities for the use of social networks and other Internet resources in the context of the practical implementation of youth state policy.

It is worth taking a closer look at the directions and opportunities provided by the integration of Internet technologies into state policy in the youth sphere.

First of all, the use of such means and resources supports the communication and information component of interaction between representatives of the youth environment and the state.

According to the results of research conducted by FADM (the Federal Agency for Youth Affairs), the global Internet network currently plays the role of a priority communication channel among young people. It significantly stimulates interpersonal communication, as a result of which SMS and phone calls as communication "tools" have moved to third place, and personal communication to fifth.

In the entire set of communication channels on the Internet, the leading positions are occupied by:

- social network VKontakte (used by 72.5% of activists and 76.9% of those who took part in a representative survey);

WhatsApp messenger (55.5% of activists and 44.3% of young people);

- social network Instagram (used by 37.7% of the representative type of people who took part in the survey, 50.8% of activists).

In addition to everything else, social networks and Internet resources in the current conditions play the role of extremely important platforms for information provision by state policy entities to the youth environment of Central Asia about their own functioning and its results, programs, competitions, projects, etc.

The need to use such platforms for the implementation of youth policy is reflected and defined in official documentation.

The results of specialized research work indicate that modern social networks (TikTok, Instagram, VKontakte, Facebook, etc.) are the main "tool" for providing information about the events and activities of FADM and activists. In turn, 71% of the latter name the AIS "Youth of Russia" representative office on the Internet as their main information source ¹.

In the context of this research work, it is appropriate to point out that, according to official reports, the audience reach of the organization "Russia - Country of Opportunities" among young people on social media platforms is significantly increasing. In particular, according to information, as of April 2020, over an annual time interval, the Facebook audience demonstrated 65.5 percent growth, Instagram - 81.5 percent, VKontakte - 87.5 percent growth ².

When considering the issue of practical implementation of policy in the youth environment at the municipal and regional levels, it is additionally necessary to point out that the use of Internet platforms and social networks gives government entities the opportunity to create two-way communication channels, maintaining feedback and effective information support.

In this contextual content, representatives of the scientific community emphasize the following main possibilities for the practical implementation of state policy in the youth area [1]:

1. Two-way communication between youth representatives and politicians, public figures, civil servants, and media personalities using social media platforms and blog resources.

2. The presence of various local and regional bodies with their own representations on social networks.

3. Application of advertising and marketing "tools" in the media field of municipal and regional competitive events and programs that are organized in the context of implementing policies in the youth sphere.

In implementing state policy in the field of youth, Internet technologies can be considered as innovative and interactive means of patriotic and civic education of young people.

In particular, in the state program "Patriotic education of citizens of the Russian Federation", which is designed for the period from 2016 to 2020, the number of priority tasks includes the modernization of information support for education with a patriotic focus at all levels (from local to federal) [5].

In order for this task to be fully resolved, it is necessary to create an optimal environment for supporting media and gaming programs that stimulate patriotic education of Russians and encourage the use of the potential of the Internet for interaction with young people.

¹ Measuring indicators characterizing the level of personal development of young people, the influence and degree of assessment of state care for young people: report // Rosmolodezh : website. 2019. April 28. URL: <https://fadm.gov.ru/docs?categoryId=2&page=1>

²Public declaration of the goals and objectives of Rosmolodezh for 2020 // Rosmolodezh : website. 2020. May 14. URL: <https://fadm.gov.ru/docs?categoryId=2&page=1>

At present, in the Russian segment of the Internet (Runet), some large-scale educational and interactive programs and projects from the category of "civic-patriotic" are being implemented in practice ("Living History", "Immortal Regiment", "Victory Volunteers", etc.). In this context, the advantages of Internet solutions are obvious. According to O.A. Sinyuk, the main such "pluses" are the following:

- reinforcement and creation of interest in relevant information;
- stimulation of mental activity and improvement of the development of specific personal qualities, thanks to the presence of an interactive component;
- modeling/visualization of processes required to achieve integrity and not subject to demonstration in reality;
- individualization of the educational process;
- creation of a large-scale space for the development of general and information culture, creativity.

Here it is necessary to highlight the fact that, in accordance with the research of sociologists from the USA, the involvement of representatives of the youth environment in communication in the digital space among themselves and with the state contributes to the increase in the level of civic participation of representatives of the youth environment in state life, and also ensures the dissemination of value orientations from the "democratic" category [25].

Conclusion. It should be noted that this situation is a natural consequence of the reduced level of involvement of representatives of the domestic youth environment in the processes of political and social life.

By increasing the scale of participation practices, the state can help young people become proactive and active participants in the political process taking place in Russia.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белякова Т. М. ИКТ в молодежной политике России в XXI веке // Евразийский союз ученых. 2019. № 4-5 (61). С. 61–63.
2. Вартумян А. А. Молодежь как актор политического процесса // Региональные политические исследования. 2014. № 6. С. 190–196.
3. Вартумян А. А. Традиция в политической модернизации: концептуальные подходы методологические основания // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. 2012. № 1. С. 410–414.
4. Гонтаров Д. П. Теория политического участия. Москва: Юристъ, 1997. 205 с.
5. Государственная программа «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации на 2016–2020 годы». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2015 г. № 1493.
6. Ефанова Е. В. Молодежный экстремизм как угроза национально-государственной безопасности РФ. Волгоград: Волгоградское науч. изд-во, 2013. 145 с.
7. Ефанова Е. В. Национальная безопасность России: теоретические и терминологические аспекты // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4: История. Регионоведение. Международные отношения. 2010. С. 151–156.
8. Зозуля Е. В. Молодежь как актор политического процесса в современной России: дис. ... канд. полит. наук, М., 2013. 198 с.
9. Зуляр Р. Ю., Серебряков Е. А. Государственная молодежная политика как объект исследования (по материалам диссертационных работ) // Известия Иркутского государственного университета. 2014. Т. 9. С. 210–224.
10. Политическое участие российской молодежи во второй половине 80-х-первой половине 90-х гг.: формы, тенденции, противоречия: автореферат дис. ... кандидата политических наук: 23.00.02. Воронеж, 1999. 22 с.
11. Карпенко О. А., Ломаное И. А. Молодежь в современном политическом процессе в России. Москва: СГУ, 2006. 555 с.
12. Коряковцева О. А. Общественно-политическая активность молодежи: сущность, технологии и опыт компаративного анализа. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2008. 187 с.
13. Криворученко В. К. Молодежь и молодежная политика: термины и понятия: учеб. пособие. Москва: Нац. ин-т бизнеса, 2005 (Изд-во Инта). 397 с.

14. Луков В. А. Ювенология: проблемы становления теории молодежи. Вестник Международной академии наук (Русская секция). 2007. № 2. С. 66-69.
15. Макаров Д. В. Проблема политического участия: Историко-теоретический анализ: автореферат дис. ... кандидата психологических наук: 23.00.01 / Моск. пед. гос. ун-т им. В. И. Ленина. Москва, 1995. 18 с.
16. Нигматуллина Т. А. Политическая активизация молодежи в условиях российского федерализма // Вопросы политологии. 2013. № 3. С. 102-111
17. Новиков В. Г., и др. Проблемы формирования молодежных общественных объединений в Российской Федерации: коллектив. моногр. Москва: Рос. гос. аграр. заоч. ун-т, 2001. 78 с.
18. Панкратов С. А., Ефанова Е. В., Морозов С. И. Гражданственность и патриотизм как элементы политической культуры российских граждан // Гражданин. Общество. Государство: Россия в XXI в. М.: Политическая энциклопедия, 2014. 286 с.
19. Панкратов С. А., Морозов С. И. Государство и гражданское общество в поисках инновационных ресурсов преодоления ксенофобии, национализма и экстремизма в современной России // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4: История. Регионоведение. Международные отношения. 2013. Л51. С. 149-150.
20. Пискулова Н. В. Политическая активность молодежи в постсоветский период: автореферат дис. ... кандидата политических наук: 23.00.02 / Моск. гос. техн. ун-т им. Н. Э. Баумана. Тверь, 2002. 18 с.
21. Пфетцер С. А., Зеченина А. А., Яницкий М. С. Политическое участие и политические ценности молодежи российской провинции. Новосибирск, 2014. 143 с.
22. Савельев В. А. Горячая молодежь России: Лидеры. Организации и движения. Тактика уличных битв. Контакты: настольная кн.-справ. - Москва: Кванта, 2006. 287 с.
23. Сироткин О. Э. Сущность и тенденции молодежного движения в современной России: диссертация ... кандидата политических наук: 23.00.02. Москва, 2004. 177 с.
24. Соколов В. И. История молодежного движения России (СССР) со второй половины XIX до XXI века: [Учеб. пособие] / Соколов В. И. 2. изд. испр. и доп. Рязань: Узорочье, 2002. 626 с.
25. Kann M. E., Berry J., Gant C., Zager Ph. The Internet and youth political participation // First Monday. 2007. No. 12 (8).

REFERENCES

1. Belyakova TM. THE role in Russia's youth policy in the 21st century. Evraziiskii soyuz uchenykh = Russian Union of Scientists. 2019;(4-5(61)):61-61. (In Russ.).
2. Vartumyan AA. Youth as an actor of the political process. Regional political studies. 2014;(6):190-196. (In Russ.).
3. Vartumyan AA. Tradition in political modernization: conceptual approaches and methodological foundations. Bulletin of the Pyatigorsk State Linguistic University. 2012;(1):410-414. (In Russ.).
4. Gontarov DP. Theory of political participation. Moscow: Yuridist Publ.; 1997. 205 p. (In Russ.).
5. The State program "Patriotic education of citizens of the Russian Federation for 2016-2020". Approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 1493 dated December 30, 2015.
6. Efanova E. Youth extremism as a threat to the national and state security of the Russian Federation. Volgograd: Volgograd Scientific Publishing House; 2013. 145 p. (In Russ.).
7. Efanova EV. National security of Russia: theoretical and terminological aspects. Science Journal of VolSU. History. Area Studies. International Relations. 2010. P. 151-156. (In Russ.).
8. Zozulya EV. Youth as an actor of the political process in modern Russia: diss. of cand. polit. sciences. Moscow; 2013. 198 p. (In Russ.).
9. Zulyar RYu, Serebryakov EA. State youth policy as an object of research (based on the materials of dissertations). The bulletin of Irkutsk State University. Series Political science and religion studies. 2014;9:210-224. (In Russ.).
10. Political participation of Russian youth in the second half of the 80s-the first half of the 90s: forms, trends, contradictions: abstract of the diss. of cand. polit. sciences: 23.00.02. Voronezh; 1999. 22 p. (In Russ.).

11. Karpenko OA, Lomanoe IA. Youth in the modern political process in Russia. Moscow: SSU; 2006. 555 p. (In Russ.).
12. Koryakovtseva OA. Socio-political activity of youth: the essence, technologies and experience of comparative analysis. Yaroslavl: YaGPU Publishing House; 2008. 187 p. (In Russ.).
13. Krivoruchenko VK. Youth and youth policy: terms and concepts: textbook. stipend. Moscow: Nats. Institute of Business; 2005 (Publishing house of the Institute). 397 p. (In Russ.).
14. Lukov VA. Juvenology: problems of formation of the theory of youth. Bulletin of the International Academy of Sciences (Russian Section). 2007;(2):66-69. (In Russ.).
15. Makarov DV. The problem of political participation: A historical and theoretical analysis: abstract of the dissertation of the Candidate of Psychological Sciences: 23.00.01. Moscow Pedagogical State University named after VI Lenin. Moscow; 1995. 18 p. (In Russ.).
16. Nigmatullina TA. Political activation of youth in the context of Russian federalism. Voprosy politologii = Questions of Political Science. 2013;(3):102-111. (In Russ.).
17. Novikov VG, et al. Problems of formation of youth public associations in the Russian Federation: Collective. Moscow: Russian State Agrarian University. Correspondence University; 2001. 78 p. (In Russ.).
18. Pankratov SA, Efanova EV, Morozov SI. Citizenship and patriotism as elements of the political culture of Russian citizens. Society. State: Russia in the 21st Century, Moscow: Political Encyclopedia; 2014. 286 p. (In Russ.).
19. Pankratov SA, Morozov SI. The state and civil society in search of innovative resources to overcome xenophobia, nationalism and extremism in modern Russia. Bulletin of Volgograd State University. Episode 4: The Story. Regional studies. International relations. 2013;L51:149-150. (In Russ.).
20. Piskulova NV. Political activity of youth in the post-Soviet period: abstract of the diss. of cand. polit. sciences: 23.00.02. Moscow State Technical University. NE Bauman University. Tver; 2002. 18 p. (In Russ.).
22. Pfetzer SA, Zechenina A. Yanitskiy M. S. Political participation and political values of the youth of the Russian province. Novosibirsk; 2014. 143 p. (In Russ.).
23. Savelyev VA. Hot youth of Russia: Leaders. Organizations and movements. Tactics of street battles. Contacts: desktop reference book. Moscow: Kvant Publ.; 2006. 287 p. (In Russ.).
24. Sirotkin OE. The essence and tendencies of the youth movement in modern Russia : dissertation ... Candidate of Political Sciences: 23.00.02. Moscow; 2004. 177 p. (In Russ.).
25. Sokolov VI. The history of the state movement of Russia (USSR) in the second half of the XIX-XXI century: textbook. 2nd ed. corrected and additional. Ryazan: Uzorochoye Publ.; 2002. 626 p. (In Russ.).
26. Kann ME, Berry J, Gant C, Zager Ph. The Internet and youth political participation. The first Monday. 2007. No. 12(8). (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Александр Александрович Малькевич – кандидат политических наук, докторант кафедры государственно-правовых дисциплин, Пятигорский институт (филиал), Северо-Кавказский федеральный университет, alexander.malkevich@inbox.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 08.01.2025;
одобрена после рецензирования 11.03.2025;
принята к публикации 19.03.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Alexander A. Malkevich – Cand. Sci. (Polit.), Doctoral Student of the Department of State and Legal Disciplines, Pyatigorsk Institute (branch), North-Caucasus Federal University, alexander.malkevich@inbox.ru

Conflict of interest: the author declares no conflicts of interests.

The article was submitted: 08.01.2025;
approved after reviewing: 11.03.2025;
accepted for publication: 19.03.2025.

Научная статья
УДК 323(470)
<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.14>



Политические ценности в современной России в контексте новых геополитических вызовов

Галина Петровна Щедрова

Луганский государственный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Россия
galina_shedrova1954@mail.ru

***Аннотация.** В данной статье рассмотрены основные аспекты формирования политических ценностей в современной России. Цель работы – проанализировать место и роль политических ценностей современной России в контексте новых геополитических вызовов. В статье использованы политико-системный подход, анализ политических документов, политический анализ и другие методы. Подчёркнуто, что уникальность российских политических ценностей обусловлена как её географическим положением, так и ходом эволюции российской государственности. Отмечено, что политические ценности граждан России воплощаются в программных документах политических партий. Рассмотрены некоторые инструменты влияния, с помощью которых производится целенаправленное деструктивное воздействие на общество с целью навязывания ложных ценностей. Ценностная политика стран Запада рассматривается как неокOLONIALная. Особое внимание уделено социальным сетям как средству влияния на граждан, в том числе с деструктивными целями. Рассмотрены некоторые аспекты электорального поведения россиян в контексте разделяемых ими ценностей на примере выборов Президента 2012 и 2018 гг. Подчёркнута роль политической социализации молодёжи в успешной политике по защите ценностей народов России. Отмечено, что сохранение традиционных российских ценностей является одним из приоритетов политики государства на современном этапе.*

Ключевые слова: политические ценности, традиционные ценности, геополитика, вызовы, политическая социализация, глобализация, политическая элита, дезинформация

Для цитирования: Щедрова Г. П. Политические ценности в современной России в контексте новых геополитических вызовов // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 165-172. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.14>

Research article

Political values in modern Russia in the context of new geopolitical challenges

Galina P. Shchedrova

Vladimir Dahl Lugansk State University, Lugansk, Russia
galina_shedrova1954@mail.ru

***Abstract.** This article examines the main aspects of the formation of political values in modern Russia. The purpose of the work is to analyze the place and role of political values of modern Russia in the context of new geopolitical challenges. The article uses a political-systemic approach, analysis of political documents, political analysis and other methods. It is emphasized that the uniqueness of Russian political values is determined both by its geographical location and the course of the evolution of Russian statehood.*

© Щедрова Г. П., 2025

It is noted that the political values of Russian citizens are embodied in the program documents of political parties. Some instruments of influence are considered, with the help of which a purposeful destructive impact on society is carried out in order to impose false values. The value policy of Western countries is considered as neocolonial. Special attention is paid to social networks as a means of influencing citizens, including for destructive purposes. Some aspects of Russians' electoral behavior in the context of their shared values are considered using the example of the 2012 and 2018 presidential elections. The role of the political socialization of youth in the successful policy of protecting the values of the peoples of Russia is emphasized. It is noted that the preservation of traditional Russian values is one of the priorities of the state's policy at the present stage.

Keywords: political values, traditional values, geopolitics, challenges, political socialization, globalization, political elite, disinformation

For citation: *Shchedrova GP. Political values in modern Russia in the context of new geopolitical challenges. Modern Science and Innovations. 2025;(1):165-172. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.14>*

Введение. Политические ценности являются фундаментом, на котором строится общество, определяются приоритеты развития страны и мира. В современном мире, полном геополитических, экономических, экологических, культурных и социальных вызовов, актуальность их исследования только возрастает. Ценности служат ориентиром для принятия решений различного характера, в том числе и политических.

Особенно значимым является изучение политических ценностей в контексте их адаптации к новым вызовам, включая цифровую трансформацию, миграционные процессы и экологические угрозы. Только через их переосмысление и консенсус можно построить устойчивое и справедливое общество, способное эффективно отвечать на вызовы XXI века. Это актуально и для современной России, столкнувшейся с рядом проблем, обусловленных новыми геополитическими реалиями.

Цель статьи – проанализировать место и роль политических ценностей современной России в контексте новых геополитических вызовов. Данная проблематика характеризуется значительной степенью разработанности в отечественной науке. Данной проблематике уделяют внимание С.А. Барсукова, О.С. Гилязова, П.П. Баранов, В.Ю. Даренский и другие российские учёные. Среди зарубежных учёных можно отметить И.Н. Харитонову (Беларусь), А.С. Дмитриеву, Ж.К. Тулиндинову, А.А. Умарова (Казахстан), М. Этцеля (Германия) и других.

Материалы и методы исследований. Исследуя проблему политических ценностей, мы используем весь арсенал методов, доступных исследователю. Так, среди общенаучных методов отметим анализ, синтез и сравнение, а среди специальных политологических методов – политико-системный подход, анализ политических документов, политический анализ и другие. При этом данная проблематика требует применения междисциплинарного синтеза и использования новейших достижений других наук, в частности, социологии и психологии.

Данное научное исследование посвящено теоретической проблематике, с этой точки зрения эмпирический материал не играет ведущую роль в нашем исследовании. Однако необходимо отметить материалы опросов, приведённых в работе Ю.В. Латова.

И в качестве основы Указ Президента Российской Федерации от 09.11.2022 г. № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей».

Результаты исследований и их обсуждение. Одна из тенденций, которые сегодня нельзя игнорировать, – это попытки ряда государств, их политических элит вести неокOLONIAльную внешнюю политику. В условиях XXI века такая политика реализуется не только в силовом, экономическом и юридическом пространствах. Важное значение имеют ценностные ориентиры многих народов мира, на которые пытаются влиять глобализированные элиты преимущественно западных стран, прежде всего США. Хотя, следует отметить, что сегодня наблюдается значительное влияние традиционных ценностей

и на Западе, примерами чего являются, по мнению М. Этцеля, выход Великобритании из ЕС и избрание Д. Трампа президентом США [12, с. 259].

В контексте вышеизложенного особую актуальность приобретает изучение политических ценностей, присущих России, а также особенностей западных ценностей, которые имеют тенденцию проникать во все сферы жизни современного глобального общества. Мы не начинаем исследования, исходя из априорного неприятия ценностей западного мира. Напротив, мы воспринимаем как норму тот факт, что диалог культур всегда был в приоритете у большинства россиян. Во второй половине 2020-х гг. нам предстоит дать ответ на вопрос: возможно ли равноправное взаимодействие между носителями разных политических ценностей в глобальном мире?

Уникальность российских политических ценностей обусловлена как её географическим положением, так и ходом эволюции российской государственности. Будучи государством, расположенным в Европе и Азии, Россия долгое время не только подвергалась влиянию процессов, происходивших в обеих частях света, но и сама влияла на развитие соседних стран и народов. Российская государственность развивалась нелинейно; сменяли друг друга общественные формации и формы правления. Княжества Древней Руси, Московское царство, Российская империя и СССР существовали и эволюционировали в рамках той же логики общественного развития, что и европейские государства тех же эпох. При этом взаимоотношения между Россией и Западом часто приобретали конфронтационный характер. Достаточно вспомнить агрессию Тевтонского ордена против Новгорода в XIII веке, отражённую Александром Невским, или Смутное время, отмеченное интервенцией поляков и шведов. В дальнейшем Россия также противостояла западным странам и даже их коалициям, отстаивая свой суверенитет и право оставаться независимым государством.

По состоянию на начало XX века, когда практически весь мир был разделён между ведущими колониальными державами своего времени, Россия занимала видное геополитическое положение, имея дипломатические и экономические отношения практически со всеми заметными международными игроками. В силу сложных общественно-политических трансформаций конца 1910-х – начала 1920-х гг. СССР также оказался в международной изоляции со стороны ведущих стран Запада, но со временем они были вынуждены не только признать Советский Союз, но и начать интенсивное развитие связей с ним. После окончания Второй мировой войны был создан блок НАТО, одной из ведущих целей которого было противостояние с нашей страной. Расширение этого блока на восток после распада СССР стало очередным недружественным шагом по отношению к России и во многом предопределило и сформировало те вызовы, на которые мы отвечаем сегодня. Увеличение членского состава НАТО вдвое после окончания холодной войны не стало причиной радикального усиления военного потенциала альянса, однако дало США новые возможности для своего военного и политического доминирования в Европе [9, с. 112].

В контексте сложностей и противоречий исторического развития России ценности общества также претерпели существенные изменения. Современные ценности народов России – это продукт всех предшествующих трансформаций нашего общества и государства. В истории нашей страны с древних времён сочетались как демократические, так и автократические тенденции. Также следует отметить, что современная Россия является результатом эволюции и интеграции различных государственных образований, существовавших на территории нашей страны столетиями. Это и обусловило тот комплекс политических ценностей, который наблюдается сегодня в Российской Федерации.

Формирование системы ценностей граждан России происходит под влиянием двух тенденций: традиционной для российской культуры коллективистской парадигмы и западной культуры индивидуализма [3]. Это связано, среди прочего, с уже упомянутым

географическим положением России в Европе и Азии, а также с исторической судьбой народов нашей страны. В течение долгих столетий Россия гостеприимно приглашала представителей различных стран и народов, обеспечивая им возможности карьерного роста, который далеко не всегда был гарантирован на родине. Поэтому среди выдающихся россиян прошлого так много подданных с иностранными фамилиями: они работали на благо России и естественным образом приносили в нашу культуру западные тенденции и новации. При этом в российском обществе XIX века вовсю шла свободная дискуссия между западниками и славянофилами, которая стала не только свидетельством относительно свободного политического дискурса (в контексте упомянутой исторической эпохи), но и основой для дальнейших исследований ценностей уже в научном, а не только публицистическом ключе.

В течение последних лет в отечественном публичном поле отмечается активизация поиска тех основополагающих ценностей, которые могли бы претендовать на роль универсальных [4, с. 35]. Они могли бы трансформироваться в некую «опору» для государства и политической системы, консолидируя различные слои населения: рабочих, фермеров, бизнесменов, силовиков, людей творческих профессий, интеллигенцию и т.д. Мы полагаем, что современные российские ценности включают в себя патриотизм, уважение к истории, важную роль семьи как ячейки общества, взаимоуважение между этническими, конфессиональными, политическими и иными группами.

Важнейшим нормативно-правовым актом в контексте рассматриваемой проблематики является Указ Президента Российской Федерации от 09.11.2022 г. № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей». В документе даётся определение традиционных ценностей как нравственных ориентиров, формирующих мировоззрение граждан России, передаваемых от поколения к поколению, лежащих в основе общероссийской гражданской идентичности и единого культурного пространства страны, укрепляющих гражданское единство, нашедших своё уникальное, самобытное проявление в духовном, историческом и культурном развитии многонационального народа России [10]. Мы полагаем, что именно этот нормативно-правовой акт в значительной степени отражает те ценности, которые необходимо отстаивать политической элите страны и которые должны быть осознаны всеми гражданами и социальными группами.

При этом стоит отметить, что политические ценности, принимаемые за основу гражданами России, всё же различны. Это является необходимым для построения демократического государства. Поэтому неудивительно, что для части граждан главной ценностью является свобода, для других – равенство, для некоторых – порядок. Эти ценности воплощаются в программах политических партий и кандидатов на государственные должности. Соответственно, ценностные ориентации в значительной степени влияют на электоральное поведение россиян. Так, в 2012 и 2018 гг. В.В. Путину оказывали значительную поддержку избиратели, для которых «важнее всего был бескорыстный патриотизм, создание крепкой дружной, счастливой семьи, уверенность в будущем благополучии своих детей» [1, с. 237-238].

При этом, как и в любой стране, граждане имеют возможность высказывать своё мнение, отличное от официальной позиции власти (при соблюдении норм права). Так, о консолидации или деконсолидации российского общества можно судить по ответам об ожидаемых результатах того пути, по которому идет современная Россия, и об источнике основных угроз её развитию. Так, 62,6% опрошенных полагают, что нынешний путь развития России в будущем даст положительные результаты, и одновременно уверены в том, что источники основных угроз нашей стране находятся за рубежом. В то же время 15,6% респондентов уверены, что нынешний путь развития России является тупиковым, а основные угрозы находятся внутри страны. При этом существуют ещё две промежуточные группы. Представители первой (11%) полагают, что страна движется в правильном направлении, но угрозы исходят изнутри. Представители второй (10,2%) уверены в

ошибочности курса страны, но верят, что главные угрозы ей являются внутренними [8, с. 169-170]. Таким образом, в обществе, хоть не существует консенсуса относительно вышеуказанных проблем, но явно преобладают граждане, поддерживающие путь развития России (фактически и политическую элиту), а также уверенные в том, что основные угрозы нашей стране исходят из-за рубежа.

Рассмотрим более подробно эти угрозы в их ценностном измерении. Безусловно, глобализированные политические элиты, среди которых ведущую роль играют представители стран Запада, воспринимают другие страны и народы с точки зрения неокOLONиализма. Вестернизация и глобализация часто противоречат традиционным ценностям тех стран, на которые направлены. Так, в России, по мнению В.Ю. Даренского, «высшей целью общества является не экономическое развитие, а создание более сложного и содержательного типа личности» [5, с. 61]. При этом правящие круги стран Запада действуют с полным осознанием того влияния, которое они оказывают. Именно экономическое развитие, а точнее, рост потребления является главным индикатором успеха / неудачи в представлении западных элит. Использование средств и орудий экономической глобализации в процессе навязывания так называемых универсальных ценностей всем членам мирового сообщества – это часть тактики США как мирового гегемона [2, с. 78]. Исходя из доступных нам материалов, мы можем отметить, что западные псевдоценности включают чрезмерную сфокусированность на материальных благах и т.н. «толерантность», не имеющую ничего общего с терпимостью и плюрализмом в здоровом обществе. Западная «толерантность» основана на искажении природных основ общества, что ярко иллюстрирует «гендерная повестка» и всё, что с ней связано.

Изменение доминирующих в российском обществе политических ценностей может привести к искажению поведенческих моделей граждан, а также повлиять на их идентичность. При этом нельзя игнорировать факт того, что российское общество далеко от гомогенности. Часть общества, в т.ч. молодёжь, может легко перенять псевдоценности, не понимая всей глубины тех процессов, которые управляются из Вашингтона или Брюсселя. При этом патриотически настроенная часть общества может оказать сопротивление такого рода «ценностной войне» против своего народа. В результате между социальными группами может возникнуть напряженность, которая перерастёт в конфликт. По мнению А.А. Ковалёва, «именно такую цель преследуют субъекты духовно-нравственного воздействия, когда стремятся деформировать национальный менталитет народа государства-противника» [7, с. 28]. Соответственно, рассматривая ценностную экспансию стран Запада, мы осознаём, что она направлена не только против России, но и против стран Глобального Юга, не разделяющих псевдоценности.

Существует множество инструментов влияния, с помощью которых производится целенаправленное деструктивное воздействие на общество с целью навязывания ложных ценностей. В данном исследовании мы не можем подробно их изучить, но считаем себя вправе предпринять попытку небольшого обзора.

1. Навязчивая реклама. Советскому потребителю реклама была знакома, но рекламировались только государственные товары и услуги (иные попросту отсутствовали). Поэтому реклама не навязывала определённые стандарты потребления и уж тем более не пропагандировала тот или иной образ жизни. Современная коммерческая реклама часто (хотя и не всегда) навязывает образ «успешного человека», «правильной семьи», «идеальной работы», уже не говоря о стандартах внешности, заведомо недостижимых для подавляющего большинства людей. Реклама часто направлена на смещение ценностей, превращение гражданина в потребителя, часто не мыслящего и не рассуждающего.

2. Социальные сети. Это явление можно считать сверхновым: ему не исполнилось и трёх десятилетий. Созданные для общения людей, эти ресурсы начали почти сразу использоваться в политических целях. Особенно в этом преуспели социальные сети

Facebook и Instagram (принадлежат компании Meta, деятельность которой признана экстремистской и запрещена в России). Благодаря алгоритмам, используемым этими социальными сетями, пользователи получают значительное количество дезинформации, в том числе и относительно российской действительности. Эти социальные сети стали средством распространения ксенофобии, экстремистских идей и дискредитации общественно-политического строя тех стран, которые не соответствуют американской глобалистской картине мира. Безусловно, мы не призываем к отказу от социальных сетей в принципе: отечественные ресурсы типа VK являются качественным средством коммуникации. Однако следует подчеркнуть, что получаемая из социальных сетей информация прямо или косвенно оказывает влияние на политическую позицию общества, и, несомненно, будет вовлекать все большее количество пользователей социальных сетей в политику, формируя их гражданскую позицию [6, с. 45].

3. Русскоязычное вещание из-за рубежа. В течение последних лет западные страны организовали на своей территории русскоязычные редакции собственных информационных агентств, вещающих для российской аудитории. Кроме того, в странах ЕС создаются специальные СМИ исключительно для россиян. Это во многом влияет на ценностные воззрения граждан России, особенно тех, кто не обладает критическим мышлением и не может осознать степень искажения реальности данными СМИ. Дискредитация общественно-политического строя, должностных лиц, распространение дискриминационных и откровенно русофобских нарративов – всё это наблюдается в эфире и на интернет-страницах подобных агентов влияния.

При этом результаты опроса, приведённого выше, демонстрируют готовность большей части российского общества защищать свои ценности. В этом контексте можно согласиться с тезисом белорусского учёного И.Н. Харитонова, который объясняет возможную сильную реакцию в защиту или поддержку данных ценностей со стороны их носителей высокой их значимостью [11, с. 29].

Заключение. Очевидно, что против политических ценностей народов России сейчас идёт целенаправленная кампания со стороны правящих элит западных стран. В то же время мы осознаём, что попытки оградить население от подобного влияния не всегда результативны. Политика российского руководства в культурно-ценностной сфере будет эффективной тогда, когда будут приняты меры по созданию собственных средств распространения информации. При этом следует признать, что граждан, в том числе молодёжь, необходимо обучать критическому мышлению и основам медиаграмотности.

Таким образом, политические ценности являются одной из основ развития любого общества. Российские политические ценности отличаются как от таковых как на западе, так и на востоке, что обусловлено историческими процессами и географическим положением. Сохранение традиционных российских ценностей является одним из приоритетов политики государства на современном этапе. При этом политические элиты западных стран проводят целенаправленную политику, направленную на ослабление ценностных установок россиян. Мы полагаем, что такая деятельность может считаться проявлением неокOLONIALНОЙ политики, свойственной многим западным странам. Перспективы дальнейших исследований мы видим в изучении действенных способов укрепления российских ценностей при одновременном их распространении среди жителей многих стран.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверин Ю. П., Сушко В. А. Ценности и электоральное поведение российских граждан на президентских выборах (2012, 2018 гг.): постоянство и изменчивость // Вестник Московского университета. Серия 18. Социология и политология. 2019. Т. 25. № 4. С. 227–246. <https://doi.org/10.24290/1029-3736-2019-25-4-227-246>.

2. Баранов П. П. Государство-цивилизация как основа конституционного строя Российской Федерации // Северо-Кавказский юридический вестник. 2024. № 2. С. 73–81. <https://doi.org/10.22394/2074-7306-2024-1-2-73-81>
3. Барсукова С. А. Базовые общекультурные ценности россиян // Электронный научный журнал «Наука. Общество. Государство». 2017. Том 5. № 17. [Электронный ресурс]. URL: https://esj.pnzgu.ru/files/esj.pnzgu.ru/barsukova_sa_17_1_22.pdf (дата обращения: 29.12.2024).
4. Гилязова О. С. Традиционные российские ценности: понятия, назначение, достоинства и ограничения // Социально-политические исследования. 2024. № 2 (23). С. 27–45. <https://doi.org/10.20323/2658-428X-2024-2-23-27>
5. Даренский В. Ю. Идеология цивилизационного суверенитета России (в контексте отношений Россия – Запад) // Вестник Удмуртского университета. Социология. Политология. Международные отношения. 2020. Т. 4. Вып. 1. С. 51–62. <https://doi.org/10.35634/2587-9030-2020-4-1-51-62>
6. Дмитриева А. С., Тулиндинова Ж. К., Умаров А. А. Влияние социальных сетей на современную политическую ситуацию в Казахстане // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилёва. Серия «Политические науки. Регионоведение. Востоковедение. Тюркология». 2023. № 4 (145). С. 37–49. <https://doi.org/10.32523/2616-6887/2023-145-4-37-49>
7. Ковалёв А. А. Духовно-нравственные ценности как объект деструктивного воздействия // Социально-политические исследования. 2023. № 4 (21). С. 19–32. https://doi.org/10.20323/2658_428X_2023_4_21_19
8. Латов Ю. В. Динамика массового сознания россиян: экстраординарная ситуация или начало нового цикла? // Полис. Политические исследования. 2023. № 6. С. 161–179. <https://doi.org/10.17976/jpps/2023.06.12>
9. Смирнов П. Е. «Открытые двери» НАТО в постбиполярный период и отношения Альянса с Россией // Вестник Московского университета. Серия 25: Международные отношения и мировая политика. 2024. № 1. С. 93–140. <https://doi.org/10.48015/2076-7404-2024-16-1-93-140>
10. Указ Президента Российской Федерации от 09.11.2022 г. № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей» // Президент России. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/48502> (дата обращения: 29.12.2024).
11. Харитонов И. Н. Культурный код белорусского общества: аксиологический анализ // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя гуманітарных навук. 2017. No. 3. С. 25–33.
12. Etzel M. Value orientation and external political efficacy: assessing the relationship between traditional values, progressive politics and political responsiveness // Comparative European Politics. 2023. Vol. 21. P. 258–283. <https://doi.org/10.1057/s41295-022-00326-0>

REFERENCES

13. Averin JuP, Sushko VA. Values and electoral behavior of Russian citizens at presidential elections (2012, 2018): constancy and variability. Moscow State University Bulletin. Series 18. Sociology and Political Science. 2019;25(4):227-246. (In Russ.). <https://doi.org/10.24290/1029-3736-2019-25-4-227-246>
14. Baranov PP. State-Civilization as the basis of the constitutional system of the Russian Federation. Severo-Kavkazskij juridicheskij vestnik = North Caucasian Legal Herald. 2024;(2):73-81. (In Russ.). <https://doi.org/10.22394/2074-7306-2024-1-2-73-81>
1. Barsukova SA. Basic common cultural values of Russians. Electronic scientific journal «Science. Society. State» 2017;5(17). Available from: https://esj.pnzgu.ru/files/esj.pnzgu.ru/barsukova_sa_17_1_22.pdf [Accessed 29 December 2024]. (In Russ.).
15. Giljazova OS. Traditional russian values: concepts, purpose, advantages and limiting factors. Social and political researches. 2024;(2(23)):27-45. (In Russ.). <https://doi.org/10.20323/2658-428X-2024-2-23-27>
16. Darenskij VJu. Ideology of civilizational sovereignty of Russia (in the context of Russia-West relations). Bulletin of Udmurt University. Sociology. Political Science. International Relations. 2020;4(1):51-62. (In Russ.). <https://doi.org/10.35634/2587-9030-2020-4-1-51-62>

17. Dmitrieva AS, Tulindinova ZhK, Umarov AA. The influence of social media on the current political situation in Kazakhstan. Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Political science. Regional studies. Oriental studies. Turkology Series. 2023;(4(145)):37-49. (In Russ.). <https://doi.org/10.32523/2616-6887/2023-145-4-37-49>
18. Kovaljov AA. Spiritual and moral values as an object of destructive influence. Social and political researches. 2023;(4(21)):19-32. (In Russ.). https://doi.org/10.20323/2658_428X_2023_4_21_19
19. Latov JuV. Dynamics of Mass consciousness of Russians: extraordinary situation or beginning of a new cycle? Polis. Political Studies. 2023;(6):161-179. (In Russ.). <https://doi.org/10.17976/jpps/2023.06.12>
20. Smirnov PE. Russia and NATO's 'Open Door' policy in the post-bipolar period. Lomonosov World Politics Journal. 2024;(1):93-140. (In Russ.). <https://doi.org/10.48015/2076-7404-2024-16-1-93-140>
21. Decree of the President of the Russian Federation of 09.11.2022 No. 809 "On approval of the Fundamentals of state policy for the preservation and strengthening of traditional Russian spiritual and moral values". President of Russia. Available from: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/48502> [Accessed 29 December 2024]. (In Russ.).
22. Haritonov IN. The cultural code of belarusian society: an axiological analysis. Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya gumanitarnykh navuk = Vesci Nacyjanal'naj akademii navuk Belarusi. Seryja gumanitarnykh navuk. 2017;(3):25-33. (In Russ.).
23. Etzel M. Value orientation and external political efficacy: assessing the relationship between traditional values, progressive politics and political responsiveness. Comparative European Politics. 2023;21:258-283. <https://doi.org/10.1057/s41295-022-00326-0>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Галина Петровна Щедрова – доктор политических наук, профессор, профессор кафедры государственного управления, Луганский государственный университет имени Владимира Даля, galina_shedrova1954@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 14.01.2025;
одобрена после рецензирования 23.02.2025;
принята к публикации 09.03.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Galina P. Shchedrova – Dr. Sci. (Polit.), Professor, Professor of the Department of Public Administration, Vladimir Dahl Lugansk State University, galina_shedrova1954@mail.ru

Conflict of interest: the author declares no conflicts of interests.

The article was submitted: 14.01.2025;
approved after reviewing: 23.02.2025;
accepted for publication: 09.03.2025.

Research article

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.15>



Ahmet Davutoglu's foreign policy concept of "Strategic Depth" and the Kurdish issue

Emin I. D. Mehmet¹, Arbahan K. Magomedov^{2*}

¹ Moscow State Linguistic University, Moscow, Russia

² Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia

¹ ikbal@mail.ru

² armagomedov@gmail.ru

* **Corresponding author:** Arbahan K. Magomedov, armagomedov@gmail.ru

Abstract. *The article is devoted to the content and basic principles of the foreign policy concept set out in the book "Strategic Depth" by former Turkish Foreign Minister and Prime Minister Ahmet Davutoglu. The article examines the historical prerequisites for the formation of a new foreign policy concept of Turkey in the 21st century, the main ideas and principles formulated by A. Davutoglu in his work. It is pointed out how the political reality of recent decades has seriously adjusted many provisions of the doctrine of "strategic depth", but despite this, its basic principles and approach are still relevant for Turkish diplomacy. The correlation between the provisions of the "Davutoglu doctrine" and the Kurdish problem in Turkey, which has both domestic and foreign policy significance for this country, is analyzed. Davutoglu's view that a peaceful settlement of the Kurdish issue was urgent for Turkey's strategic interests was innovative and politically far-sighted. The result of the implementation of this doctrine was that in the first decade of the 21st century, not only relations with Kurdish leaders changed positively, but also relations with neighboring countries, which were largely determined by the "Kurdish issue".*

Keywords: Turkey, Ahmet Davutoglu, the Kurdish question, "strategic depth", political elite, intelligence and power

For citation: Mehmet EID, Magomedov AK. Ahmet Davutoglu's foreign policy concept of "strategic depth" and the Kurdish issue. *Modern Science and Innovations*. 2025;(1):169-180. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.15>

Научная статья
УДК 327

Внешнеполитическая концепция Ахмета Давутоглу «стратегическая глубина» и курдский вопрос

Эмин Икбаль Дюрре Мехмет¹, Арбахан Курбанович Магомедов^{2*}

¹ Московский государственный лингвистический университет, г. Москва, Россия

² Российский государственный гуманитарный университет, г. Москва, Россия

³ ikbal@mail.ru

⁴ armagomedov@gmail.ru

* **Автор, ответственный за переписку:** Арбахан Курбанович Магомедов, armagomedov@gmail.ru

© Mehmet EID, Magomedov AK, 2025

Аннотация. Статья посвящена содержанию и основным принципам внешнеполитической концепции, изложенной в книге «Стратегическая глубина» бывшего главы МИД и премьер-министра Турции Ахмета Давутоглу. Работа рассматривает исторические предпосылки формирования новой внешнеполитической концепции Турции в 21 веке, а также основные идеи и принципы, сформулированные Давутоглу в своем труде. Несмотря на то, что политическая реальность последних десятилетий серьезно скорректировала многие положения доктрины «стратегической глубины», ее базовые принципы и подходы по-прежнему актуальны для турецкой дипломатии. Анализируется корреляция между положениями «доктрины Давутоглу» и курдской проблемой в Турции, имеющей для этой страны исключительное значение. Мнение Давутоглу о том, что мирное урегулирование курдского вопроса является неотложным для стратегических интересов Турции было новаторским и политически дальновидным. Результатом реализации данной доктрины стало то, что в первое десятилетие 21 века позитивно изменились не только отношения с курдскими лидерами, но и отношения с соседними странами, которые в значительной мере были детерминированы «курдским вопросом».

Ключевые слова: Турция, Ахмет Давутоглу, курдский вопрос, «стратегическая глубина», политическая элита, интеллект и власть

Для цитирования: Мехмет Э. И. Д., Магомедов А. К. Внешнеполитическая концепция Ахмета Давутоглу «стратегическая глубина» и курдский вопрос // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 169-180. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.15>

"Critics have said many times that I am too fascinated by power. This is not true. What I am really fascinated by is the intellect, and power is inherently linked to it."

Charles Wright Mills [1].

Introduction. The epigraph quote by the iconic American elitologist Charles Wright Mills defines with the utmost precision the true mission of the ruling class as people who perform the role of producers and distributors of ideology. Nothing testifies to this as clearly as the scientific work and political achievements of the Turkish intellectual Ahmet Davutoglu. Ahmet Davutoglu, who served as the Minister of Foreign Affairs of Turkey (2009-2014), Prime Minister and simultaneously the leader of the ruling Justice and Development Party, can be called a truly iconic figure in the modern history of Turkey. The political biography of this man, like nothing else, shows that members of political elites are the most active individuals capable of generalizations, expressing their interests and will in the language of ideology. An analysis of his political biography and analytical works can give a lot for an objective vision of modern problems of geopolitics and international relations.

The purpose of this study is to analyze the "new" foreign policy doctrine of Turkey, developed by Professor Ahmet Davutoglu and known as the concept of "strategic depth". The focus is on the place and role of the Kurdish problem in the foreign policy doctrine of Turkey in the 21st century. The choice of the Kurdish problem is due to the fact that this topic has been and remains one of the key problems for Turkey's domestic and foreign policy.

Materials and research methods. Towards a conceptual clarification of the role of political elites in transitional societies. An explanatory model that can help us better understand Ahmet Davutoğlu's political role is the elitist paradigm. However, here we need a theoretical clarification of the concept of "elite" to more accurately select the research angle. The path to a methodological clarification of the leadership functions of the political elite lies through a theoretical discussion between supporters of various elitist approaches. To begin with, it should be noted that elitist concepts are divided depending on what characteristics allow a certain ruling group to secure the status of an elite. Some scholars define the elite as people who are maximally involved in politics in any society, while striving to control key positions of power [2]. Others evaluate the concept of elite as a general term for people with a high position, qualifications, wealth, and the ability to

coerce [3]. Still others classify members of political elites as those who receive the overwhelming majority of material values in society [4]. Finally, another category of researchers associates elites with the role of possessing informational and command functions, insisting that the political elite must be strictly associated with people who are much more involved in political thought, discussions and actions than the rest of the population" [5].

The essence of the approach to studying elites that we propose is a meaningful examination of ruling groups through the prism of their genetic mission—leadership. In this context, the problem of the elite's political consciousness becomes especially relevant. Using the political biography of Ahmet Davutoğlu as an example, we insist that the most subtle feature of the elite and, at the same time, the pinnacle and embodiment of all its psychological forces is its worldview.

Research results and their discussion. Ahmet Davutoğlu: Brief Political Biography. Ahmet Davutoğlu was born in 1959. He graduated from the Faculty of Economics and Management at Boğaziçi University in Istanbul in 1983 with a degree in political science and economics. He later completed his postgraduate studies at the same university and received a PhD in international relations.

Until the beginning of the 21st century, Davutoğlu was exclusively engaged in scientific and teaching activities. From 1995 to 2004, he was a professor at Beykent University in Istanbul, where he headed the Department of International Relations. At the same time, the future head of Turkish diplomacy wrote columns for the *Yeni Şafak* newspaper and lectured at the Military Academy. It was during this period that most of his books and articles on fundamental issues of international relations were written, including his main work, *Strategic Depth* (2000). This work became a real event in Turkish political science and brought Davutoğlu closer to the leadership of the Justice and Development Party (AKP), which was rapidly gaining strength and influence. After the party came to power in 2002, he became the chief adviser on foreign policy to Prime Ministers Abdullah Gül (2002-2003) and Recep Erdoğan (2003-2014). Not a single significant foreign policy decision was made without taking into account Davutoğlu's opinion, and behind the scenes he began to be called the "shadow head of the Ministry of Foreign Affairs." On May 1, 2009, Ahmet Davutoğlu was officially appointed head of the Ministry of Foreign Affairs of Turkey [6].

At the same time, Davutoğlu's importance within the AKP party ranks is growing. From a pure theoretician and ideologist, he is increasingly becoming a public and practical politician. In June 2011, Davutoğlu was elected to the Turkish parliament for the first time, heading the AKP list from his home province of Konya. On August 27, 2014, he was approved as the party's chairman at the AKP congress, and two days later, as the new party leader, he was approved for the post of prime minister of the country. On September 12, 2015, Davutoğlu was re-elected as the AKP chairman, and following the early elections on November 1, 2015, the AKP regained its constitutional majority. 30 On November 2015, Davutoğlu's one-party government received a vote of confidence from parliament.

The following year, 2016, turned out to be a turning point both in the political history of Turkey and in the career of Ahmet Davutoğlu. On May 5, he announced that he would not put forward his candidacy for the post of AKP chairman at the next party congress, and on May 22, he officially resigned from the post of prime minister. Among the main reasons for Davutoğlu's departure from the political forefront of Turkey are the emerging trends of pressure on civil liberties and media activities, as well as the resumption of hostilities against the structures of the Kurdistan Workers' Party (PKK), with which the truce was broken back in July 2015. Of significance was also the tendency to strengthen the personal power of Recep Erdoğan, which became decisive in the political life of Turkey after the failed military coup of July 15-16, 2016 [7].

In September 2019, Ahmet Davutoğlu, along with several other politicians, announced their withdrawal from the AKP, and three months later announced the creation of a new political

structure – the “Future Party”. Currently, the former head of Turkish diplomacy is in “soft opposition” to the country’s President Recep Erdoğan.

Ahmet Davutoglu and the Formation of Turkey's Foreign Policy Doctrine: The Concept of "Strategic Depth". Until the early 1990s, Turkey did not have its own foreign policy concept. This is explained by the fact that its place in international relations was strictly determined by its membership in NATO and the fact that it was the only country in this military-political bloc that bordered directly on the USSR. That is, Turkey was a kind of NATO outpost in the Black Sea region, being a part and instrument of foreign policy strategies.

The collapse of the USSR in 1991-1992 and the cardinal geopolitical changes in the world urgently required the formation of a new Turkish foreign policy. Already in the early 1990s, two of its main vectors were defined, which underlie Ankara's modern foreign policy. The first is the assertive penetration of Turkish influence into regions that were historically part of the Ottoman Empire. We are talking about the states of the Middle East, North Africa and the Balkans. The second is an active foreign policy projection onto regions connected with Turkey by an ethnic Turkic and Muslim religious community. These are the former Soviet republics of Central Asia and, to some extent, such subjects of the Russian Federation as Tatarstan and Bashkortostan. As R.S. Terekhov notes, "the already noted change in Turkey's status forced other countries to take into account, and even adjust their position on regional problems in accordance with Ankara's aspirations." At the beginning of 1992, when the collapse of the Soviet Union became a fait accompli, one of the main tactical tasks in Turkey’s foreign policy became convincing the West, especially the United States, of the advantages of using it in contacts with the new Central Asian states, and the latter that it could be a defender of their interests in the West [8].

The new foreign policy is associated with the name of the then President of the Turkish Republic Turgut Özal and was defined as “neo-Ottomanism” (this term is still used to describe Turkey’s foreign policy, although Turkish diplomacy itself does not use it). However, if we talk about the 1990s, the foreign policy of that time placed the main emphasis on elements of pan-Turkism. Thus, at the beginning of 1992, President T. Özal stated that “the independent republics of Central Asia have no problem choosing a development model, since they have already made it in favor of the Turkish model of authoritarian nationalist modernization introduced by Atatürk.” [9]. Turkey’s ethnocultural community with the countries and peoples of Eurasia was recorded in the geostrategic concept of the country’s development until 2023, formulated in the late 1990s. Within the framework of this concept, Turkey’s foreign policy was defined, which is based on pan-Turkism” [10].

Only at the beginning of the 21st century did the preconditions for the development and formulation of Turkey's foreign policy doctrine emerge, taking into account the diversity of its historical prerequisites and potential areas of implementation. It was at this moment, in 2001, that the book by Ahmet Davutoglu, a professor at Istanbul's Beykent University, "Strategic Depth. Turkey's International Position" was published [11, 12]. It is generally accepted that the monograph "Strategic Depth" was initially conceived as an extensive "service instruction" for the Turkish Foreign Ministry and other structures related to international relations. Such a straightforward purpose of a scientific work is somewhat questionable. It seems that with his work Davutoglu sought to convey a new vision of Turkey's international position to the general public and the state bureaucracy.

In the most general sense, the views and approach of Ahmet Davutoğlu, set out in the above-mentioned book, fit well into the framework of the so-called "critical geopolitics". The latter refers to a separate direction in political-geographical and international studies that emerged in the West in the 1980s. If we speak in the most general terms, then, unlike "classical geopolitics", which considers international problems as a set of purely geographical factors (the confrontation between "land and sea", "continental center and periphery", "North and South", etc.), "critical geopolitics" sees the world somewhat differently. In particular, it departs from strict geographical determinism and considers geopolitical situations in the context of the cultural, national, historical specifics of countries and communities that are actors in specific international political situations. Davutoglu's

work fits into the framework of the critical-geopolitical approach primarily because its starting point is to consider Turkey's entire experience in the international sphere in the context of historical-cultural continuity.

One of the distinctive features of the concept of “strategic depth” (as the ideas formulated by Davutoglu are called in scientific parlance, based on the title of the monograph) was the sharp criticism it contained of the one-dimensionality of Turkish foreign policy during the Cold War, which we have already mentioned. During that period, the country obediently played the role of NATO’s eastern outpost and made unsuccessful attempts to integrate into the EU. As S. S. Tretyak notes, “He [Davutoglu] calls the blind adherence to the path of European integration throughout the 20th century not so much a mistake as... not corresponding to the spirit of the beginning of the new century. He... emphasizes that, by completely linking itself to the Western world with its values and orders, Turkey has distanced itself from the world of the Near and Middle East, with which it had long-standing historical and cultural ties” [13].

In short and inevitably schematic terms, the concept of “strategic depth” consists of the “principles” outlined by the author, three of which are “methodological” and five “operational” [14]. Let us consider the structure of these principles in more detail. The first methodological principle involves abandoning the one-dimensional vision of international relations characteristic of the West during the Cold War and forming an independent foreign policy for Turkey, especially with regard to the Middle East and the Muslim world. The second principle includes “substantive and systematic” foreign policy activity throughout the world. It is emphasized that the content and direction of foreign policy in different regions should not contradict each other. The third methodological principle places a fundamental emphasis in foreign policy on “soft power” (resolving political problems peacefully, activating economic and cultural diplomacy). According to Davutoglu, Turkey, having one of the most modern armies in the Middle East, must constantly demonstrate to the world that it does not pose a threat to anyone.

As for the five “operational” principles of Davutoglu’s concept, they are formulated as follows. The first of them assumes harmonization between the principle of respect for the rights and freedoms of citizens and the principle of national security. The second principle, which has become the most famous in the world, is the slogan of achieving “zero problems with neighbors.” Moreover, Davutoglu saw its implementation in the transfer of the experience of developing Turkish democracy, which is associated primarily with the period that began with the AKP party coming to power in 2002, to the level of foreign policy relations. The third principle is the primacy of “preemptive diplomacy,” which is capable of preventing conflicts or preventing them from escalating into an acute, antagonistic form. The fourth principle assumes a multi-vector foreign policy of Turkey. Within the framework of this norm, interaction with the United States and NATO should not interfere with relations with Russia, and the path to closer integration with the EU should not complicate the development of relations with the countries of Eurasia. The main principles of relations are peaceful, conflict-free coexistence and mutually beneficial ties in the sphere of economy and trade. The fifth principle is “rhythmic” (i.e. consistently active) diplomacy, which means increased integration of Turkey into international political, economic and cultural-humanitarian projects as a significant subject of the entire system of international relations. “In the book by A. Davutoglu “Strategic Depth” (2001), a successful balance was found between the Eurasianism traditional for Turkey, suppressed imperial complexes (“neo-Ottomanism”), and approaches adapted to regional realities, characteristic of Western political science. The set of these ideas, in essence, is the calling card of the phenomenon known as the Turkish model...” [15].

Many assessments of the "Davutoglu doctrine", especially those in the media and coming from certain political circles in different countries, see in it not only a "set of ideas", but also a specific aspiration of modern Turkey for hegemony in the Middle East region and an informal "neo-imperial" status. In our opinion, we should talk about Turkey's aspiration for greater significance in international relations, including at the regional level, primarily in the economic

sphere and as a link in political and cultural terms between the "West" and the Muslim "East", which is by no means equivalent to hegemonic aspirations and "neo-imperial ambitions".

Turkish researcher Bulent Araş notes that "...Davutoğlu gained fame and went down in history as the intellectual architect of Turkish foreign policy during the AKP years. He led the party's foreign policy and influenced a number of important foreign policy events. It is believed that it was Davutoğlu who significantly changed the rhetoric and practice of Turkish foreign policy, giving it a dynamic and multifaceted focus. He defined the vision and style of the new foreign policy line and laid the foundation for its implementation. At first, Davutoğlu's new vision and style were the subject of much discussion and criticism; many wondered whether they were suitable for Turkey's foreign policy?" [16]. The general conclusion was that Davutoğlu now had the best opportunity to test his theoretical developments in practice.

Today, two decades after the emergence of the "strategic depth" doctrine, researchers have the opportunity to verify its applicability to Turkey's specific foreign policy practices based on specific facts from recent history.

It can be said that such significant components of the Davutoglu doctrine as independence and multi-vector foreign policy of Turkey have been implemented. Also, the thesis formulated by this scholar on the relationship between domestic and foreign policy has very clearly manifested itself in Turkish politics, and that Turkish foreign policy is undergoing changes in accordance with the evolution of the internal situation of Turkish society. However, the thesis on achieving "zero problems" with neighbors has not stood the test of time. It was seriously adjusted by such events as the "Arab Spring" that began in 2011, as well as social changes in countries with which Turkey has very active relations. We are talking about such states as Syria, Iraq, Libya - Arab-Muslim countries where Ankara maintains a military presence. It was not possible to implement the Davutoglu doctrine not only in relation to Syria, Iraq and Libya, but also in the South Caucasus and Central Asia. However, this should not be seen as a total failure of this concept. Ahmet Davutoglu is in many ways an outsider, a pure theorist, in relation to the Arab world, the South Caucasus and the Central Asian republics. For many decades, the ruling regimes in these countries have been irreplaceable, and Davutoglu, as an expert in the field of foreign policy theory, might not have taken into account the full depth of the internal social problems that have accumulated in the countries of the region. In its practical foreign policy, Ankara could not help but react or remain strictly neutral in relation to the "Arab Spring". The only weapon in its foreign policy arsenal in this situation was to adopt the position of one of the parties in the intra-Arab conflicts. Such a state of affairs can in no way ensure a "zero level" of problems in international relations. In particular, Turkey took a position of armed support for the opposition in Syria in this situation, became one of the conflicting parties in the Libyan civil war after 2011 and politically supported the position of the Iraqi authorities in relation to the problem of Kurdish self-determination.

Below we will examine the applicability of the "strategic depth doctrine" to the Kurdish issue in Turkey and the Middle East region.

The "Doctrine of Strategic Depth" and the Kurdish Question: Theory and Practice. The Kurds are the most numerous ethnic group in the world that does not have its own state. Belonging to the Iranian ethnocultural group, the Kurds and their historical territories are today divided between Iraq, Iran, Syria and Turkey. Today, Turkey is home to the largest number of representatives of this people, over 20 million people, which is almost a quarter of the country's population. Historically, the Kurds of this country were subjected to the strongest ethnocultural oppression, especially during the early Turkish Republic of Kemal Ataturk's era. The Kemalist Republicans who ruled the country effectively denied the Kurds their independent national identity, even referring to them as "mountain Turks". From the second half of the 1920s, a course was taken towards the total "Turkification" of ethnic minorities living in Turkey, to which the Kurds responded with large-scale armed uprisings that were brutally suppressed by the authorities. Since 1985, the Kurdistan Workers' Party, a political organization of Turkish-Kurdish nationalists with developed armed structures, has been at the center of an armed confrontation with the Turkish government [17]

However, despite the fact that the socio-economic status of the Kurds during these periods was quite marginal, the situation has changed in recent years. Among the Kurds, the average level of education is higher than that of the Turkic-Turkish population, and during the years of the AKP rule, the situation with the economic and infrastructural development of the Kurdish regions has improved. Nevertheless, the Kurdish problem remains one of the key issues in both the domestic and foreign policy of the country.

It is clear that Ahmet Davutoglu could not help but touch upon the “Kurdish issue” in his fundamental work, where he devotes an entire section to it, entitled “The Kurdish Problem. Northern Iraq and Turkey from the Point of View of Global and Regional Balance.” Let’s start with the fact that Davutoglu believes that the “Kurdish issue” is at the center of global and regional balance and affects Turkey in matters of foreign policy, regional strategic planning and internal socio-cultural integration. He claims that Kurdish terrorist activities in Turkey have been in the center of international attention, intensified during the Iran-Iraq War of 1980-1988, as well as the Gulf War in the early 1990s. In his opinion, it is difficult to ensure internal peace in Turkey without achieving regional peace in the Middle East. In order to achieve this goal, as he writes in his work, “Turkey should be expected to pursue a cold-blooded and comprehensive policy based on the strength of its common historical experience”.

Davutoğlu sees the solution to the “Kurdish question” within the concept of “sense of belonging.” He argues that if a political system fails to provide a sense of belonging that encompasses all layers of society, it is not surprising that internal tensions fueled by clashes of external interests periodically appear on the agenda. The idea of “sense of belonging” is also used in some of his public speeches. For example, in 2014, he used the term when greeting Masoud Barzani, the leader of the Kurdish Regional Government (KRG) in Iraq. He stated verbatim that “sense of belonging is the biggest challenge for the region in the future, because the sense of citizenship goes hand in hand with the sense of belonging” [18].

But the question arises, what is meant by a “sense of belonging”? Equally important is the question of how this sense can be created. In his book, Davutoglu argues that Turkey needs a process of internal reconstruction that can lead to a sense of belonging among all its citizens. The “Kurdish debate” can be seen as an important component of a long-term strategy to transform Turkey into a regional power.

Thus, the Kurds, as part of a shared Middle Eastern history, must feel a sense of belonging to Turkey, as Turkey seeks to become a regional power in areas where the Ottoman Empire ruled for centuries. Another integral part of Davutoğlu’s approach to the ‘Kurdish question’ is Islam. Davutoğlu refers to the Ottoman era, when Ottoman subjects were bound to the empire by religious ties. According to renowned Turkey scholar Aaron Stein, Davutoğlu believed that the Ottoman Empire was politically powerful because of its commitment to Tawhid (the principle of monotheism fundamental to the religion of Islam). As Stein explains, “if this vision were realized, Middle Eastern governments would be politically and culturally bound to Turkey, thereby reducing the significance of national borders. A commitment to Tawhid by Middle Eastern governments would also resolve many of the region’s problems, including ethnic nationalism and sectarianism” [19]. Like Davutoglu, Erdogan also uses Islam to formulate ideas related to the “Kurdish question.” In a 2011 speech in the city of Diyarbakir (the historical center of Turkey’s Kurds), he emphasized the connection between religious values and ethno-nationalist concepts. [20].

In our opinion, such a vision of the solution to the "Kurdish problem" - through the prism of the unity of the Kurdish and other peoples of the Middle East on the basis of Islamic unity - is too idealistic. It does not reflect the complex realities of the political and religious situation in the region. The fact is that each country has its own local religious tradition, conditioned by the peculiarities of the historical development of a particular country. In addition to this, for the mass consciousness of the majority of modern Kurdish society, the ethnic component clearly prevails

over the religious one. In addition, the level of religiosity of the Kurds today, especially among the young and middle generations, is quite low.

Nevertheless, we cannot fail to note the positive developments that took place in the Kurdish issue during the rise to power and subsequent rule of the AKP. This party itself won the elections in 2002 largely thanks to the conservative-religious voters of the rural areas of southeastern Turkey, a significant part of whom are ethnic Kurds.

As for Turkey's concrete steps towards the Kurdish issue, the AKP government launched a number of initiatives in this direction in 2009. After the launch of the Kurdish-language state television channel (TRT Şeş), Erdoğan announced that his government would take a number of measures to ensure equal rights for Turkish citizens of Kurdish origin. The most impressive moment of the AKP's "Kurdish opening" (Kürt açılım), later called the "democratic opening" (demokratik açılım), was the return of a group of 34 PKK fighters from northern Iraq to Turkey on 19 October 2009. Although this was greeted with jubilation by the Kurdish population of Turkey, the nationalist backlash from Turkish public opinion forced the AKP government to suspend the initiative. However, the said "discovery" was consistent with Davutoğlu's view that a peaceful settlement of the Kurdish issue was urgent for Turkey's strategic interests.

It should be noted that the first decade of the 21st century also saw positive changes in relations with neighboring countries, which were largely determined by the "Kurdish issue." The most striking changes occurred in Turkey's relations with Syria. While the two countries were on the brink of war at the end of 1998 over Syria's support for the Kurdistan Workers' Party (PKK), relations reached a high point in 2005. Political and economic cooperation between the two countries grew ever closer. The decision to mutually abolish visa requirements for tourists in September 2009 was a rare step in the region that had a very positive impact on public opinion in both countries. Turkey has repeatedly tried to mediate between Syria and Israel in order to reach a peace agreement and return the Golan Heights to Syria. Of course, we are not talking about the subsequent events associated with the aggravation of relations between the two countries after the "Arab Spring," which ended with Turkey's intervention in the Syrian civil war on the side of the anti-government forces.

Turkey's relations with Iraq have also improved significantly. While Ankara's policy toward Baghdad since the overthrow of Saddam Hussein in 2003 had focused on preventing the emergence of an independent Kurdish political entity and eliminating the presence of the Kurdistan Workers' Party (PKK) in northern Iraq, its policy, under the influence of the "Davutoğlu Doctrine," shifted from containment to engagement. Turkey recognized the legitimacy of the Kurdistan Regional Government (KRG) as a federal entity within Iraq and deepened economic and political cooperation with the federal government in Baghdad. Davutoğlu became the first senior Turkish official to visit northern (Kurdish) Iraq in October 2009. He met with Iraqi Kurdistan President Massoud Barzani (a former archenemy of Turkey) and Prime Minister Nechirvan Barzani. The meeting was timed to coincide with the opening of the Turkish consulate in the capital of Iraqi Kurdistan, Erbil. In his statements, Davutoğlu claimed that such a visit was long overdue. Noting that he found Erbil to be a very developed city, Davutoğlu added that "we will all contribute to the further development of Erbil, which will become a bridge between Ankara and Baghdad. Turkey is Iraq's gateway to the European Union, and Erbil is our gateway to Basra." [21].

Although the rapprochement described remained fragile due to ongoing subversive operations by the Kurdistan Workers' Party (PKK) and counter-attacks by the Turkish army in northern Iraq, it was a radical departure from the previous hostility and mistrust between Turkey and the Kurds. This turnaround confirmed Davutoğlu's view that good relations with the Iraqi Kurds and Iraq were crucial to Turkey's access to the Persian Gulf.[22]

Conclusion. An analysis of Ahmet Davutoğlu's political biography and the doctrinal foundations of his new foreign policy vision for Turkey in the 21st century poses for researchers not only a problem related to the role of personality and the leadership factor in political processes. The study leads us to broad generalizations that the thoughts of the ruling classes are dominant in

any era, and the paths of societies are just as naturally determined by the myths and doctrines of the ruling elites. Along with the function of exercising power, the development of ideologies is an area of political vocation for elites. This is especially important in times of crisis, when a particular society finds itself in a transitional state. Due to these circumstances, the political consciousness and political ideology of the ruling minorities play a key role in the fate of certain communities.

It is fair to say that Ahmet Davutoglu's "strategic depth" doctrine has become a landmark phenomenon in both Turkish politics (primarily foreign) and global geopolitical science. Its basic principles include: the formation of a foreign policy strategy based on the country's entire historical experience, independence and multi-vector foreign policy, and a clear priority of "soft power" in international relations. The events of the 2010s and 2020s in the Middle East and Europe, as well as internal changes in Turkey's politics and economy, have already "corrected" and may still correct many provisions of the "Davutoglu doctrine". More specifically, the Davutoglu doctrine has failed in relation to Syria, the South Caucasus, and Central Asia. It is also impossible not to notice that in recent years the Islamic factor in the world has been steadily degrading. This allows us to say that Muslim identity cannot have a unifying and consolidating potential in the Middle East under Turkish leadership. However, whatever new foreign policy concept is implemented in the future, it will be based to one degree or another on the fundamental principles of Ahmet Davutoglu's "strategic depth" doctrine, primarily the methodological ones. Since this doctrine became the first full-fledged and multifaceted foreign policy concept in the history of Turkey.

REFERENCES

1. Summers J. *The Politics of Truth. Selected Writings of C. Wright Mills. Selected and Introduced by John H. Summers.* Oxford; N. Y.: Oxford University Press; 2008.
2. Putnam R. Studying elite political culture: the case of "Ideology". *American Political Science Review.* 1971;(3):51-82.
3. Paige G. *The Scientific Study of Political Leadership.* New York: Free Press; 1977.
4. Deutch K. *Nerves of Government.* New York: Free Press; 1963.
5. Lasswell H. *Politics: Who Gets, What, When, how.* New York: Meridian Books; 1958.
6. Dahl R. *Who Governs?* New Haven: Yale University Press; 1961.
7. Walker JW. Learning strategic depth: implications of Turkey's new foreign policy doctrine. *Insight Turkey.* 2007;(9(3)):32-47.
8. Haugom L. Turkish foreign policy under Erdogan: a change in international orientation? *Comparative Strategy.* 2019;(38(3)):206-223.
9. Terekhov RS. Политические доктрины МИД турецкой Республики в 90-е гг. *Science Journal of VolSU. History. Area Studies. International Relations.* 2010;(2(18)):112-123.
10. Ataman M. Ozal leadership and restructuring of Turkish ethnic politics in the 1980s. *Middle Eastern Studies.* 2002;(34(4)):127-136. (In Russ).
11. A speech about Turkey's foreign policy/council of ministers. Available from: <http://www.dpt.gov.tr/belgeler/arsiv432#223%> [Accessed 20 December 2024]. (In Turkish).
12. Davutoglu A. Turkey's foreign policy vision: an assessment of 2007. *Insight Turkey.* 2007;(10(1)):77-96.
13. Davutoglu A. *Stratejik Derinlik/Turkiye'nin Uluslararası Konumu. The Strategic Depth: the Turkish International.* Istanbul: Kure Yayinlari; 2000.
14. Tretyak SS. Ahmet Davutoglu's concept of "strategic depth": theory and practice. *Proceedings of VI Vernadsky Crimean Federal University. Philosophy. Political science. Cultural studies.* 2022;(2):112-120. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-ahmeta-davutoglu-strategicheskaya-glubina-teoriya-i-praktika> [Accessed 20 December 2024]. (In Russ).
15. Davutoglu A. Turkey's zero problems. *Foreign Policy.* 2010. 20.05. Available from: <https://foreignpolicy.com/2010/05/20/turkeys-zero-problems-foreign-policy> [Accessed 20 December 2024].
16. Turkey: a new role in the modern world. Analytical report. Center for Situational Analysis of the Russian Academy of Sciences. Moscow: CSA RAS; 2012. 75 p. (In Russ).

17. Aras B. Davutoglu era in Turkish Foreign Policy. SETA policy brief. 2009, May. No 32. Available from: <https://file.setav.org/Files/Pdf/davutoglu-era-in-turkish-foreign-policy.pdf> [Accessed 20 December 2024].
18. Anderson L. The role of political parties in developing Kurdish nationalism. Ed. by M Ahmad, M Gunter. *The Evolution of Kurdish Nationalism*. Costa Mesa: Mazda Press; 2007. P. 123-148.
19. Yesiltas M. The Transformation of the Geopolitical Vision in Turkish Foreign Policy. *Turkish Studies*. 2013;(14(4)):661-687.
20. Stein AI. Introduction: the search for Strategic Depth—the AKP and the Middle East. *Whitehall Papers*. 2014;(83(1)):1-10.
21. Roy-Mukherjee S, Udeogu E. 2023, Re-evaluating Turkey’s global relationships and its shift toward the South-East Asian region// *Journal of Global Faultlines*. 2023;10(1(1)):88-101. <https://doi.org/10.13169/jglobfaul.10.1.0088>
22. Cerny H. *Iraqi Kurdistan, the PKK and International Relations. Theory and Ethnic Conflict*. London, New York: Routledge; 2018.
23. Grigorides IN. The Davutoglu Doctrine and Turkish Foreign Policy. *ELIAMEP Middle Eastern Studies Programm*. 2010. April. Available from: https://www.eliamep.gr/wp-content/uploads/2010/05/A3-8_2010_IoGrigoriadis1.pdf [Accessed 07.01.2025].

ЛІТЕРАТУРА

1. Summers J. *The Politics of truth. Selected writings of C. Wright Mills. Selected and Introduced by John H. Summers*. Oxford; N. Y.: Oxford University Press, 2008.
2. Putnam R. Studying elite political culture: the case of "ideology" // *American Political Science Review*. 1971. No 3. P. 51–82.
3. Paige G. *The Scientific study of political leadership*. New York: Free Press, 1977.
4. Deutch K. *Nerves of Government*. New York: Free Press, 1963.
5. Lasswell H. *Politics: who gets, what, when, how*. New York: Meridian Books, 1958.
6. Dahl R. *Who Governs?* New Haven: Yale University Press, 1961.
7. Walker J. W. Learning Strategic Depth: implications of Turkey's new foreign policy doctrine// *Insight Turkey*. 2007. No 9(3). P. 32–47.
8. Haugom L. Turkish foreign policy under Erdogan: a change in international orientation? // *Comparative Strategy*. 2019. No. 38(3). P. 206–223.
9. Терехов Р. С. Политические доктрины МИД Турецкой Республики в 1990-е годы // *Вестник ВолГУ. Серия 4. История. Регионоведение. Международные отношения*. 2010. № 2(18). С. 112–123.
10. Ataman M. Ozal Leadership and restructuring of Turkish ethnic politics in the 1980s // *Middle Eastern Studies*. 2002. No. 34(4). P. 127–136.
11. *Turkye'nin dis politikasi hakkinda bir konusma/bakanlar kurulu*. [Electronic resource]. URL: [http://www.dpt.gov.tr/belgeler/arsiv432#223%](http://www.dpt.gov.tr/belgeler/arsiv432#223%20) (accessed: 20.12.2024).
12. Davutoglu A. Turkey’s foreign policy vision: an assessment of 2007 // *Insight Turkey*. 2007. No. 10(1). P. 77–96.
13. Davutoglu A. *Stratejik Derinlik/Turkiye'nin Uluslararası Konumu. The Strategic Depth: The Turkish International*. Istanbul: Kure Yayinlari, 2000.
14. Третьяк С. С. Концепция Ахмета Давутоглу «стратегическая глубина»: теория и практика // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Философия. Политология. Культурология*. 2022. № 2. С. 112–120. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-ahmeta-davutoglu-strategicheskaya-glubina-teoriya-i-praktika> (дата обращения: 20.12.2024).
15. Davutoglu A. Turkey's zero problems // *Foreign Policy*. 2010. 20.05. [Electronic resource]. URL: <https://foreignpolicy.com/2010/05/20/turkeys-zero-problems-foreign-policy> (дата обращения: 20.12.2024).
16. Турция: новая роль в современном мире. Аналитический доклад. Центр ситуационного анализа Российской акад. наук. Москва: ЦСА РАН, 2012. 75 с.
17. Aras V. Davutoglu era in Turkish Foreign Policy // SETA policy brief. 2009. No. 32. <https://file.setav.org/Files/Pdf/davutoglu-era-in-turkish-foreign-policy.pdf>
18. Anderson L. *The Role of political parties in developing kurdish nationalism*. Ed. by M. Ahmad, M. Gunter. *The Evolution of Kurdish Nationalism*. Costa Mesa: Mazda Press, 2007. P. 123–148.

19. Yeşiltaş M. “The Transformation of the geopolitical vision in Turkish foreign policy // Turkish Studies. 2013. No. 14(4). P. 661–687.
20. Stein A. I. Introduction: The search for Strategic Depth—the AKP and the Middle East // Whitehall Papers. 2014. No. 83(1). P. 1–10.
21. Roy-Mukherjee S., Udeogu E. 2023, Re-evaluating Turkey’s global relationships and its shift toward the South-East Asian region // Journal of Global Faultlines. 2023. Vol. 10. No. 1(1). P. 88–101. <https://doi.org/10.13169/jglobfaul.10.1.0088>
22. Cerny H. Iraqi Kurdistan, the PKK and international relations. Theory and ethnic conflict. London, New York: Routledge, 2018.
23. Grigorides I. N. The Davutoglu doctrine and Turkish foreign policy // ELIAMEP Middle Eastern Studies Programm. 2010. April. https://www.eliamep.gr/wp-content/uploads/2010/05/A3-8_2010_IoGrigoriadis1.pdf

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Emin I. D. Mehmet – PhD, Associate Professor of the Department of Foreign Regional Studies of Moscow State Linguistic University, +79031309662, ikbal@mail.ru

Arbakhan K. Magomedov – Professor of the Department of Foreign Regional Studies and Foreign Policy, Russian State University for the Humanities, +79099797557, armagomedov@gmail.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted: 21.01.2025;

approved after reviewing: 14.04.2025;

accepted for publication: 20.04.2025.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Эмин Икбаль Дюрре Мехмет – кандидат исторических наук, доцент, доцент кафедры зарубежного регионоведения, Московский государственный лингвистический университет, +79031309662, ikbal@mail.ru

Арбахан Курбанович Магомедов – доктор политических наук, главный научный сотрудник и профессор кафедры зарубежного регионоведения и внешней политики, Российский государственный гуманитарный университет, armagomedov@gmail.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 21.01.2025;

одобрена после рецензирования 14.04.2025;

принята к публикации 20.04.2025.

Научная статья

УДК 323.2

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.16>

Информационный компонент гибридных войн

Денис Александрович Миргород^{1*}, Лидия Романовна Диденко²

^{1,2} Пятигорский государственный университет, г. Пятигорск, Россия

¹ mirgorod@pgu.ru

² didenkolidia@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку: Денис Александрович Миргород, mirgorod@pgu.ru

Аннотация. В настоящее время риски и угрозы безопасности государства становятся все более многосторонними и включают в себя множество аспектов. Традиционные войны с преимущественно милитаристским уклоном дополняются активным привлечением информационных, финансовых, экономических, идеологических и иных компонентов. В этой связи значительную актуальность в научной и экспертной среде приобрело понятие «гибридных войн», основанных на использовании всего доступного инструментария воздействия на противника. Одним из основных механизмов подобного воздействия на современном этапе являются информационные механизмы. Таким образом, информационное противоборство на текущий момент вышло на качественно новый уровень, особенно с учетом развития высоких технологий. Следовательно, исследование данного направления деятельности государств представляет значительный научно-исследовательский интерес и обладает существенной практической значимостью. Особенно заявленную тему настоящей работы актуализируют многочисленные конфликты в современном мире, осуществляемые с привлечением информационного компонента гибридных войн. В частности, наиболее острый характер подобное противодействие носит конфликт России и коллективного Запада. Последний расходует значительные средства на проведение информационных операций против Российской Федерации с целью ее дискредитации на международной арене, а также для дестабилизации внутривнутриполитической обстановки в стране. Реагируя на указанные вызовы, власти РФ в настоящее время привлекают значительное количество ресурсов для выработки и внедрения соответствующих контрмер, направленных на минимизацию и информационных угроз и продвижения собственной повестки. Важность информационной безопасности в рамках гибридных войн также подтвердилась с началом российской специальной военной операции на Украине. События последних нескольких лет наглядно демонстрируют существенную приоритетность развития национальной политики РФ в отношении информационной безопасности и гибридных войн. В статье рассматривается феномен гибридных войн, включающий политическую, экономическую и информационную компоненты. Особое внимание уделяется информационной войне, которая выходит на первый план и включает применение манипуляционных приемов и воздействие на сознание людей. В статье также рассмотрены различные подходы к интерпретации информационной войны. Подчеркивается уязвимость информационной сферы, как в мирное, так и в военное время. Кроме того, в исследовании обозначены разработки новых способов вывода из строя техники противника и овладение информацией, что подчеркивает актуальность исследований в данной области.

Ключевые слова: гибридная война, информационная война, мягкая сила, манипуляция, дестабилизация, политические войны, геополитические задачи, фальсификация общественного сознания, пропаганда, международные связи, дезинформация.

Для цитирования: Миргород Д. А., Диденко Л. Р. Информационный компонент гибридных войн // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 184-191. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.16>

Research article

The information component of hybrid wars

Denis A. Mirgorod^{1*}, Lidia R. Didenko²

^{1,2} Pyatigorsk State University, Pyatigorsk, Russia

¹ mirgorod@pgu.ru

² didenkolidia@mail.ru

* **Corresponding author:** Denis A. Mirgorod, mirgorod@pgu.ru

Abstract. *Currently, the risks and threats to state security are becoming increasingly multifaceted and include many aspects. Traditional wars with a predominantly militaristic bias are supplemented by the active involvement of information, financial, economic, ideological and other components. In this regard, the concept of "hybrid wars" based on the use of all available tools to influence the enemy has acquired significant relevance in the scientific and expert community. One of the main mechanisms of such influence at the present stage is information mechanisms. Thus, information confrontation has currently reached a qualitatively new level, especially given the development of high technologies. Consequently, the study of this area of state activity is of significant scientific research interest and has significant practical significance. The declared topic of this work is especially actualized by numerous conflicts in the modern world, carried out with the involvement of the information component of hybrid wars. In particular, the most acute such opposition is the conflict between Russia and the collective West. The latter spends significant funds on information operations against the Russian Federation in order to discredit it in the international arena, as well as to destabilize the domestic political situation in the country. In response to these challenges, the Russian authorities are currently attracting significant resources to develop and implement appropriate countermeasures aimed at minimizing both information threats and promoting their own agenda. The importance of information security in the context of hybrid wars was also confirmed with the start of the Russian special military operation in Ukraine. The events of the past few years clearly demonstrate the significant priority of developing the national policy of the Russian Federation regarding information security and hybrid wars. The article examines the phenomenon of hybrid wars, which includes political, economic and information components. Particular attention is paid to the information war, which comes to the fore and includes the use of manipulation techniques and influence on people's consciousness. The article also examines various approaches to interpreting the information war. The vulnerability of the information sphere is emphasized, both in peacetime and in wartime. In addition, the study outlines the development of new ways to disable enemy equipment and master information, which emphasizes the relevance of research in this area.*

Keywords: hybrid war, information war, soft power, manipulation, destabilization, political wars, geopolitical tasks, falsification of public consciousness, propaganda, international relations, disinformation

For citation: Mirgorod DA, Didenko LR. *The information component of hybrid wars. Modern Science and Innovations.* 2025;(1):184-191. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.16>

Введение. Термин «гибридная война» вошел в современный политический лексикон. В военно-политическом дискурсе данный термин понимается как современный способ ведения военных действий, сочетающий классические военные оперативные методы с партизанской войной, терроризмом, биологической и информационной войнами. Политики и ученые признают данный вид войн серьезным вызовом глобальной безопасности. Кроме того, гибридные войны зачастую могут определяться как попытка демонстрации сложности и многогранности тактик и способов ведения современных войн. Они включают в себя большое количество участников, уровней и направлений конфликтов, что в совокупности стирает традиционное понимание различий между типами войн.

Материалы и методы исследований. Использование парадигм из классической стратегической теории и сопоставление их с современными практиками в так называемой гибридной войне позволяет определить, являются ли эти методы действительно новыми и

где такие практики вписываются в более широкую область стратегических исследований. Поэтому в этой статье проводится исследование современного дискурса о гибридной войне в рамках классической стратегической теории [1]. Следовательно, это исследование направлено на создание более полного и обоснованного понимания весьма сложной проблемы, которая стала доминировать в военном дискурсе в течение предыдущего десятилетия. При этом утверждается, что, хотя гибридная война может быть бесполезной как доктринальная концепция, она может оказаться полезной в качестве аналитической основы для исследования природы войны в самом широком смысле, особенно в информационном контексте.

Результаты исследований и их обсуждение. В западной военной политике понятие гибридной военной угрозы длительное время считается уже официально утвержденным термином. Например, на саммите НАТО (сентябрь 2014 года) в итоговом документе прописана необходимость тщательной подготовки Североатлантического альянса к эффективной защите от вызовов, которые возникают в связи с угрозами гибридной войны [9]. Страны-участники Альянса изучают гибридные войны как широкий спектр боевых действий, различных операций с участием граждан и применением пропаганды, кибератак и пр. Отечественные же эксперты отмечают, что «гибридная война предполагает массовые манипулятивные психологические технологии, целенаправленное использование информации для воздействия на общественное сознание с учетом этнопсихологических, гендерных, возрастных и прочих особенностей населения». С помощью широкого распространения информационно-коммуникационных технологий, в частности Интернета, ареной военных действий гибридной войны теоретически может стать вся планета.

В настоящее время информационное противостояние и влияние с помощью «мягкой силы» фактически происходит вне рамок уже существующего международного права. Информационные потоки постоянно вливаются в население, медленно и ненавязчиво меняя его ценности. При этом в зоне риска находится и историческое представление общества, поскольку информационное воздействие изменяет образ мира в умах людей. Именно поэтому одной из главных целей гибридных войн является замена традиционных базовых ценностей общества морально-психологическими установками агрессора.

Однако в данном контексте следует также признать, что гибридная война не является изобретением XXI века. На протяжении всей истории человечества возможности, не связанные напрямую с применением военной силы, часто использовались для принуждения или ослабления противника. Подобные методы разрабатывались для того, чтобы отсрочить осознание факта нападения, парализовать процесс принятия решений и удержать государство-жертву от принятия решительных мер по самозащите. Целью таких «гибридных» действий является дестабилизация экономических сил, подрыв легитимности ключевых государственных институтов, разжигание социальной, расовой и религиозной розни, подрыв международного престижа и международных связей, а также систематическая дискредитация противника. Таким образом, желаемой целью агрессора и важнейшим этапом его конечной победы часто становится ослабление экономической мощи страны, в особенности ее финансовой системы. Для восстановления утраченных позиций захваченные страны тратили большое количество времени и ресурсов, поскольку предотвращение экономических разрушений – сложный процесс.

Согласно общепринятому в настоящее время определению феномена гибридных войн, данное явление включает в себя три основных элемента: политическую войну, экономическую войну и информационную войну [5]. Известно, что гибридная война возникла из вооруженного столкновения двух европейских держав. Их компоненты находились в тесной взаимосвязи и сосуществовали, действуя в зависимости от событий по всем направлениям. Становится очевидным тот факт, что гибридизация – это совокупность признаков различных объектов и явлений.

Из всех вышеперечисленных компонентов гибридной войны информационный выходит на первое место. Российские исследователи отмечают, что такой тип

противоборства закономерно сопровождается применением большого количества манипуляционных приемов, а также воздействием направляемой информации на сознание людей. При этом учитываются их психологические, половые, возрастные и прочие особенности. В силу отсутствия контроля Интернета конкретным государством, информационные войны не происходят в определенном регионе, а распространяются по всему миру. В целом, феномен гибридной войны стал естественным событием со времен холодной войны. Термины «гибрид» и «информационная война» стали более распространенными в связи с нынешней ситуацией в мире. Стратегия национальной безопасности отмечает, что в современных условиях «возрастающий конфликт в глобальном информационном пространстве все больше влияет на характер международной обстановки из-за стремления ряда стран применять информационно-коммуникационные технологии с целью решения геополитических задач. В списке данных целей – манипулирование и фальсификация общественного сознания.

В современной науке существует множество различных подходов к интерпретации информационной войны. Впервые термин «информационная война» употребил Томас Рона в 1976 году в своем аналитическом отчете под названием «Оружейные системы и информационная война» [6]. После данного события в мире укрепилось понимание того, что информацию можно использовать как оружие. При учете постоянного развития западной экономики на почве открытий в области информационных и коммуникационных технологий, можем сделать вывод о том, что данная сфера находится в зоне уязвимости и в мирное, и в военное время. Следует подчеркнуть неизбежность воздействия информационного оружия, состоящего из двух аспектов: влияние на уровень и качество информированности населения и на коммуникационные системы и средства противника. Первый аспект в совокупности состоит из традиционных методов пропаганды и контрпропаганды, которые в современных условиях совершенствуются и становятся более изощренными. Благодаря такому стремительному развитию подстрекательские средства достигли точки наивысшего влияния на умы населения. Второй аспект – специализируется на атаке технических средств и их программных систем. В многих странах мира существуют различные исследовательские и научные организации. Их основная деятельность – разработка новых компьютерных вирусов, зараженных программ и прочих средств, способствующих выводу из строя компьютеров и овладения информацией.

Российский политолог И.Н. Панарин, в свою очередь, дает следующее определение: «Информационная война – это комплексное воздействие на противоборствующую государственную систему и военно-политическое руководство военного режима, которое приведет к принятию решений уже в мирное время и в пользу инициатора воздействия на информацию. Конфликт полностью парализует работу инфраструктуры управления политика» [2].

В рамках изучения информационных войн и анализа обоснования можем определить следующие ее типы: кибервойны, сетевые войны и медиа войны. Говоря о кибервойне, следует отметить, что их главная цель заключается в выполнении поставленных задач. Субъектом в данном случае являются негосударственные структуры. Они осуществляют хищение конфиденциальной информации для дальнейшего ее использования. Основными методами борьбы в данном случае можем считать распространение вирусов и дезинформации, а также манипулирование общественным мнением и СМИ. Медиа войны ставят для себя главной задачей создание конкретной картины мира. Это необходимо для непосредственного воздействия на сознание граждан. В данном случае говорим о СМИ и новостных корпораций. Сетевые войны – смешанный тип медиа и кибервойны. Данный вид активно используется в рамках использования социальных сетей, поскольку это – наиболее удобный способ передачи информации. Сюда входит и воздействие на общественное

мнение, а также осуществление несанкционированного получения конфиденциальной информации.

В настоящее время информационный компонент гибридных войн может интерпретироваться как:

- информационные военные действия, способ получения односторонних преимуществ в сборе, обработке и использовании информации в противоборстве;
- маркировка противоборства в информационной среде и СМИ для достижения поставленных целей, и задач.

Специальная роль в политике ряда государств в современных реалиях отводится проведению информационных операций. Все это имеет прямую связь с нежеланием сторон развязывать крупномасштабные войны с санкциями на использование вооруженных ударов для предотвращения появления противоречий между государствами (ст. 2 Устава ООН) [3].

Глобализация информационного пространства – одна из причин ненасильственного конфликта государств. Появление и развитие новых технологий и источников привело к понижению стоимости средств, которые активно используются в ходе информационных войн. Например, разница между покупкой и использованием истребителей и танков и покупкой компьютерного оборудования для создания сети, которая будет ориентироваться на информационное воздействие, очевидна.

Возрастающая роль информации в современном мире увеличивает потенциал конфликтов данной сферы. Современное общество напрямую зависит от информационно-коммуникационных систем. Данный факт не рекомендуется игнорировать в процессе разработки технологий, которые оказывают влияние на отношение людей к острым ситуациям с помощью манипуляций. Информационные войны зачастую используются в войнах государств с помощью дезинформации и пропаганды, разведки и контрразведки.

Отсутствие постоянной армии указывает на то, что война в настоящее время приняла более гуманное состояние. При этом, относительно короткая история гибридных войн демонстрирует тот факт, что данный тип ведения атак исключает использование моральных норм и следование законам в данном случае становится необязательным. В сравнении с классической тактикой ведения войн, начало гибридной отследить практически невозможно, и официально они не объявляются. Для страны-агрессора здесь главное – достичь поставленной цели, а средства ее достижения могут сильно различаться. В попытках скрыть свою причастность к тем или иным конфликтам, противник может выступать в роли третьей силы. В таком случае сложится впечатление, что агрессор не заинтересован в столкновениях на территории оккупированной страны. Минимизация риска открытой враждебности приводит к использованию разнообразных элементов, которые не всегда являются вооруженными. Главными поражающими силами в данном контексте выступают протестные организации, подрывная оппозиция, экстремистские и преступные группировки. Как правило, они используются тайно и получают финансовую, информационную и прочую поддержку со стороны внешних правящих сил [10]. В этой связи целесообразно отметить способность третьей силы достигать поставленных военно-политических задач, при этом не раскрывая себя.

Целесообразно отметить, что в конце 1970-х годов, когда мир из информационного трансформировался в постинформационный, решение ряда различных задач пришлось на информационные войны. Стала очевидной прямая зависимость современного общества от информационно-коммуникационных систем. Данная закономерность выявлена благодаря политическому и военному руководству крупных стран мира и в обязательном порядке учитывалась в процессе разработки новых технологий, оказывающих влияние на общественное сознание.

Использование информации для различных целей – давно существующая черта, проходящая через всю историю человечества. Отчасти подобное оперирование информацией объясняется тем, что общество восприимчиво к идеям других из-за общей уязвимости населения к принудительному убеждению. Люди, как правило, привыкли

полагаться на мнение окружающих, чтобы понимать информацию из различных сфер. «Даже в высокоразвитых странах отдельный гражданин плохо подготовлен к тому, чтобы формулировать разнообразные суждения, а также предпринимать действия, которые основаны на опыте в отношении общественных проблем» [8]. Подобного набора знаний из первых рук может оказаться достаточно для того, чтобы позволить большинству самостоятельно выбирать свои правительства, решать важные вопросы в рамках государственной политики, а также разумно применять свои знания.

Длительное время серое вещество человеческого мозга являлось мишенью тех, кто стремился изменить общественное сознание посредством информации. С точки зрения того, как это концептуализировать, в научной литературе существует большое количество определений. Например, данный процесс могут описывать как «организованную попытку посредством коммуникации повлиять на веру или действие, или внушить отношение большой аудитории способами, обходящими или подавляющими адекватно информированное, рациональное, рефлексивное суждение индивида» [7]. Другое определение, которое касается политической пропаганды, гласит, что она «включает методы влияния, используемые правительством, партией, администрацией, группой давления с целью изменения поведения общественности». Данное определение сопряжено с социологической пропагандой. Ключевая особенность пропаганды заключается в том, что люди и идеи находятся в диалектической связи. Граждане – коллективно или индивидуально – являются объектами информации, но также они являются источником и хранилищем информации. Джейсон Стэнли (американский философ), описывает политическую пропаганду как «разновидность речи, которая фундаментально включает политические, экономические, эстетические или рациональные идеалы, мобилизованные для политической цели» [2]. В подобных ситуациях коммуникативный акт осуществляется для достижения поставленных целей и задач.

В своем исследовании Джейсон Стэнли также отмечает, что в пропаганде может использоваться не только ложная информация. «Правдивое утверждение, произнесенное с искренностью, может оказаться пропагандой», – отмечает Стэнли. В ряде случаев происходит так, что, чем ближе пропаганда к истине, тем более эффективной она, вероятно, будет. Например, в ходе избирательной кампании 2016 года в США некоторые из наиболее разрушительных пропагандистских действий связывались с утечками электронных писем руководства Демократической партии, которые оказались признаны правдивыми. Кроме того, Стэнли признает, что пропаганда может включать – и действительно часто включает – передачу эмоций. Эффективная пропаганда зачастую питается эмоциями людей и их нормативными суждениями о мире.

Заключение. Таким образом, в настоящее время информационные войны являются наиболее известным методом конфронтации среди государств. Международное сообщество сегодня применяет информацию с целью недопущения большого количества жертв, военных потерь и разрушений инфраструктуры. В данном случае информационные войны – это метод влияния и достижения целей государств. В рамках гибридных войн, комплекс инструментов для ведения информационных войн достаточно широк. Как отмечалось, сюда входят кибератаки, медиа войны, распространение дезинформации, сетевые войны и пр. Данные инструменты также носят деструктивный характер и оказывают серьезное влияние на государственный имидж и на тех, на кого направлены атаки, и являются новым видом оружия XXI века.

ЛИТЕРАТУРА

1. Giacomello G., Ruzza S. Regardless of Clausewitz? Classical strategic theory in a hybrid world // Non-State Challenges in a Re-Ordered World. 2015. No. 1. P. 191–208.

2. Sokolova S. N. Information warfare in the multipolar world // Bulletin of Polessky State University. Series in Social Sciences and Humanities. 2023. No. 2. P. 61–68.
3. Власенко И. В., Лидовская К. С. Перспективы развития информационной безопасности в условиях гибридной войны // Актуальные проблемы правового, экономического и социально-психологического знания: теория и практика: Материалы VII Международной научно-практической конференции. В 3-х томах, Донецк, 27 апреля 2023 года. Донецк: Цифровая типография, 2023. С. 263–268.
4. Власов М. С. Особенности информационного противостояния России и США в гибридной войне // Вопросы национальных и федеративных отношений. 2024. Т. 14. № 3 (108). С. 968–975.
5. Гафурова В. М. История развития компонентов «гибридных войн» // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: Тезисы докладов 82-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 22–26 апреля 2024 года. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2024. С. 5.
6. Евстафьев Д. Г., Манойло А. В. Информационные войны и психологические операции как базис гибридных войн нового поколения // История. 2021. Т. 12. № 6 (104).
7. Руднев Н. О. Некоторые методы и тактики информационной войны // Информационные технологии обеспечения комплексной безопасности в цифровом обществе: сборник материалов V Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Уфа, 20–21 мая 2022 года. Уфа: Башкирский государственный университет, 2022. С. 246–249.
8. Рябов Д. А. Информационная составляющая гибридной войны // Обозреватель. 2024. № 5 (406). С. 19–35.
9. Шагов А. Е. Феномен информационных войн и вопросы военной истории: к осмыслению проблемы // Современная научная мысль. 2022. № 3. С. 143–147.
10. Швец А. Д., Соколов С. С. Противодействие кибернетическим атакам как компоненту информационных операций во время «гибридных» войн // Информационные управляющие системы и технологии: Материалы IX Международной научно-практической конференции, Одесса, 24–26 сентября 2020 года. Одесса: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2020. С. 150–153.

REFERENCES

1. Giacomello G, Ruzza S. Regardless of Clausewitz? Classical strategic theory in a hybrid world. Non-State Challenges in a Re-Ordered World. 2015;(1):191-208.
2. Sokolova SN. Information warfare in the multipolar world. Bulletin of Polessky State University. Series in Social Sciences and Humanities. 2023;(2):61-68.
3. Vlasenko IV, Lidovskaya KS. Prospects for the development of information security in a hybrid war. In Actual problems of legal, economic and socio-psychological knowledge: theory and practice: Materials of the VII International Scientific and Practical Conference. In 3 volumes, Donetsk, April 27, 2023. Donetsk: Digital Printing House; 2023;263-268. (In Russ.).
4. Vlasov MS. Features of the information confrontation between Russia and the United States in a hybrid war. Issues of National and Federative relations. 2024;14(3(108)):968-975. (In Russ.).
5. Gafurova VM. The history of the development of components of "hybrid wars". In Actual problems of modern science, technology and Education: Abstracts of the 82nd International Scientific and Technical Conference, Magnitogorsk, April 22-26, 2024. Magnitogorsk: Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov; 2024. P. 5. (In Russ.).
6. Evstafiev DG, Manoilo AV. Information wars and psychological operations as the basis of hybrid wars of the new generation. Istoriya. 2021;12(6(104)). (In Russ.).
7. Rudnev NO. Some methods and tactics of information warfare. In Information technologies for ensuring integrated security in a digital society: a collection of materials of the V All-Russian Youth Scientific and Practical Conference, Ufa, May 20-21, 2022. Ufa: Bashkir State University; 2022;246-249. (In Russ.).
8. Ryabov DA. The information component of hybrid warfare. Observer. 2024;(5(406)):19-35. (In Russ.).
9. Shagov AE. The phenomenon of information wars and questions of military history: towards understanding the problem. Modern scientific thought. 2022;(3):143-147. (In Russ.).

10. Shvets AD, Sokolov SS. Countering cyber attacks as a component of information operations during "hybrid" wars. In Information control systems and technologies: Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference, Odessa, September 24-26, 2020. Odessa: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Admiral S.O. Makarov State University of the Sea and River Fleet; 2020;150-153. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Денис Александрович Миргород – кандидат политических наук, доцент, заведующий кафедрой восточных языков и культур, профессор кафедры международных отношений, политологии и мировой экономики, Пятигорский государственный университет, mirgorod@pgu.ru

Лидия Романовна Диденко – преподаватель кафедры журналистики, медиакоммуникаций и связей с общественностью ИМО, Пятигорский государственный университет, didenkolidia@mail.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 10.02.2025;
одобрена после рецензирования: 16.04.2025;
принята к публикации: 21.04.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Denis A. Mirgorod – PhD in Political Science, Associate Professor, Associate Professor, Head of the Department of Oriental Languages and Cultures, Professor of the Department of International Relations, Political Science and World Economy, Pyatigorsk State University, mirgorod@pgu.ru

Lidia R. Didenko – Lecturer at the Department of Journalism, Media Communications and Public Relations, Pyatigorsk State University, didenkolidia@mail.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted: 10.02.2025;
approved after reviewing: 16.04.2025;
accepted for publication: 21.04.2025.

Научная статья

УДК 322, 327

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.17>

Публичные формы позиционирования координационного центра мусульман Северного Кавказа в проблемных ситуациях общественных отношений

Ибрагим Джавпарович Ибрагимов

Пятигорский государственный университет, Пятигорск, Россия

ibragimid@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена деятельности Координационного центра мусульман Северного Кавказа (КЦМСК) как субъекта национальной российской модели гражданского общества в рамках социализации ислама. Выделяются значимые направления функционирования данной религиозной организации, которые имеют общественное содержание. Акцентируется такая форма деятельности КЦМСК как подготовка целевых обращений и заявлений. Эффективность этой формы обуславливается ее публичностью, адресностью, оперативностью, а также общественно-значимым смыслом. Проводится контент-анализ некоторых обращений и заявлений, что позволяет установить включенность их сюжетов, идей и лексических ресурсов в общественно-политические процессы современной России.

Ключевые слова: гражданское общество, религиозные объединения, социализация ислама, Координационный центр мусульман Северного Кавказа, публичная активность

Для цитирования: Ибрагимов И. Д. Публичные формы позиционирования координационного центра мусульман Северного Кавказа в проблемных ситуациях общественных отношений // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 192-203. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.17>

Research article

Public forms of positioning of the coordinating center of muslims of the North Caucasus in problematic situations of public relations

Ibragim D. Ibragimov

Pyatigorsk State University, Pyatigorsk, Russia

ibragimid@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the activities of the Coordinating Center of Muslims of the North Caucasus as a subject of Russian civil society in the framework of the socialization of Islam. The significant directions of the functioning of this religious organization, which have a public content, are highlighted. Such a form of activity as the preparation of appeals and statements is emphasized. The effectiveness of this form is determined by its publicity, targeting, efficiency, as well as socially significant meaning. A content analysis of some appeals and statements is carried out, which makes it possible to establish the inclusion of their plots, ideas and lexical resources in the socio-political processes of modern Russia.

Keywords: civil society, religious associations, socialization of Islam, Coordination Center of Muslims of the North Caucasus, public activity

© Ибрагимов И. Д., 2025

For citation: *Ibragimov ID. Public forms of positioning of the coordination center of Muslims of the North Caucasus in problematic situations of public relations. Modern Science and Innovations. 2025;(1):192-203. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.17>*

Введение. Постановка проблемы. Содержание национальной российской модели гражданского общества во многом определяется полиэтничностью и поликонфессиональностью России. Интенсивное образование религиозных объединений в постсоветский период является закономерным оформлением этноконфессиональных интересов граждан в системе государственно-религиозных отношений [1, с. 161-162]. Функционирование множества религиозных общественных организаций, которые объединяются на базе мировоззренческих и духовных столпов мировых и традиционных религий, обуславливает собственно-российское содержание гражданского общества в контексте конфессиональной политики РФ [2, с. 58–73].

Образование системы религиозных объединений, прежде всего, христианских и мусульманских составляет значимый сегмент в общем процессе гражданских инициатив наряду с инициативами в других сферах. На наш взгляд, прямое соотнесение гражданской активности в религиозной сфере с таковой же в других сферах возможно, но далеко не всегда эффективно. Очевидно, что деятельность религиозных организаций в отличие от молодежных, женских, ветеранских, экологических, правозащитных, профсоюзных, досуговых и всяких иных имеет выраженную специфику. Деятельность религиозных организаций и объединений в отличие от других субъектов гражданского общества имеет специфику за счет базовой программы – реализации этноконфессиональной идентичности, имеющей существенное значение в самоопределении индивидов и сообществ [3, с. 143-145].

Мы не оцениваем здесь достоверность религиозного смыслового, духовного обеспечения деятельности религиозных объединений, которое, имеет высокое значение. Тем не менее, ясно, что религия во многом определяет развитие общества и государства и непосредственно и опосредованно проникает в политический и управленческий процесс. С одной стороны, религия, освящает власть и носителя власти, как помазанника Бога. С другой стороны, религиозные институты не только способствуют воплощению власти, но и входят в противоречие с государством и его полпредами («противоречия синей мантии и красной мантии»).

Религиозные структуры выступают субъектами государственно-религиозных отношений, которые можно трактовать как отношения особого содержания. Считаем, что общественные религиозные объединения выступают ценностными площадками сочетания и сочленения гражданской, этнической и конфессиональной идентичностей [4, с. 83-84]. Здесь мы акцентируем: а) детерминированность деятельности религиозных организаций духовными принципами религии и богословскими трактатами; б) соотнесенность конкретных акций не только с духовными, но и с широкими социальными потребностями паствы; в) включенность деятельностной повестки религиозных организаций в повестку общегосударственной значимости не только внутреннего, но и внешнего содержания.

Закономерно, что религиозные объединения, организации и движения не могут быть отстранены от общественно-значимых проблем и от реализации государственной политики вообще [5, с. 369-370]. В данном случае имеются в виду такие направления внутренней политики РФ, как просвещение, воспитание, коммуникация, информация, а также и образование с учетом функционирования религиозных образовательных, культурно-просветительских организаций, а также издания религиозной литературы, как собственно богословской, так и популярной, периодической (газеты, бюллетени). Также отметим, что включение религиозных организаций в отношения с государством и с обществом

интенсифицируется при помощи электронного информационного банка – а именно сайтов религиозных организаций.

Отмеченные реалии отчетливо проявляются в деятельности религиозных исламских организаций РФ, прежде всего, централизованных муфтиятов. Они образованы в соответствии с демократичным принципом организации институтов религии, которые заложены в исламе [6, с. 10-29]. Ислам, как известно, не предполагает выстраивания жесткой бюрократической системы главенствования и подчинения организаций и предоставляет мусульманам свободу самоорганизации и выбора – избрания духовных пастырей на всех уровнях. Это, на наш взгляд, является весьма удачным обстоятельством. Оно позволяет умме определять нормативные основы самоорганизации и самим членам уммы избирать наиболее авторитетных, весомых и заслуженных руководителей – муфтиев, имамов, мухтасибов и др. [7, с. 23-51]. Также именно демократичность организационного устройства исламского мира позволяет мусульман и их религиозным объединениям действовать в качестве партнеров государства в рамках национальной российской модели гражданского общества.

Материалы и методы исследований. Исследования деятельности муфтиятов РФ показывают, что за ближайшие 20 лет Центральное духовное управление мусульман России (ЦДУМ РФ), Духовное управление мусульман России (ДУМ РФ), Всероссийское собрание мусульман, а также Координационный центр мусульман Северного Кавказа (КЦМСК) как главные централизованные организации, преодолев многие содержательные и организационные противоречия, являются субъектами социализации ислама.

Принципы социализации ислама предусматривают в числе иных максимальное приближение религиозных организаций к общественной жизни. Также предусматривается эффективное взаимодействие с органами власти и управления, сотрудничество с религиозными институтами других конфессий и с другими общественными некоммерческими и неправительственными организациями. Главной целью социализации ислама является выстраивание равноправного партнерства религиозных исламских организаций с другими субъектами гражданского общества и субъектами государственной власти, во-первых, для решения проблем уммы, а во-вторых, для участия в решении проблем российского общества [8]. Настоятельная потребность в позиционировании российских муфтиятов в общественно-значимых процессах очевидна сегодня, когда РФ стремится достигнуть новых рубежей в международных отношениях и представить миру проект. Его смысл состоит в достижении нового справедливого миропорядка на духовно-нравственной основе традиционных ценностей, которые релевантны всем мировым и традиционным религиям России.

Результаты исследований и их обсуждение. Значительное место в системе национальной российской модели гражданского общества занимает КЦМСК, образование которого стало важным условием реализации духовных и широких социальных интересов мусульман Северного Кавказа. В настоящее время в состав КЦМСК входят 10 муфтиятов, расположенных в субъектах РФ, прежде всего, Северо-Кавказского федерального округа (все республики и Ставропольский край), а также Южного федерального округа (совместный муфтият Краснодарского края и Республики Адыгея и муфтият Республики Калмыкия).

Муфтияты КЦМСК включены практически во все процессы общественной значимости во многих направлениях. Здесь мы выделяем сотрудничество с органами власти (аппарат полномочного представителя Президента РФ в СКФО, главы республик и губернатор Ставропольского края, губернатор Краснодарского края, профильные министерства и ведомства, организации образования, культуры, просвещения и др.). Важным направлением деятельности КЦМСК является миротворчество, профилактика экстремизма, терроризма, радикальных вероучений, практическая народная медиация в целях предотвращения межэтнических и межконфессиональных конфликтов. Больше внимание уделяется воспитанию молодежи уммы не только в духе нравственных столпов

ислама, но и в духе гражданской ответственности, а также патриотизма не только в отношении своего народа и своей веры, но и в отношении государства – многонациональной и многоконфессиональной России.

Такая деятельность имеет большой смысл, так как, несмотря на качественное улучшение ситуации, на Северном Кавказе сохраняются угрозы терроризма, экстремизма, проявления национализма и ксенофобии. По открытым данным ФСБ в 2024 г. в регионе были задержаны 200 человек за попытки участия и организации противозаконных, экстремистских действий, предотвращено около 20 терактов и разоблачены 5 подпольных экстремистских ячеек [9]. События по периметру РФ, а также и в дальнем зарубежье (Абхазия, Армения, Грузия, Израиль, Палестина, Сирия, Украина и др.) являются существенными внешними дестабилизирующими факторами. Они способны негативно воздействовать на настроения, прежде всего, северокавказской молодежи. Именно полиэтничность и поликонфессиональность Северного Кавказа представляются врагам России удачными обстоятельствами для раскачивания ситуации в целях снижения уровня национальной безопасности и качества суверенитета РФ.

Тем более важна позиция ДУМ регионов Северного Кавказа по поводу политико-значимых событий, политико-детерминированных информационных поводов, политико-обусловленных кейсов общественной жизни, в которую вплетены сюжеты религиозной жизни мусульман. Таковыми являются:

- латентные противоречия, манифестные конфликты и гибридные войны, в которых принимают участие мусульмане, как в РФ, так и в зарубежных странах;
- дискриминационные действия государств в отношении мусульманского населения, мусульманских общин и мусульманских мигрантских сообществ;
- неправомерные или несогласованные действия силовых структур в зданиях культового назначения, на сакральных территориях и во время отправления религиозных треб и обрядов;
- вандалские действия в отношении объектов и зданий религиозного назначения, священных книг и текстов, а также экстремистские высказывания в отношении пророка Мухаммеда, шейхов, алимов, муфтиев,
- антиконституционные ограничения мусульман в их правах совершения молитв, празднования религиозных праздников, соблюдения постов и употребления халяльной пищи, а также ношения внешней религиозной атрибутики;
- неправомерное соотнесение ислама как религии мира с терроризмом, экстремизмом и объяснение противоправных, криминальных проявлений этноконфессиональной принадлежностью субъектов таковых;
- провокационное искажение истории ислама в России и вклада российских мусульман в национально-государственное строительство, а также в международные отношения РФ с государствами исламского мира.

КЦМСК имеет выверенную позицию в отношении указанных процессов. Он выступает не только как коллективный северокавказский муфтият, но и как субъект гражданского общества. Подчеркнем, что в этом качестве КЦМСК использует в своей деятельности многие формы современной гражданской самоорганизации. Это: разработка и осуществление проектов социальной направленности; вхождение в состав общественно-консультативных советов и коллегий; членство в составе правительственных и общественных делегаций; сотрудничество с ресурсными центрами и фондами; образование центров социальной поддержки и консультирования; участие в конкурсах на государственный заказ, муниципальный грант и др.

Выделим такую эффективную форму деятельности КЦМСК, как *принятие обращений и заявлений* от имени муфтиев, муфтиятов, коллективных собраний, конференций, форумов мусульман. Обращения и заявления имеют большие ресурсы в консолидации уммы в силу

таких свойств, как: публичность, оперативность, широкий аудиторный охват и в то же время адресность, конкретность, предметность. Обращения и заявления: во-первых, максимально сокращают дистанцию между авторами и потребителями информации; во-вторых, имеют выраженный духовно-нравственный стержень; в-третьих, отзываются на насущные проблемы мусульман не только как приверженцев мировой религии, но и как граждан РФ и членов мирового сообщества.

Данными свойствами обладали обращения и заявления муфтия КЦМСК (до августа 2024 г.) Исмаил-хаджи Бердиева в связи с неординарными событиями не только в жизни уммы региона, но и в жизни уммы страны. Его *«Обращение к жителям Кавказа и России по поводу попытки военного мятежа»* (Обращение) является документом не только «внутреннего пользования» для мусульман Северного Кавказа и Кавказа, но и для всех граждан России, озабоченных выступлением Пригожина в июне 2023 г. Прежде всего, убедительным образом Обращение является образ России как великой стран, которая *«защищает честь и достоинство любого народа независимо от национальности, веры или социального положения»* [10]. Безоговорочно осуждаются враги России и предатели ее интересов, которые в трудные времена пытаются создать смуту и посеять страх в обществе. Привлекательным является образ Президента РФ В. Путина, сильной стороной которого называется *«доверие со стороны всего многонационального народа России»*. Данное доверие автор документа распространяет и на министра обороны С. Шойгу как на выполняющего приказы главнокомандующего. Явно имеющими правовое и политическое содержание в Обращении являются такие лексические единицы и их сочетания, как: «великая страна», «действующая власть», «наш лидер Владимир Путин», «доверие Владимиру Путину», «доверие министру обороны» и др. [10].

«Обращение Председателя исполкома КЦМСК Рахимова к жителям Северного Кавказа» также в связи с «мятежом Пригожина» повторяет многие сюжеты обращения И.-хаджи Бердиева. Здесь также действия Пригожина рассматриваются как предательские, которые *«бьют в спину всем гражданам страны»*. На фоне негативного образа предателей позитивными является образ России как страны, в которой обеспечиваются права граждан всех национальностей и всех вероисповеданий. Трактовка поступка Пригожина соотносится с оценкой, которую дали официальные структуры федеральной власти, прежде всего, Президент РФ. Опасность действий мятежников автор Обращения усматривает в их провокативности, в стремлении поднять народ страны на мятеж и бунт против власти. В Обращении используются многие лексемы правового и политического смысла: «граждане страны», «своя армия», «действующее правительство», «лидер Владимир Путин», «специальная военная операция», «Россия» [11].

«Обращение КЦМСК по ситуации в Палестине» (Обращение) подготовлено в связи с обострением палестино-израильских отношений, которые всегда находятся в центре внимания мусульман РФ. Данный документ обозначает причины застарелого геополитического конфликта, критикует позицию США и других западных стран, указывает на недопустимость дискриминации людей по этноконфессиональной принадлежности и в категоричной форме призывает прекратить кровопролитие. Обращение имеет аналитическое и вместе с тем декларативное содержание, увязанное с позицией России, с непосредственной ролью Президента РФ В. Путина как здравомыслящего и авторитетного политика. Документ изобилует лексемами и даже терминами политической и геополитической детерминации. В отношении Израиля, США и ряда западных стран они имеют негативную коннотацию: «деструктивные действия США», «преступная блокировка процесса урегулирования», «провокации деструктивных сил», «разжигание межконфессиональной розни на Северном Кавказе». В то же время позиция России, Президента РФ, а также российских мусульман декларируется в документе в позитивных смыслах и соответствующих политико-смысловых лексемах, а именно: «ближневосточное урегулирование», «принципиальная позиция России», «мирное

сосуществование всех людей в России», «поддержка всех традиционных религий государством», «защита прав и свобод верующих на всех уровнях» [12].

Традиционно особое место в Обращении отведено главе государства как олицетворению сильной и справедливой верховной власти, как государственному деятелю, который укрепляет межнациональное и межконфессиональное согласие. Обращение содержит прямую цитату – высказывание В. Путина об основе российской государственности, которая состоит в сохранении полиэтничности и поликонфессиональности. В документе присутствуют лексические конструкции выраженной эмоциональной окрашенности: «геноцид палестинцев», «прекращение кровопролития», «антисемитизму нет места», «ненависть и нетерпимость в отношении к другим народам и религиям» [12]. Обращение демонстрирует компетентность руководства КЦМСК в сфере современной международной конъюнктуры при отстаивании не только позиций палестинцев, но и позиции РФ в диалоге с оппонентами.

Особое просветительское, информационное значение имеют обращения, сделанные исламскими лидерами в связи с террористическими актами, в которых как организаторы и исполнители принимают участие мусульмане. Такие обращения имеют целевое назначение и работают на *разъединение в общественном мнении ислама и радикализма, мусульман и террористов*. Это крайне важно в условиях, когда во многих странах Европы, а также и в России за счет миграции увеличивается численность мусульман. Негативные стереотипы мусульманина-мигранта – опасного радикала – присутствуют и в СМИ, и в общественном дискурсе. Закономерно, что после терактов с «мусульманским следом» такие стереотипы интенсифицируются.

В этом отношении характерными свойствами обладает *«Обращение муфтия Республики Северная Осетия-Алания Хаджимурата Гацалова в связи с терактами в Дагестане»* в июне 2024 г. – поджоги православной церкви и синагоги, гибель прихожан, верующих. Председатель ДУМ РСО-А указывает на бесчеловечность действий преступников, которые совершены «против религии и против слова Божьего». Убедительность Обращения состоит в том, что муфтий подтверждает свои слова непосредственно словами имама аш-Шафии о том, что никому не разрешено убивать женщин и детей, а также служителей религии. Здесь присутствует особое указание на запрет нарушения святых заповедей Аллаха особенно «в священный для мусульман месяц зуль-хиджжа», когда любое нарушение становится еще более греховным. Муфтий РСО-А увязывает события в Дагестане с террористическими актами в Беслане (2004 г.), Крокус-СитиХолле (2024 г.), выявляя их системный характер и схожие свойства.

В документе отмечается уникальность многонационального и многоконфессионального дагестанского сообщества, которое веками сохраняло традиции взаимоуважения, договоренностей между многими народами. *«Дагестан исторически привлекал внимание профессиональных устроителей смут и противостояний своим религиозным статусом, многогранностью народа и многослойностью исторического наследия»* [13].

В то же время Обращение содержит тезисы, касающиеся социальной, политической, правовой ситуации в Дагестане. Х. Гацалов указывает на социально-экономические причины, которые провоцируют граждан на радикальные, экстремистские действия, на отдаление людей друг от друга, на социальное равнодушие – в целом, на системные проблемы региона. Муфтий ДУМ РСО-А отмечает необходимость ответственного и профессионального расследования, продуманных действий силовых структур «оберегающих мусульман» от общественного негатива. Также он подчёркивает ответственность исламских богословов, которые должны дать объективную оценку произошедшему, и призывает мусульман Северного Кавказа не поддаваться на провокации, исполнять свой гражданский и религиозный долг. Документ отличается адресным,

конкретным содержанием, четко сформулированными мыслями, а также содержат прямые призывы. *«Мы жестко осуждаем случившееся и заявляем о недопустимости противозаконных действий на основе псевдорелигиозных убеждений. Приносим искренние соболезнования родным и близким погибших и поддерживаем народ Дагестана в час тяжелых испытаний»* [13].

Лексикон документа весьма разнообразен и наполнен категориями не только религиозно-духовного, но и общественно-политического содержания.

К первой группе относятся такие лексические единицы, как: «истинный ислам», «многоконфессиональный народ», «религиозный статус», «хадж», «прощение и благоденствие», «шариат», «миролюбие ислама», «мусульмане», «религиозные традиции», «религиозная ипостась», «посланник Аллаха», «псевдорелигиозные убеждения» и др.

Ко второй группе относятся такие лексические единицы, как: «культура межнационального сотрудничества», «историческое наследие», «социальное расслоение», «общественная атмосфера», «правоохранители и специалисты», «действия властных структур», «исламский экстремизм» (как ложная категория), «терроризм, экстремизм», «либералы», «межнациональная вражда», «задача стратегическая, государственная», «идеологическая правомерность своих действий», «народное осуждение» и др.

Закономерный интерес представляют заявления и обращения, которые делаются централизованными муфтиятами РФ в связи с общественными и законотворческими реакциями на ношение религиозной атрибутики. Нужно отметить, что общественные, информационные, экспертные дискуссии на тему «внешней номинации» мусульман (по наличию бороды, головного убора, исполнения намаза и др.) периодически возникают в российском обществе, в частности, «хиджабный скандал» и «никабный скандал».

Первый этап противоречий по поводу ношения хиджабов с участием органов власти и местного самоуправления, дирекций вузов и школ, а также депутатов, прокурорских работников, правозащитников, общественных активистов и религиозных деятелей состоялся в начале 2000-х гг. Наиболее остро он проявился в субъектах с мусульманским населением, где оно не составляло большинство – Ставропольский край, Краснодарский край, Ростовская область, Республика Мордовия, Республика Чувашия и др.

Большой «хиджабный дискурс» отразил определенные противоречия российского законодательства в части реализации прав граждан на свободу совести и презентацию этноконфессиональной принадлежности и региональных законов, и нормативных актов местного самоуправления, а в большей степени – внутренних положений и уставов социальных организаций и учреждений (вузы, школы, детские дошкольные учреждения, поликлиники и другие медицинские организации, досуговые центры, общественные пространства и др.). За последние 15-20 лет в системе государственно-религиозных и общественно-религиозных отношений удалось достигнуть некоторых договоренностей относительно права и практической возможности для женщин-мусульманок носить хиджаб тогда и там, где им предписывает религия.

В последнее время возник новый проблемный кейс – «никабный дискурс». Его участником стали публичные политики, журналисты, общественные активисты, ученые-религиоведы и этнографы, а также и религиозные деятели [14]. КЦМСК не мог не принять участия в острых дискуссиях в связи с «проблемой хиджаба и никаба». Проблема из сферы индивидуальных интересов и жизненных приемов перешла в сферу публичных общественных дискуссий с апелляцией к политике, праву и управлению. Так, КЦМСК принял *«Заявление КЦМСК относительно хиджаба и никаба»*, в котором дал пояснение по поводу разделения этих понятий – их назначения и использования. Отмечалось, что в соотношении с нормами ислама открытое лицо и кисти рук не считаются «авратом» - т.е. запретным, во всяком случае, в исламской традиции народов Северного Кавказа. *«Мы, мусульмане Северного Кавказа, как и наши предшественники богословы, поддерживаем мнение большинства исламских ученых о необязательности «никаба»* [15]. При этом коллективный муфтият Северного Кавказа стремится в духе общественной демократии,

не категоризировать свои рекомендации, а придать им договорный вектор: «...мы должны исходить из принципа: не навреди и себе, и исламу, и всему обществу». Этот принцип наглядно иллюстрирует стремления религиозной организации как субъекта гражданского общества, который нацелен на поддержание согласия. Важно, что муфтии Северного Кавказа рассматривают проблему никаба в соотнесении с общей проблемой стабильности государственно-конфессиональных отношений, а также и национальной безопасности РФ, что особенно важно в современных условиях. В этой связи «...постановляем: считать в современных условиях в России ношение никаба, паранджи т.п. скрывающих лицо головных уборов наносящим практический вред мусульманам, угрожающим раздором в межрелигиозных и межнациональных отношениях» [15]. Закономерно, что в Заявлении в качестве исходного тезиса пропагандируется тезис о том, что на государственном уровне «...защищены тексты Священного Корана и хадисов пророка Мухаммада (да благословит его Аллах и приветствует), которые не могут быть признаны ни при каких обстоятельствах экстремистскими» [15]. Данный тезис является ключевым в социализации ислама и в социально-ориентированной деятельности религиозных исламских организаций как субъектов национальной российской модели гражданского общества.

В Заявлении так же, как и в аналогичных документах, присутствуют лексемы общественно-политического, правового содержания, в частности: «межрелигиозные и межнациональные отношения», «государственная религия», «Российская Федерация», «государственная религия», «государственный уровень» и др.

В развитие данного кейса выделим также «Заявление Координационного центра мусульман Северного Кавказа относительно проекта В.А. Даванкова». Данный документ является убедительным примером структурированной реакции КЦМСК как субъекта гражданского общества на проблемные точки законодательства. Руководители ДУМ Северного Кавказа реагируют на инициативу В.А. Даванкова о внесении изменений в действующее законодательство в части ограничений на ношение религиозной одежды или одежды с религиозной атрибутикой в общественных местах и образовательных организациях. Данная инициатива вызвала критику КЦМСК как неконституционная и провокационная. КЦМСК посчитал возможным обратить внимание Президента РФ В. Путина и председателя Государственной Думы ФС РФ В. Володина на антиисламский характер данной инициативы. По мнению коллективного муфтията, депутат «...пытается очернить и запретить как обязательный для мусульманок хиджаб, так и любую религиозную одежду». Запрет на ношение религиозной одежды муфтии в документе трактуется как дискриминацию мусульман. Обратим внимание, что муфтии акцентируют этноидентификационные интересы мусульманского населения и обращают внимание, что «...в большинстве регионов страны национальная одежда мусульман имеет религиозную атрибутику» [16]. Также муфтии обращаются к статьям Конституции РФ о свободе совести, о светскости государства (ст.14), к статье об «...идеалах и о вере в Бога...» (67.2).

Заявление имеет категоричный характер. Оно содержит прямое обращение к руководству России и прямое осуждение «...действий В.А. Даванкова, направленных на выхолащивание сути Федерального Закона «О свободе совести и о религиозных объединениях» [16]. Муфтии однозначно заявляют, что в общем плане нет и не может быть связи между террористическими проявлениями, социальными девиациями и ношением религиозной атрибутики мусульманками. Опорным тезисом Заявления является тезис о том, что «Мусульмане Северного Кавказа – это неотъемлемая часть российского народа, которые всегда делом доказывали и доказывают, в том числе и сегодня, активно участвуя в защите нашей страны — свою верность Родине. Только в единстве сила России» [16].

Рассматриваемое Заявление мы трактуем как документ, содержащий многие свойства деклараций, присущих институтам гражданского общества. В документе представлены

многие конструкции правового, политического, управленческого значения, обращения к законодательству РФ, а также прямые обращения к политическому руководству страны: «проект федерального закона», «локальный нормативный акт», «государство», «официальный символ нашей страны», «национальная безопасность», «специальная военная операция», «государственно-конфессиональные отношения», «законодательные акты Государственной Думы».

Заключение. Как показывает анализ самоорганизации мусульман РФ в религиозных объединениях, деятельность последних не сосредоточена только на духовном окормлении мусульман и служении исламу. Муфтияты РФ соотносят векторы своего функционирования в рамках социализации ислама со всеми направлениями развития российского общества и реализацией интересов РФ.

В современных условиях множества вызовов и рисков деятельность централизованных ДУМ РФ приобретает особый смысл в плане их ответственности за ситуацию в умме, за настроения мусульман. Понятно, что в РФ как в правовом, демократическом, светском государстве религия закономерно отделена от государства, школы и др. В то же время стоит актуализировать значимость позиций муфтиев централизованных региональных ДУМ в общественных и политико-значимых процессах. Они являются не только духовными лидерами, но и лидерами общественного мнения для миллионов российских граждан.

Свою позицию в общественно-политических процессах заявляет КЦМСК, реагируя на проблемные и конфликтные точки государственно-религиозных, общественно-религиозных отношений. Коллективный муфтият мусульман Северного Кавказа применяет формы и методы деятельности, характерные для общественных активистов, некоммерческих, неправительственных организаций – субъектов гражданского общества. К таким формам мы относим *публичные обращения и заявления КЦМСК* по различным поводам, кейсам и эксцессам жизни уммы и жизни российского общества и российского государства. Данная форма коллективного позиционирования муфтиев совмещает в себе ресурсы религиозных объединений и в то же время ресурсы институтов гражданской самоорганизации.

Контент-анализ документов КЦМСК позволяет оценить их как документы общественной значимости и выделить в них *лексические единицы общественно-политического содержания*. По смыслам, адресации и по эмоциональному заряду публичные обращения и заявления имеют выраженный памфлетный характер при эффективном сочетании возможности богословского и общественно-политического текстов.

Особая сила обращений и заявлений состоит в том, что в них религиозные духовно-нравственные мотивы и соответствующие лексемы сочетаются с мотивами, лексемами выраженного политического, нормативно-правового смысла, соответствующими современному политическому, политико-управленческому, нормативно-правовому, процессу РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Донцев С. П. Институциональный аспект сравнительного анализа государственно-конфессиональных отношений на постсоветском пространстве // Россия и политический порядок в меняющемся мире: ценности, институты, перспективы: Материалы IX Всероссийского конгресса политологов, Москва, 16-18 декабря 2021 г. / Под общ. ред. О.В. Гаман-Голутвиной, Л.В. Сморгунуова, Л.Н. Тимофеевой. Москва: Аспект Пресс, 2021. С. 161–162.
2. Мухаметшин Р. М. Становление конфессиональной политики в России: опыт Татарстана // Политическая экспертиза: Политэкс. 2010. Т. 6. № 2. С. 58–73.
3. Аствацатурова М. А., Ибрагимов И. Д. Концепт этноконфессиональной идентичности: сущностные свойства и проекции гражданской самоорганизации // Наука и образование:

- хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2022. № 9 (148). С. 141–145.
4. Болотина И. И. Проблема соотношения государственно-гражданской, региональной и этнической идентичности членов российского общества // Россия и политический порядок в меняющемся мире: ценности, институты, перспективы: Материалы IX Всероссийского конгресса политологов, Москва, 16-18 декабря 2021 г. / Под общ. ред. О.В. Гаман-Голутвиной, Л.В. Сморгунова, Л.Н. Тимофеевой. Москва: Аспект Пресс, 2021. С. 83–84.
 5. Мчедлова М. М. Диффузия религии и политики: участие или управление // Политика развития, государство и мировой порядок: Материалы VIII Всероссийского конгресса политологов, Москва, 6-8 декабря 2018 г. / Под общ. ред. О.В. Гаман-Голутвиной, Л.В. Сморгунова, Л.Н. Тимофеевой. Издательство «Аспект Пресс», 2018. С. 369–370.
 6. Малашенко А. Ислам в России каков он есть // Ислам для России». М. 2007. С. 10–29.
 7. Место и роль ислама в регионах Российской Федерации, Закавказья и Центральной Азии // Россия и мусульманский мир. 2024 . № 1 (331). С. 23–51.
 8. Данилова Г., Завражин К., Словохотов С. Путин: Сегодня важна новая социализация ислама // Российская газета. Общество. 22.10.2013 г.
 9. Кашурникова Е. Директор ФСБ заявил об усилении пропаганды террористами на Северном Кавказе. Бортников: террористы усилили пропаганду среди населения Северного Кавказа // LENTA.RU.8 октября 2024 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://lenta.ru/news/2024/10/08/direktor-fsb-zayavil-ob-usilenii-propagandy-terroristami-na-severnom-kavkaze/> (дата обращения: 02.11.2024).
 10. Обращение к жителям Кавказа и России по поводу попытки военного мятежа. 24.06.2023 г. // Координационный центр мусульман Северного Кавказа. Официальный сайт. [Электронный ресурс] URL: <https://kcmask.ru/bez-rubriki/obrashhenie-k-zhiteljam-kavkaza-i-rossii-po-povodu-popytki-voennogo-mjatezha/> (дата обращения: 27.11.2024).
 11. Председатель исполкома КЦМСК Рахимов обратился к жителям Северного Кавказа. Координационный центр мусульман Северного Кавказа. Официальный сайт. 24 июня 2023 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://kcmask.ru/novosti/predsedatel-ispolkoma-kcmask-rahimov-obratilsja-k-zhiteljam-severnogo-kavkaza/> (дата обращения: 02.12.2024).
 12. Обращение КЦМСК по ситуации в Палестине. Координационный центр мусульман Северного Кавказа. 28 октября 2023 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://kcmask.ru/novosti/obrashhenie-kcmask-po-situacii-v-palestine-2/> (дата обращения: 10.12.2024).
 13. Ковган И. Все женщины в никабах — террористки? В России запрещают одежду мусульманок // NEWS.RU. 2 июля 2024 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://news.ru/society/vse-zhenshiny-v-nikabah-terroristki-v-rossii-zapreshayut-odezhdu-musulmanok/> (дата обращения: 02.12.2024).
 14. «Преступление за гранью безумия» Обращение Хаджимурата Гацалова после терактов в Дагестане. Координационный центр мусульман Северного Кавказа. Официальный сайт. 24 июня 2024 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://kcmask.ru/novosti/prestuplenie-za-granju-bezumija-obrashhenie-hadzhimurata-gacalova-posle-teraktov-v-dagestane/> (дата обращения: 02.12.2024).
 15. Заявление КЦМСК относительно хиджаба и никаба. Координационный центр мусульман Северного Кавказа. Официальный сайт. 3 июля 2024 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://kcmask.ru/novosti/kcmask-otnositelno-hidzhaba-i-nikaba/> (дата обращения: 03.12.2024).
 16. Заявление Координационного центра мусульман Северного Кавказа относительно проекта В.А. Даванкова. Координационный центр мусульман Северного Кавказа. Официальный сайт. 8 июля 2024 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://kcmask.ru/novosti/zajavlenie-koordinacionnogo-centra-musulman-severnogo-kavkaza-otnositelno-proekt/> (дата обращения: 02.12.2024).

REFERENCES

1. Dontsev SP. Institutional aspect of comparative analysis of state-confessional relations in the post-Soviet space. In Russia and political order in a changing world: values, institutions, prospects: Proceedings of the IX All-Russian Congress of Political Scientists, Moscow, December 16-18, 2021. Ed. by OV Gaman-Golutvina, LV Smorgunov, LN Timofeeva. Moscow: Aspect Press; 2021. P. 161-162. (In Russ.).

2. Mukhametshin RM. Formation of confessional policy in Russia: the experience of Tatarstan. Political expertise: POLITEX. 2010;6(2):58-73. (In Russ.).
3. Astvatsaturova MA, Ibragimov ID. The concept of ethno-confessional identity: essential properties and projections of civic self-organization. Science and Education: economy and financial economy; entrepreneurship; law and management. 2022;(9(148)):141-145. (In Russ.).
4. Bolotina II. The Problem of the Relationship between State-Civil, Regional and Ethnic Identity of Members of Russian Society. In Russia and Political Order in a Changing World: Values, Institutions, Prospects: Proceedings of the IX All-Russian Congress of Political Scientists, Moscow, December 16-18, 2021. Ed. by OV Gaman-Golutvina, LV Smorgunov, LN Timofeeva. Moscow: Aspect Press; 2021. P. 83-84. (In Russ.).
5. Mchedlova MM. Diffusion of religion and politics: participation or control. Development policy, state and world order: Proceedings of the VIII All-Russian Congress of Political Scientists, Moscow, December 6-8, 2018. Ed. by OV Gaman-Golutvina, LV Smorgunov, LN Timofeeva. Publishing house "Aspect Press"; 2018. P. 369-370. (In Russ.).
6. Malashenko A. Islam in Russia as it is. Islam for Russia. Moscow; 2007. P. 10-29. (In Russ.).
7. The place and role of Islam in the regions of the Russian Federation, Transcaucasia and Central Asia. Rossiya i musul'manskii mir. Rossiya i musul'manskii mir = Russia and the Muslim World. 2024;(1(331)):23-51. (In Russ.).
8. Danilova G, Zavrazhin K, Slovokhotov S. Putin: today, a new socialization of Islam is important. Rossiyskaya Gazeta. Society. 10.22.2013. (In Russ.).
9. Kashurnikova E. FSB Director Announced increased propaganda by terrorists in the North Caucasus. Bortnikov: terrorists have increased propaganda among the population of the North Caucasus. LENTA.RU. October 8, 2024. Available from: <https://lenta.ru/news/2024/10/08/direktor-fsb-zayavil-ob-usilenii-propagandy-terroristami-na-severnom-kavkaze/> [Accessed 11 February 2024]. (In Russ.).
10. Appeal to the Residents of the Caucasus and Russia Regarding the Attempted Military Rebellion. 24.06.2023. Coordination Center of Muslims of the North Caucasus. Official website. Available from: <https://kcmsk.ru/bez-rubriki/obrashhenie-k-zhiteljam-kavkaza-i-rossii-po-povodu-popytki-voennogo-mjatezha/> [Accessed 27 November 2024]. (In Russ.).
11. Chairman of the Executive Committee of the KCMSK Rakhimov addressed the residents of the North Caucasus. Coordination Center of Muslims of the North Caucasus. Official website. June 24, 2023 Available from: <https://kcmsk.ru/novosti/predsedatel-ispolkoma-kcmsk-rahimov-obratilsja-k-zhiteljam-severnogo-kavkaza/> [Accessed 2 February 2024]. (In Russ.).
12. Appeal of the KCMSK on the situation in Palestine. Coordination Center of Muslims of the North Caucasus. October 28, 2023. Available from: <https://kcmsk.ru/novosti/obrashhenie-kcmsk-po-situacii-v-palestine-2/> [Accessed 10 February 2024]. (In Russ.).
13. Kovgan I. Are all women in niqabs terrorists? Russia bans Muslim women's clothing. NEWS.RU. July 2, 2024. [Electronic resource]. Available from: <https://news.ru/society/vse-zhenshiny-v-nikabah-terroristki-v-rossii-zapreshayut-odezhdu-musulmanok/> [Accessed 2 February 2024]. (In Russ.).
14. "Crime beyond insanity." Address by Khadzhimurat Gatsalov after the terrorist attacks in Dagestan. Coordination Center of Muslims of the North Caucasus. Official website. June 24, 2024. Available from: <https://kcmsk.ru/novosti/prestuplenie-za-granju-bezumija-obrashhenie-hadzhimurata-gacalova-posle-teraktov-v-dagestane/> [Accessed 2 February 2024]. (In Russ.).
15. Statement by the KCMSK regarding the hijab and niqab. Coordination Center of Muslims of the North Caucasus. Official website. July 3, 2024. Available from: <https://kcmsk.ru/novosti/kcmsk-otnositelno-hidzhaba-i-nikaba/> [Accessed 3 February 2024]. (In Russ.).
16. Statement of the Coordination Center of Muslims of the North Caucasus regarding the project of VA Davankov. Coordination Center of Muslims of the North Caucasus. Official website. July 8, 2024. Available from: <https://kcmsk.ru/novosti/zajavlenie-koordinacionnogo-centra-musulman-severnogo-kavkaza-otnositelno-proekt> [Accessed 2 February 2024]. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Ибрагим Джавпарович Ибрагимов – кандидат педагогических наук, доцент, проректор по формированию духовно-идеологических стратегических ориентиров и кадрового потенциала, государственно-конфессиональному и межкультурному взаимодействию, Пятигорский государственный университет, +79283066555, ibragimid@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 08.01.2025;
одобрена после рецензирования 24.02.2025;
принята к публикации 09.03.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ibragim J. Ibragimov – Cand. Sci. (Pedag.), Associate Professor, Vice-rector for the Formation of Spiritual and Ideological Strategic Guidelines and Human Resources, State-Confessional and Intercultural Interaction, Pyatigorsk State University, +79283066555, ibragimid@mail.ru

Conflict of interest: the author declares no conflicts of interests.

The article was submitted: 08.01.2025;
approved after reviewing: 24.02.2025;
accepted for publication: 09.03.2025.

Research article

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.18>

State of communication regimes in the area of the Greater Caspian Sea

Vyacheslav G. Golovin^{1*}, Ekaterina E. Golovina²

^{1,2} Astrakhan State University V.N. Tatishcheva, Astrakhan, Russia

¹ golovinvg@rambler.ru

² golovinaeeasp@gmail.com

* **Corresponding author:** Vyacheslav G. Golovin, golovinvg@rambler.ru

Abstract. *The Caspian region is considered in the area of the modern geopolitical project "Big Caspian" and the space forming it. Within the framework of this configuration, it is advisable to investigate the totality of factors and their causal relationships of development. This format is determined by two interrelated processes: the state of the geopolitical landscape, as well as the friendliness of communication regimes. The first defines the political and economic integration procedures that are associated with the deepening of mutually beneficial multilateral cooperation relations in the post-Soviet space. Of particular importance is the Russian initiative to form the Greater Eurasian Partnership as a new architecture of international security and civilizational Eurasian development. The second is determined by the multi-vector orientation of strengthening international cultural and humanitarian cooperation and the interface of communication regimes of neighboring states. The synchronization of these theoretical studies is gaining increased attention, the relevance of which is increasing within the framework of the updated Concept of the Foreign Policy of the Russian Federation. The research is based on methods of systemic interdisciplinary analysis, statistical and historical assessments, political-analytical and other dimensions.*

Keywords: the Great Caspian Sea, area, geopolitical space, monitoring, communications, communication regimes, cultural and humanitarian cooperation

For citation: Golovin VG, Golovina EE. *The state of communication regimes in the Greater Caspian region. Modern Science and Innovations. 2025;(1):204-212. (In Russ.).* <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.18>

Научная статья

УДК 32, 324

Состояние коммуникационных режимов на пространстве Большого Каспия

Вячеслав Григорьевич Головин^{1*}, Екатерина Евгеньевна Головина²

^{1,2} Астраханский государственный университет им. В.Н.Татищева, г. Астрахань, Россия

¹ golovinvg@rambler.ru

² golovinaeeasp@gmail.com

* **Автор, ответственный за переписку:** Вячеслав Григорьевич Головин, golovinvg@rambler.ru

Аннотация. Каспийский регион рассматривается в ареале современного геополитического проекта «Большой Каспий» и пространства его формирующего. В рамках данной конфигурации целесообразно исследовать совокупность факторов и их причинно-следственные связи развития. Данный формат определяется двумя взаимосвязанными процессами: состоянием геополитического ландшафта, а также дружественности коммуникационных режимов. Первый определяет политико-экономические интеграционные процедуры, которые связаны с углублением взаимовыгодных многосторонних отношений сотрудничества на постсоветском пространстве. Особую значимость приобретает российская инициатива формирования Большого Евразийского партнерства как новой архитектуры международной безопасности и цивилизационного евразийского развития. Второй определяется многовекторной направленностью укрепления международного культурно-гуманитарного сотрудничества и сопряжения коммуникационных режимов сопредельных государств. Синхронизация указанных теоретических исследований приобретает повышенное внимание, актуальность которых возрастает в рамках обновленной Концепции внешней политики Российской Федерации. В основу изысканий положены методы системного междисциплинарного анализа, статистических и исторических оценок, политико-аналитические и другие измерения.

Ключевые слова: Большой Каспий, ареал, геополитическое пространство, мониторинг, коммуникации, коммуникационные режимы, культурно-гуманитарное сотрудничество

Для цитирования: Головин В. Г., Головина Е. Е. Состояние коммуникационных режимов на пространстве Большого Каспия // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 204-212. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.18>

Introduction. The problems of research in the Caspian region have been sufficiently described in the scientific literature, but in modern geopolitical and communication conditions it acquires more voluminous and interconnected dimensions, actualizing the combined potential of influence of a significant number of factors.

In the process of development of globalization and internationalization, analytical studies of international relations that form a single global market space acquire theoretical and practical significance [4, p. 174].

The updated Foreign Policy Concept of the Russian Federation (dated 31.03.2023) is aimed at strengthening mutual understanding, developing and establishing “friendly relations between states, strengthening traditional spiritual and moral values as a unifying principle for all of humanity, as well as enhancing Russia’s role in the global humanitarian space” [16].

Of particular importance is the Russian initiative to form a Greater Eurasian Partnership as a new architecture of international security and civilizational Eurasian development, which allows for the unification of efforts of regional states and international organizations, as well as the consolidation of the communication potential of the countries and peoples of these entities.

Materials and research methods. The article provides an analytical geopolitical assessment of the current state and trends of interaction between the countries of the Greater Caspian Sea, which form the Eurasian space and the foundations of the new world economic order.

The interdisciplinary and rather multi-vector nature of political communications between neighboring states not only acts as problematic issues of interaction, but also requires the development of a new paradigm and research tools. They are based on a structural-functional approach, which made it possible to use methods of systemic institutional analysis and updated methods of methodological support.

Research results and their discussion. Within the framework of the set tasks and interdisciplinary approach, we study the set of factors and their cause-and-effect relationships of the modern development of the Eurasian area.

Geopolitical landscape of the Greater Caspian

According to the regional theory, the geopolitical peculiarity of this landscape is determined by the coverage of the configuration of countries of three rather complex and heterogeneous mesoregions: the Caspian region, Central Asia and Transcaucasia. Based on the multi-vector foreign policy of these states, as well as the influence of extra-regional actors, a significant number of international organizations operate in the Greater Caspian space: the Commonwealth of Independent States (CIS); the Eurasian Economic Union (EAEU); the Caspian region countries (CRC); the Collective Security Treaty Organization (CSTO); the Shanghai Cooperation Organization (SCO); the Organization of Turkic States (OTG); the Conference on Interaction and Confidence-Building Measures in Asia (CICA) (Table 1).

Table 1 – Composition of states and international organizations covering the Central Asian region

Countries	International organizations						
	CIS	EAEU	SPR	CSTO	SCO	OTG	CICA
Central Asian countries (CA)							
Kazakhstan	X	X	X	X	X	X	X
Kyrgyzstan	X	X	-	X	X	X	X
Tajikistan	X	-	-	X	X	-	X
Turkmenistan	X ¹	-	X	-	-	X ¹	X ¹
Uzbekistan	X	X ²	-	-	X	X	X
Caspian Region Countries (CRC)							
Azerbaijan	X	-	X	-	X ³	X	X
Iran	-	-	X	-	X	-	X
Russia	X	X	X	X	X	-	X
Countries of Transcaucasia							
Armenia	X	X	-	X	X ⁴	-	-
Georgia	-	-	-	-	-	-	-

Note.

¹ Turkmenistan: associate member of the CIS; observer in the Joint Territorial Group and CICA;

² Uzbekistan: observer in the EAEU;

³ Azerbaijan : SCO dialogue partners;

⁴ Armenia: Dialogue partner.

Source: compiled by authors

The countries of the Caspian region “are part of integration blocks, international organizations and projects whose tasks include interaction in the sphere of economy, transport and logistics” [7, p. 56]. At the same time, the dominant position is occupied by the Commonwealth of Independent States and the Shanghai Cooperation Organization, extending their area of influence to the states of the Caspian region and key areas of influence of geopolitical and energy systems [4, p. 175].

In this context, the Greater Caspian can be considered as an important “intracontinental transit crossroad” [3, p. 12], possessing huge reserves of natural hydrocarbon resources and transport and logistics potential. On the other hand, this space is characterized as a geopolitical arc of instability, within which a variety of integration forms of interaction are formed, from regional to global [13, p. 63]. A qualitatively new factor is the transboundary clustering of the Caspian region, based on the struggle for a fair distribution of international rights and resources, including scientific and technological progress and technology (artificial intelligence, scientific and educational communications) [10, p. 5].

It is obvious that Russia and Kazakhstan form the basic foundation of the Greater Caspian Space. As active members of the Shanghai Cooperation Organization and the Eurasian Economic Union, in conjunction with the Chinese initiative "One Belt - One Road", they participate in the formation of joint multimodal transport systems [4, p. 182], as well as the "North-South" transport corridor.

The ideology of modern cooperation should be aimed at achieving not competitive, but partnership advantages, ensuring the inclusion of each entity in mutually beneficial relations with other entities [8, p. 9]. To this end, Russia must diversify foreign economic relations, shifting the emphasis from the resource component to compliance with the priority of national interests in integration interaction, the development of effective mechanisms for maintaining economic and political stability within and along the perimeter of state borders [12, p. 59].

The landscape of friendliness of communication modes

The heterogeneity of the geopolitical landscape creates a diversity and multi-vector development of friendly and relatively friendly regimes, which are characterized by changes in foreign policy events and certain transformational sentiments.

The level of regional cooperation depends on the degree of interaction between different regimes and their ability to create integration associations that limit the interference of these institutions in the internal affairs of weaker regimes in order to ensure their own survival [2, p. 17]. Moreover, the stability of such associations can be maintained with a balanced combination of the global economic interests of participants at all levels of interaction: local, regional and global.

The modern concept of "communication" covers a broad scope of content. In the generally accepted perception, it represents "a connection, a relationship between phenomena that may belong to one or different systems," supporting the system or interaction between subsystems and creating a system at a higher, general level [1, p. 38].

The Russian National Research Institute for the Development of Communications (NIIRC) is a center for the development of methodology, research and forecasting of intercountry and intercultural communications. The concept of communication modes proposed by it has been tested in the countries of the post-Soviet space, and the results obtained were reflected in the third analytical report for 2023 [10].

According to the definition of the Research Institute of the Russian Federation, a communication regime is understood as a controlled, institutionalized, conventional system of norms, rules, principles, traditions, structures and actors that regulates information and communication processes [9, p. 166]. The presence of a significant number of subjects makes it possible to build a wide range of relations with various, including non-governmental and non-profit organizations [11, p. 13].

The integrated ratings of the friendliness of countries of communication regimes towards Russia, adapted by us in relation to the conditions of spatial development of the Greater Caspian, are presented in Table 2.

Table 2 – Dynamics of friendliness of communication modes to Russia Federations on space Big Caspian for 2021-2023 , %

Countries	Years			Deviation (+, -)		
	2021	2022	2023	Total	including	
				2023 - 2021	2022 - 2021	2023 - 2022
I. Friendly countries (modes)						
1. Belarus	70.6 (2)	88.4 (1)	87.6 (1)	17.0	17.8	-0.8
2. Kyrgyzstan	58.1 (4)	60.6 (2)	60.3 (2)	2,2	2.5	-0.3
3. Uzbekistan	48.1 (7)	59.3 (3)	55.2 (4)	7.1	11.2	-4.1
4. Kazakhstan	71.0 (1)	58.4 (4)	50.0 (6)	-21.0	-12.6	-8.4
5. Armenia	61.7 (3)	58.3 (5)	46.0 (8)	-15.7	-3.4	-12.3
6. Tajikistan	55.1 (6)	57.9 (6)	58.7 (3)	3.6	2.8	0.8
7. Azerbaijan	57.7 (5)	57.0 (7)	50.1 (5)	-7.6	-0.7	-6.9
8. Turkmenistan	14.5 (8)	47.1 (8)	47.1 (7)	32.6	32.6	-

Total, average arithmetic	54.6	60.9	56.9	2,3	6.3	-4.0
II . Relatively friendly countries (regimes)						
9. Georgia	4.4 (10)	24.2 (9)	12.0 (9)	7.6	19.8	-12.2

Note: Rating scale: friendly (+100); in brackets – place.

Belarus is included in the Greater Caspian Sea area as a country that is part of the Union State of Russia and Belarus.

Source: compiled and calculated by the author based on data from [10, 11]

The obtained dynamic series are quite heterogeneous and are represented by both a group of friendly and relatively friendly regimes. The indicators of changes in friendliness parameters for 2021-2023 indicate a transformation of sentiments in the post-Soviet space both during the period of Russia's military operations in Ukraine and in the context of the growing global crisis.

Despite unprecedented sanctions and political pressure from the collective West, the average indicator of communication modes with friendly countries increased by 6.3% in 2022. Turkmenistan, Belarus and Uzbekistan made a significant positive contribution. Kyrgyzstan and Tajikistan saw minor positive changes, while Kazakhstan (minus 12.6%) and Azerbaijan (minus 0.7%) reacted negatively to foreign policy processes. The latter is also associated with domestic political processes - the armed conflict in Nagorno-Karabakh and the attempted coup d'état in Kazakhstan .

The growing influence of global foreign policy actors, which is accompanied by increasing polarization of the modern world and civilizational rift, as well as the transformation of the international security system, continues to have a negative impact on the state of communication relations. According to the results of 2023, the indicators of friendliness in the Greater Caspian area have significantly worsened in all countries except Tajikistan and Turkmenistan, and their average value has decreased by 4.0% compared to 2022. The most noticeable decrease was made in Kazakhstan, Armenia and Georgia, which is explained by the "independent foreign multi-vector policy" of the leaders of these countries.

Of particular relevance are the groupings of profiles of friendliness of communication modes towards Russia (Table 3).

Table 3 – Friendliness profile for the main components of communication modes for 2022 - 2023 , in points

Year	Friendly countries								Max. score
	Belarus	Kyrgyzstan	Uzbekistan	Kazakhstan	Armenia	Tajikistan	Azerbaijan	Turkmenistan	
Foreign policy communications, including Russia's status as a partner									
2022	13.6	9.1	10.0	11.1	10.3	11.3	9.9	0,0	17.3
2023	13.6	7.5	8.6	7.0	2.6	8.8	5.0	8.8	14.5
Attitude towards Russia, Russians, ethnic Russians within the country									
2022	10.1	6.3	8.0	7.5	6.5	5.6	6.7	1.5	10.4
2023	13.3	7.9	6.4	4.8	6.2	6.4	6.3	6.3	15.0
Economic communications									
2022	7.2	7.5	6.6	7.5	7.9	4.5	6.1	1,2	8.8
2023	6.5	4.5	5.6	4.6	4.9	5.1	5.3	5.5	7.0
Educational communications									
2022	6.9	6.9	7.9	7.7	7.4	7.5	8.1	3.1	8.9
2023	9.6	7.1	5.6	7.0	6.8	7.4	7.1	5.0	10.6
Scientific communications									
2022	4.6	4.8	4.6	4.5	4.1	4.5	4.5	2.7	5.0
2023	6.2	4.8	4.0	4.8	4.0	4.6	4.2	4.5	6.8
Cultural communications									

2022	13.2	12.3	11.7	12.4	12.8	12.1	13.4	7.7	17.3
2023	11.8	8.3	7.6	4.8	6.5	8.5	6.8	6.8	13.3
Media communications									
2022	7.4	6.2	6.7	7.7	6.5	7.5	6.8	0,1	10.0
2023	6.8	5.0	4.5	3.4	2,2	4.7	3.3	3.0	7.1
NGO Communications									
2022	3.5	2.4	3.0	3.3	2.8	4.9	2,2	-1.7	7.0
2023	8.6	7.3	5.3	6.3	4.6	5.3	4.6	3.3	12.5
Freedom of movement									
2022	1.4	1.9	1.5	2.1	2.1	2,2	1.5	1,2	2.4
2023	2.4	1.8	0.8	1.4	2.0	2.7	1.5	1.8	2.7

Source: compiled and calculated by the author based on data from [10, 11]

An assessment of the state of the main elements of the communications profile shows that cultural, educational and economic relations occupy a special place in strengthening the friendliness of countries in the post-Soviet space. Due to the expansion of the main components of the survey in 2023 in the field of youth, religious and inter-religious communications, the structure of the maximum scores has undergone changes. It should be noted that there has been a noticeable increase in the specified parameters for the following groups of components: "Attitude towards Russia, Russians, ethnic Russians within the country", "Educational communications", "Scientific communications", "Communications of NPOs" and "Freedom of movement", the values of the indicators for which have increased significantly.

According to monitoring studies, a higher level of friendly relations is noted in relation to Russia, Russians and ethnic Russians within the country (Belarus, Kyrgyzstan, Tajikistan and Turkmenistan). Sustainable communications are observed in the sphere of science and education. According to prof. V. V. Komleva, the Russian Federation should be considered a political ally and partner, and the weight of economic communications through projects and plans for cooperation should increase significantly, strengthening the foreign policy vectors of post-Soviet states [10, pp. 46-47].

The tension in foreign policy relations with Armenia has boomeranged on the quality of communication links with Azerbaijan. The partnership links between Kazakhstan and Russia are experiencing a special period of cooperation and partnership. According to independent domestic and foreign experts, many countries are experiencing a process of politicization of history in a modern interpretation. The ongoing change of generations is accompanied by information dominance by the ruling political elite and the growth of a "new" worldview of the younger generation of citizens and elites [10, p. 48].

Accordingly, the development of geopolitical and economic potential is accompanied by numerous risks and threats. The main spatial and geographical factors include the significant length of the external borders of the EAEU and CIS countries, the influence of foreign policy actors [5, p. 174]. The latter are reflected in the dynamics of changes in the indicators: media communications, freedom of movement and foreign policy relations and connections.

Of particular interest are the data on "NPO communications", which have a steady upward trend. The diversity of NPOs operating in various areas testifies to the active development of the third sector of the economy – non-profit organizations. Their peculiarity lies both in their important socio-economic significance and in their profound political and geopolitical transformational changes. For example, the NPO "United States Agency for International Development" (USAID), the National Endowment for Democracy and its branches, the Soros Foundations, the Eurasia Foundation, etc., managed by "the bodies of the collective West", are the direct "directors of color revolutions" [14, p. 207].

Taking into account the average number of employees of one NPO of 30 people [15, p. 19], the total number of people involved in work in the post-Soviet space can be estimated at 4.8 million people. The specified scale of employment of the population (in primary or additional workload) is a significant factor in the socio-economic development of the population of the countries. On the other hand, it represents a real potential for the “education” of agents of foreign influence, which can manifest itself as an opposition force to the current government.

In achieving these goals, mass political communications, represented by media communications, have a significant impact, which in the modern information space have acquired new forms and instruments of interaction between political actors and their influence on the “agenda” with the active imposition of the “necessary” opinion, views on the behavior of the mass audience [6, p. 188].

The trends in the development of friendliness of communication regimes in the post-Soviet space have caused an objective need to develop fundamental international acts of the Russian Federation: the Concept of the Humanitarian Policy of the Russian Federation Abroad (Decree of the President of the Russian Federation of 09/05/2022 No. 611) and the Concept of the Foreign Policy of the Russian Federation (Decree of the President of the Russian Federation of 03/31/2023 No. 229). The main focus of the adopted documents is an updated system of views on the humanitarian and foreign policy of the country, aimed at enhancing geopolitical and cultural-humanitarian cooperation in the world.

Conclusion. The Greater Caspian area forms a new Eurasian geopolitical and cultural-humanitarian space based on the conjugation of the Chinese mega-project “One Belt - One Road” and the Russian initiative of the Greater Eurasian Partnership as a new architecture of international security and multipolar civilizational development.

The consolidating core of this process is formed by the Caspian states and the CIS countries, which, in cooperation with the Shanghai Cooperation Organization, extend their area of influence to neighboring states. As a result, the consolidated effects on the processes of strengthening multilateral international cooperation and developing modern communication relations increase.

The key positive factor stimulating the development of the Greater Caspian and Central Asian countries is the peaceful foreign policy of Russia and China, aimed at deepening economic cooperation in the new multipolar world. Ensuring internal unity, multi-level interaction and cooperation of the countries of the region will be achieved through joint efforts within the framework of the coordinated policies of the SCO and BRICS states.

The updated foreign policy doctrine of the Russian Federation is aimed at activating and reformatting the geopolitical and socio-economic strategic initiative to strengthen and further develop interstate relations in the post-Soviet space. A special place in this concept is given to improving the system of views on the processes of international cultural and humanitarian cooperation, including in the field of youth policy.

The state of the main elements of the political communications profile indicates the strengthening of international ties in the sphere of educational and scientific communications, communications in the field of NPO. According to individual parameters and countries, economic and cultural communications tend to decrease previously achieved cooperation ties.

Foreign policy actors continue to exert a noticeable influence on the quality of communication relations, under whose influence the process of politicization of history and the formation of new ruling national elites is taking place. Accordingly, the realities of the modern world determine the need for global transformational changes and priorities for the strategic development of the Russian Federation in both political and socio-economic and international cultural and humanitarian cooperation.

REFERENCES

1. Atanesyan AV. Actual problems of modern political and conflict communications. Yerevan: Publishing house of Yerevan state University; 2008. 154 p. (In Russ.).
2. Bolgova IV, Nikitina YuA. Eurasian Economic Union between Integration and Sovereignty. Contemporary Europe. 2019;(5):13-22. (In Russ.).
3. Vardomskii LB. Central Asian countries in the processes of international regionalization. Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences. 2022;(4):7-22. (In Russ.).
4. Golovina EE, Velikaya SA. Conjugation of the countries of the Eurasian Economic Union and the Caspian region. Modern Science and Innovations. 2022;(2):173-186. (In Russ.).
5. Golovina EE. Geopolitical and economic potential of the Eurasian Economic Union Space and countries of the Caspian Region. Modern Science and Innovations. 2022;(2):165-177. (In Russ.).
6. Yefimova OV, Tambieva ZS. Modern approaches to the study of mass political communication. Modern Science and Innovations. 2022;(3):184-191. (In Russ.).
7. The Caspian Region in the Processes of Regionalization of Eurasia: Collective Scientific Report. Ed. LB Vardomsky. Moscow: Institute of Economics, Russian Academy of Sciences; 2023. 74 p. (In Russ.).
8. Kleiner GB. The Resource-Based View and the System Organization of Economy. Russian management journal. 2011;9(3):3-28. (In Russ.).
9. Komleva VV. Landscape of Friendliness of Country Communication Regimes on Post-Soviet Space: 2022 Monitoring Results. Russia: Society, Politics, History. 2022;(5(5)):164-177. (In Russ.).
10. Communication modes of neighboring countries. Friendliness rating – 2023. Report on the results of annual monitoring. Ed. by VV Komleva. Moscow: National Research Institute for Communications Development, 2023. 57 p. (In Russ.).
11. Communication modes of neighboring countries. Friendliness rating – 2022. Report on the results of annual monitoring. Ed. by VV Komleva. Moscow: National Research Institute for Communications Development; 2023. 104 p. (In Russ.).
12. Kuchinskaya TN, Kolpakova TV. Chinese new regionalism in the global integration processes: issues of theory and practice (based on the example of the EEU). Russian and Chinese Studies. 2017;(1):50-62. (In Russ.).
13. Leonova OG. Global regionalization as a phenomenon of development of the global world. Age of globalization. 2013. № 1. S. 59–66. (In Russ.).
14. Naumov AO. The Role of non-governmental organizations in "Color Revolutions". Public administration. E-journal. 2018;(71):207-225. (In Russ.).
15. Bobrova O, Podberezkin A, Podberezkina O. Non-governmental development institutions – power tools of politics. Observer. 2021;(9(380)):5-33. (In Russ.).
16. Decree of the President of the Russian Federation of 31.03.2023 No. 229 "On approval of the Concept of Foreign Policy of the Russian Federation". Available from: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/70811>. [Accessed 16 January 2025]. (In Russ.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Атанесян А. В. Актуальные проблемы современных политических и конфликтных коммуникаций. Ереван: Изд-во Ереванского гос. ун-та, 2008. 154 с.
2. Болгова И. В., Никитина Ю. А. Евразийский экономический союз между интеграцией и суверенитетом // Современная Европа. 2019. № 5. С. 13–22.
3. Вардомский Л. Б. Страны Центральной Азии в процессах международной регионализации // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2022. № 4. С. 7–22.
4. Головина Е. Е., Великая С. А. Сопряжение стран Евразийского экономического союза и Прикаспийского региона // Современная наука и инновации. 2021. № 4 (36). С. 173–186.
5. Головина Е. Е. Геополитический и экономический потенциал пространства Евразийского экономического союза и стран Прикаспийского региона // Современная наука и инновации. 2022. № 2 (38). С. 165–177.
6. Ефимова О. В., Тамбиева З. С. Современные подходы к исследованию массовой политической коммуникации // Современная наука и инновации. 2022. № 3 (39). С. 183–191.

7. Каспийский регион в процессах регионализации Евразии: Коллективный научный доклад / Отв. ред. Л. Б. Вардомский. М.: Институт экономики РАН. 2023. 74 с.
8. Клейнер Г. Б. Ресурсная теория системной организации экономики // Российский журнал менеджмента. 2011. Т. 9. № 3. С. 3–28.
9. Комлева В. В. Ландшафт дружелюбности коммуникационных режимов на постсоветском пространстве: результаты мониторинга 2022 года. Россия: общество, политика, история. 2022. № 5 (5). С. 164–177.
10. Коммуникационные режимы постсоветских стран: рейтинг дружелюбности-2023. Научный доклад по результатам ежегодного мониторинга // Под научной редакцией В.В. Комлевой. – М.: Национальный исследовательский институт развития коммуникаций, 2024. 57 с.
11. Коммуникационные режимы соседних стран. Рейтинг дружелюбности – 2022. Доклад по результатам ежегодного мониторинга / Под науч. ред. В.В. Комлевой. М.: Национальный исследовательский институт развития коммуникаций, 2023. 104 с.
12. Кучинская Т. Н., Колпакова Т. В. Китайский новый регионализм в мировых интеграционных процессах: вопросы теории и практики (на примере ЕАЭС) // Российско-китайские исследования. 2017. № 1. С. 50–62.
13. Леонова О. Г. Глобальная регионализация как феномен развития глобального мира // Век глобализации. 2013. № 1. С. 59–66.
14. Наумов А. О. Роль неправительственных организаций в «цветных революциях» // Государственное управление. Электронный вестник. 2018. Вып. 71. С. 207–225.
15. Боброва О., Подберёзкин А., Подберёзкина О. Негосударственные институты развития – силовые средства политики // Обозреватель – Observer. 2021. № 9 (380). С. 5–33.
16. Указ Президента РФ от 31.03.2023 № 229 «Об утверждении Концепции внешней политики Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/70811>. (дата обращения: 16.01.2025).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vyacheslav G. Golovin – Cand. Sci. (Econ.), Dr. Sci. (Biol.), Associate Professor, Astrakhan State University V.N. Tatishcheva, golovinvg@rambler.ru

Ekaterina E. Golovina – Researcher, Astrakhan State University V.N. Tatishcheva, golovinaeeasp@gmail.com

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted: 13.02.2025;

approved after reviewing: 16.03.2025;

accepted for publication: 10.04.2025.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Вячеслав Григорьевич Головин – кандидат экономических наук, доктор биологических наук, доцент. Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, golovinvg@rambler.ru

Екатерина Евгеньевна Головина – исследователь, Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, golovinaeeasp@gmail.com

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 13.02.2025;

одобрена после рецензирования 16.03.2025;

принята к публикации 10.04.2025

Научная статья

УДК 327

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.19>

Стратегия и инструменты мягкой силы Республики Корея

Оксана Аскербиевна Дугужева

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия
duguzhevaoksana@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1589-1873>

Аннотация. С помощью политики мягкой силы государство может достичь целей путем распространения своих ценностей, культуры, использования ресурсов, которые делают страну привлекательной для граждан других стран. Мягкая сила базируется на таких ресурсах, как культурная и ценностная привлекательность, привлекательность экономической модели развития страны, привлекательность политической модели. Статья посвящена исследованию корейской волны Hallyu, истории ее возникновения, особенностей формирования мягкой силы Республики Корея, популяризации в международной среде. Автор применил методы институционального и структурно-функционального анализа. Рассмотрены инструменты и направления мягкой силы Республики Корея. Были рассмотрены история и продвижение корейских волн Hallyu, Hallyu 2.0, Hallyu 3.0, Hallyu 4.0. Значительными ресурсами мягкой силы республики Корея являются корейский кинематограф (дорамы и фильмы), музыкальная индустрия (главным образом корейская поп-музыка или к-поп), с помощью которых распространяется информация о стране, транслируются ее ценности, увеличивается количество туристов и т.д. Проанализированы стратегия, ресурсы, инструменты мягкой силы Республики Корея. Объясняется возникновение и успешное распространение феномена корейской волны Hallyu.

Ключевые слова: мягкая сила, Республика Корея, стратегия мягкой силы, инструменты мягкой силы, корейская волна Hallyu

Для цитирования: Дугужева О. А. Стратегия и инструменты мягкой силы Республики Корея // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 213-218. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.19>

Research article

The Republic of Korea's soft power strategy and instruments

Oksana A. Duguzheva

North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia
duguzhevaoksana@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1589-1873>

Abstract. With the help of soft power policy, the state can achieve its goals by spreading its values, culture, using resources that make the country attractive to citizens of other countries. Soft power is based on such resources as cultural and value attractiveness, attractiveness of the economic model of the country's development, attractiveness of the political model. The article is devoted to the study of the Korean wave Hallyu, the history of its origin, features of the formation of the soft power of the Republic of Korea, popularization in the international environment. The author applied the methods of institutional and structural-functional analysis. The tools and directions of the soft power of the Republic of Korea are considered. The history and promotion of the Korean waves Hallyu, Hallyu 2.0, Hallyu 3.0, Hallyu 4.0 were considered. Significant resources of the soft power of the Republic of Korea are Korean cinema (dramas and films), the music industry (mainly Korean pop music or K-pop), with the help of which

© Дугужева О. А., 2025

information about the country is disseminated, its values are broadcast, the number of tourists increases, etc. **Conclusion.** The strategy, resources, and soft power instruments of the Republic of Korea are analyzed. The emergence and successful spread of the phenomenon of the Korean wave Hallyu is explained.

Keywords: soft power, Republic of Korea, soft power strategy, soft power tools, Korean wave Hallyu

For citation: Duguzheva OA. Strategy and tools of soft power of the Republic of Korea. *Modern Science and Innovations*. 2025;(1):213-218. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.19>

Введение. Халлю – это феномен популярности корейской культуры, который вошел в моду в Юго-Восточной Азии в конце 1990-х годов. Особенно халлю популярен среди молодежи, очарованной корейской музыкой (K-pop), дорамами (K-drama), фильмами, модой, кухней и красотой в Китае, Тайване, Гонконге, Вьетнаме и т.д.

Корейская волна – это национальный бренд, связанный с распространением современной южнокорейской культуры по всему миру. Президент Ким Дэ Чжун в своей инаугурационной речи в 1998 году подчеркнул, что все усилия должны быть направлены на глобализацию корейской культуры в целом. Эта речь стала определяющим вектором, можно предположить, что феномен корейской волны – это реализация курса на «глобализацию корейской культуры».

Материалы и методы исследований. В работе были применены методы институционального и структурно-функционального анализа, с помощью которых были изучены институты и организации Республики Корея, отвечающие за разработку стратегии мягкой силы и её распространение за пределами государства. Рассмотрены инструменты и направления мягкой силы Республики Корея.

Результаты исследований и их обсуждение. В 1998 г. президент Южной Кореи Ким Дэ Чжун запустил «План развития поддержки индустрии Халлю» с целью повышения ценности культурной индустрии Южной Кореи. Министерство культуры, спорта и туризма установило партнерские отношения с фирмами по связям с общественностью и технологическими компаниями, чтобы выйти на зарубежные рынки для корейских драм, фильмов и музыки. Последующие администрации сохранили этот фокус, добавив такие инициативы, как налоговые субсидии и стимулы для стартапов [1].

Министерство культуры, спорта и туризма начало уделять особое внимание культурному экспорту как важному аспекту экономического развития в 1999 году. С появлением «Корейской волны» были предприняты попытки превратить южнокорейскую культуру в международный продукт. За последние несколько лет корейская волна распространилась за рубеж благодаря культурным группам в неазиатских странах.

Джозеф Най отмечает, что в 1960 г. Республика Корея имела примерно уровень экономического благосостояния, как Гана, одна из наиболее процветающих из новых независимых стран Африки. В 2010 г. Республика Корея стала 11-й по величине экономикой в мире. Она присоединилась к ОЭСР и является важным членом «Большой двадцатки». Она стала лидером по внедрению Интернета и информационных технологий. Традиции корейского искусства, ремесел и кухни распространились по всему миру. Корейская культура также пересекла границы, особенно среди молодежи в соседних азиатских странах, впечатляющий успех корейской диаспоры в США еще больше повысил привлекательность культуры и страны. В конце 1990-х годов произошел подъем «Халлю», или «корейской волны» – растущей популярности всего корейского, от моды и кино до музыки и кухни [2].

Корейская волна прошла несколько исторических этапов. Она началась с экспорта телесериалов и фильмов в конце 1990-х годов. В середине 2000-х популяризуется музыкальная индустрия, появилась концепция Hallyu 2.0 (корейской поп-музыки) [3]. Благодаря цифровым технологиям интерес к корейской музыке вырос во всем мире и уже распространился за пределы Восточной Азии. Затем происходит Hallyu 3.0 (K-культура), которая позже объединилась в Hallyu 4.0 или K-style [4].

Целью Hallyu 2.0 было объединить современную и традиционную корейскую культуру для достижения глобального продвижения этого вида культуры через музыкальную индустрию. Hallyu 2.0 появился на свет благодаря стремлению к корейской культуре, такой как корейский алфавит (хангыль), корейская кухня (хансик) и корейский традиционный костюм (ханбок). Значение Hallyu 2.0 заключалось в расширении халлю с современной культуры К-поп в традиционные культуры, такие как хангыль, хансик, ханок (дом в корейском стиле), и добиться их популяризации [5].

Целью Hallyu 3.0 было распространение корейской традиционной культуры по всему миру. Таким образом, с начала 2010 г. Hallyu больше не ограничивался киноиндустрией и музыкой, а начал включать в себя все жанры корейской культуры [6]. Hallyu 4.0 уже внедряется в K-style, который был признан самым популярным в корейской культуре за рубежом.

Развитие корейской культуры Hallyu напрямую связано с деятельностью правительства. Формально это началось с заседания кабинета министров в 2005 г., на котором правительство признало важность индустрии креативного контента и разработало план их поддержки на систематической основе для поддержки всех секторов [7]. Документ «Cultural Diplomacy Manual», опубликованный Министерством иностранных дел и торговли Южной Кореи, официально закрепил «мягкую силу». Согласно этому документу, использование мягкой силы направлено на: обеспечение мира и стабильности на Корейском полуострове, расширение глобального сотрудничества, укрепление потенциала экономического сотрудничества, усиление корейской роли и престижа в национальном сообществе, усиление работы департамента консульской службы, создание эффективной системы дипломатии, построенной на доверии.

Инструменты мягкой силы – культурная дипломатия (музыка, кино, традиционная культура и т.д.), научно-образовательная дипломатия (стипендии, обмены, исследовательские программы), туризм (безвизовые режимы, музыкальный туризм, гастрономический туризм и т.д.), инвестиционная привлекательность (льготы и поддержка от государства для комфортного развития бизнеса и вложения инвестиций).

Министерство иностранных дел Кореи (MOFAT) разрабатывает стратегию внешней политики, участвует в различных международных экономических сообществах, управляет международными договорами и соглашениями, защищает и поддерживает корейских граждан за рубежом, содействует культурному сотрудничеству и анализирует международные отношения [8]. Министерство культуры, спорта и туризма занимается культурными обменами, организацией и проведением международных спортивных мероприятий. Есть отделы культурной индустрии, отдел индустрии кино и видеоконтента, отдел индустрии игрового контента, отдел публикаций [9]. Корейский фонд (Korean Foundation) – гражданская консультативная группа в области общественной дипломатии. Он организует многочисленные международные форумы, поддерживает мозговые центры за рубежом, научно-исследовательские проекты, конференции и публикации международных организаций.

Корейское агентство по культуре и контенту при Министерстве культуры (Косса) предоставляет ссуды небольшим компаниям, производящим культурные продукты, такие как телешоу, фильмы, игры и мультсериалы. Среди целей 2030 г. – поддержка достижения 2 триллионов вон в экспорте и продажах, предоставление кредитов и инвестиций в размере 140 миллиардов вон, финансирование 60 миллиардов вон на коммерциализацию проектов НИОКР, создать 50 тысяч новых рабочих мест [10]. Президентский комитет по национальному брендингу [11] занимается продвижением глобального имиджа Кореи и формированием представлений о Корее, ее культуре, поддерживает корейские предприятия и граждан за рубежом. Он является координационным центром, который объединяет и контролирует услуги, предоставляемые правительством. Форум публичной дипломатии

Кореи (KPDF) организует круглые столы и семинары, проводит опросы, запускает исследовательские проекты, вырабатывает рекомендации, направленные на повышение эффективности публичной дипломатии.

Корейское агентство по международному сотрудничеству (KOICA) работает над повышением эффективности программ ODA (официальной помощи в целях развития) по предоставлению помощи развивающимся странам (безвозмездная помощь и технологическое сотрудничество) [12]. Государственный портал Korea.net запустил раздел «Корейский культурный центр 24 часа», где представлена информация о мероприятиях, проводимых в Корейских культурных центрах (ККЦ) по всему миру. ККЦ занимаются продвижением корейской культуры. Корейская культурно-информационная служба (KOCIS) при Министерстве культуры, спорта и туризма управляет 33 ККЦ в 28 странах мира [13].

Республика Корея занимается глобальным продвижением значимых национальных ресурсов «мягкой силы»: успешный опыт быстрой модернизации и демократизации страны и оказание консультационных услуг специалистам других стран в популяризации данного опыта; опыт распространения южнокорейских коммерческих и культурных брендов.

В странах, в которых стратегия Hallyu разворачивается вполне успешно, получают большую популярность корейский стиль жизни, корейский тип потребления и сервиса, становятся востребованными корейские бренды и знаменитости. Республика Корея намерена составить конкуренцию Японии в продвижении на мировые рынки таких культурно-технологических ресурсов soft power, как мультипликация и компьютерные игры [14].

Корейское правительство пытается поддержать сферу культуры путем субсидирования производства некоторых корейских драм, фильмов, документального кино. Один из крупных проектов правительства – распространение корейского языка. Министерство культуры, спорта и туризма планирует объединить все институты корейского языка по всему миру под одним названием – «The King Sejong Institute» (назван в честь знаменитого царя, придумавшего корейский алфавит — хангыль).

Мероприятия, связанные с продвижением корейского искусства (например, художественные выставки), курирует Министерство иностранных дел и торговли. Кроме того, Южная Корея принимает участие в межправительственных комитетах ЮНЕСКО. Например, в 2008 г Корея стала членом межправительственного комитета нематериального культурного наследия.

Реализуются следующие инициативы: стипендия «Глобальная Корея», созданная для обучения иностранных студентов в Корее; проект «Наслаждайтесь Тхэквондо»; программа «Campus Asia», задача которой — отбор и обучение талантливой молодежи из стран Азии, а также кампания по поощрению гостеприимного и доброжелательного отношения корейцев к иностранцам (организация культурных центров, в которых корейцы могли бы узнать о других культурах, запуск программ обмена для стимулирования открытости у жителей Южной Кореи)

В Японии, Китае и на Тайване наблюдается значительная «антикорейская волна» движений и лозунгов, что свидетельствует как об успехе корейской волны, так и о неприятии невзаимных межкультурных обменов [15]. Государственное управление радио, кино и телевидения Китая заявило в 2005 г., что «Китай был слишком щедр в отношении импорта корейских телевизионных драм, и призвало к более строгому процессу показа». В нем также говорилось, что Китай должен ограничить эфирное время корейских сериалов до 50%. Вскоре после этого Китайское Центральное телевидение заявило, что постепенно сократит количество времени, отводимого корейским сериалам и может начать показывать больше гонконгских и тайваньских сериалов [16].

Заключение. Корейское правительство разрабатывала стратегии для продвижения мягкой силы. В 1998 г. корейская администрация определила курс на глобализацию корейской культуры и начала финансировать эту область. Республика Корея также

использует научно-образовательную дипломатию, туризм, предоставляет льготы для предпринимателей и инвесторов. Успех корейской волны объясняется развитием информационно-коммуникационных технологий, продвижением через СМИ и поддержкой от государства.

ЛИТЕРАТУРА

1. McCranie L. South Korea's Soft Power Playbook. [Electronic resource]. URL: <https://www.yppfp.org/south-koreas-soft-power-playbook/> (accessed: 10.02.2025).
2. Nye J. S. South Korea's Growing Soft Power. [Electronic resource]. URL: <https://www.project-syndicate.org/commentary/south-korea-s-growing-soft-power-2009-11> (accessed: 10.02.2025).
3. Doobo S. Hybridity and the rise of Korean popular culture in Asia // Media, culture and society. 2006. Vol. 28. No. 1. P. 25–44.
4. Kuwahara Y. The Korean wave: Korean popular culture in global context. Palgrave Macmillan, 2014. 252 p.
5. Kim B. Past, Present and Future of Hallyu (Korean Wave) // American International Journal of Contemporary Research. 2015. Vol. 5. No. 5. P. 154–160.
6. The Korean wave: a new pop culture phenomenon. Seoul, 2011. 104 p.
7. Lee K. Assessing and situating 'the Korean wave' (Hallyu) through a cultural studies lens // Asian communication research. 2005. Vol. 2. No. 2. P. 5–22.
8. History. [Electronic resource]. URL: https://www.mofa.go.kr/eng/wpge/m_5744/contents.do (accessed: 10.02.2025).
9. Organizational Chart. [Electronic resource]. URL: <http://www.mcst.go.kr/english/about/orgChart.jsp> (accessed: 10.08.2024).
10. Mission & Vision. [Electronic resource]. URL: <https://www.kocca.kr/en/main.do> (accessed: 26.02.2025).
11. Function. [Electronic resource]. URL: <http://17koreabrand.pa.go.kr/gokr/en/cms/selectKbrdCmsPageTbl.do?cd=0119&m1=1&m2=4> (accessed: 26.02.2025).
12. Gunjoo J., Won K. P. Korean wave as tool for Korea's new cultural diplomacy // Advances in Applied Sociology. 2012. Vol. 2. No. 3. P. 196 – 202. [Electronic resource]. URL: https://www.scirp.org/pdf/aasoci20120300004_59668127.pdf (accessed: 26.02.2025).
13. Миссия и цели [Электронный ресурс]. URL: <https://russia.korean-culture.org/ru/6/contents/344> (дата обращения: 26.02.2025).
14. Русакова О. Ф. Soft power как стратегический ресурс и инструмент формирования государственного бренда: опыт стран Азии // Известия Уральского федерального университета. Сер. 3. Общественные науки. 2013. № 3 (118). С. 52–61.
15. Lee G. A soft power approach to the "Korean wave". The Review of Korean Studies. 2009. No. 12. P. 123–137.
16. Cai J. The first taste of Korean wave in China. [Electronic resource]. URL: https://www.members.tripod.com/~journeyeast/korean_wave_in_china.html (accessed: 26.02.2025).

REFERENCES

1. McCranie L. South Korea's Soft Power Playbook. Available from: <https://www.yppfp.org/south-koreas-soft-power-playbook/> [Accessed 10 February 2025].
2. Nye JS. South Korea's Growing Soft Power. Available from: <https://www.project-syndicate.org/commentary/south-korea-s-growing-soft-power-2009-11> [Accessed 10 February 2025].
3. Doobo S. Hybridity and the rise of Korean popular culture in Asia. Media, culture and society. 2006;28(1):25-44.
4. Kuwahara Y. The Korean wave: Korean popular culture in global context. Palgrave Macmillan; 2014. 252 p.
5. Kim B. Past, Present and Future of Hallyu (Korean Wave). American International Journal of Contemporary Research. 2015;5(5):154-160.
6. The Korean wave: a new pop culture phenomenon. Seoul; 2011. 104 p.
7. Lee K. Assessing and situating 'the Korean wave' (Hallyu) through a cultural studies lens. Asian communication research. 2005;2(2):5-22.

8. History. Available from: https://www.mofa.go.kr/eng/wpge/m_5744/contents.do [Accessed 10 February 2025].
9. Organizational Chart. Available from: <http://www.mcst.go.kr/english/about/orgChart.jsp> [Accessed 26 February 2025].
10. Mission & Vision. Available from: <https://www.kocca.kr/en/main.do> [Accessed 26 February 2025].
11. Function. Available from: <http://17koreabrand.pa.go.kr/gokr/en/cms/selectKbrdCmsPageTbl.do?cd=0119&m1=1&m2=4> [Accessed 26 February 2025].
12. Gunjoo J, Won KP. Korean wave as tool for Korea's new cultural diplomacy. *Advances in Applied Sociology*. 2012;2(3):196-202. Available from: https://www.scirp.org/pdf/aasoci20120300004_59668127.pdf [Accessed 26 February 2025].
13. Organizational Chart. Available from: <https://russia.korean-culture.org/ru/6/contents/344> [Accessed 26 February 2025]. (In Russ.).
14. Rusakova OF. Soft power as a strategic resource and tool for forming a state brand: the experience of Asian countries. *Izvestia Ural Federal University Journal. Series 3. Social and Political Sciences*. 2013;3(118):52-61. (In Russ.).
15. Lee G. A soft power approach to the "Korean wave". *The Review of Korean Studies*. 2009;(12):123-137.
16. Cai J. The first taste of Korean wave in China. Available from: https://www.members.tripod.com/~journeyeast/korean_wave_in_china.html [Accessed 26 February 2025].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Оксана Аскербиевна Дугужева – магистр, специалист отдела публикационной аналитики Северо-Кавказского федерального университета, duguzhevaoksana@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 06.03.2025;
одобрена после рецензирования: 21.04.2025;
принята к публикации: 27.04.2025.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Oksana A. Duguzheva – Master, Specialist of the Publication Analytics Department, North-Caucasus Federal University, duguzhevaoksana@mail.ru

Conflict of interest: the author declares no conflicts of interests.

The article was submitted: 06.03.2025;
approved after reviewing: 21.04.2025;
accepted for publication: 27.04.2025.

Research article

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.20>



Locus branding as an element of territorial marketing of Caucasian Mineral Waters Resort towns

Andrey V. Baturov^{1*}, Valentina F. Kshishnevskaya²

^{1,2} North-Caucasus Federal University, Pyatigorsk Institute (branch), Pyatigorsk, Russia

¹ andreybaturow@yandex.ru

² Buh-pf@pfil.ncstu.ru

* **Corresponding author:** Andrey V. Baturov, andreybaturow@yandex.ru

Abstract. *The city as a part of the socio-cultural space has its own uniqueness, which is expressed in the formation of its image. "Locus branding" (branding of the territory) is detailed by such concepts as "identity of the city", "identity of the territory", "cultural city code", "tourist city code". The mechanisms of branding the territory on the basis of "Locus branding" are considered. The factors that have a positive and negative impact on the formation of the tourist code of the resort city are identified. As a basis for the study of the locus branding of the resort city, it is proposed to consider the following factors affecting the coding of urban reality: natural, climatic; artistic works, historical events related to the city, architectural characteristics, symbolic connection with famous personalities. The mechanisms of forming a positive image of the city based on the emotional component are considered. Based on the conducted research, it is concluded that it is necessary to differentiate territorial marketing strategies for the formation and dissemination of a positive image of the resort city.*

Keywords: territorial marketing, territory branding, locus branding, city image, city brand, cultural city code, tourist city code, city identity

For citation: Baturov AV, Kshishnevskaya VF. Locus branding as an element of territorial marketing of resort towns of Caucasian Mineral Waters. *Modern Science and Innovations*. 2025;(1):210-221. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.20>

Дискуссионная статья
УДК 30(470).332.1

Локус-брендинг как элемент территориального маркетинга городов-курортов Кавказских Минеральных Вод

Андрей Вадимович Батуров^{1*}, Валентина Федоровна Кшишневская²

^{1,2} Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорский институт (филиал), г. Пятигорск, Россия

¹ andreybaturow@yandex.ru

² Buh-pf@pfil.ncstu.ru

* **Автор, ответственный за переписку:** Андрей Вадимович Батуров, andreybaturow@yandex.ru

© Baturov AV, Kshishnevskaya VF, 2025

Аннотация. В статье исследуется Город как часть социокультурного пространства обладающей своей уникальностью, что выражается в формировании его имиджа. «Локус-брендинг» (брендинг территории) детализируются такими понятиями, как «айдентика города», «айдентика территории», «культурный код города», «туристический код города». Рассмотрены механизмы брендинга территории на основе «Локус-брендинга». Выявлены факторы, оказывающие положительное и отрицательное влияние на формирование туристического кода города курорта (бренда).

Ключевые слова: территориальный маркетинг, брендинг территории, локус-брендинг, имидж города, бренд города, культурный код города, туристический код города, айдентика города

Для цитирования: Батуров А. В., Кишиневская В. Ф. Локус-брендинг как элемент территориального маркетинга городов-курортов Кавказских Минеральных Вод // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 215-226. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.20>

Introduction. In 2021, the Russian government presented the national project "Tourism and Hospitality Industry". The main goals of the national project are the development of domestic tourism, the creation of additional jobs in the industry, and the development of tourism infrastructure. Opportunities are also created for self-realization and development of talents, the creation of conditions for the education of a harmoniously developed and socially responsible individual based on the spiritual and moral values of the peoples of the Russian Federation, historical and national-cultural traditions, real growth in the export of non-resource non-energy goods, a comfortable and safe living environment, improved quality of the urban environment, etc. According to Rosstat, the total number of tourist trips of Russians for 9 months of 2023 amounted to 134 million trips, which is 16.48% more than for the same period in 2022. The tourist flow was distributed among the federal districts as follows: 30.1% went to the Central Federal District, 20.6% to the Northwestern Federal District, 18.8% to the Southern Federal District, 10.3% to the Volga Federal District, 7.5% to the Siberian Federal District, 5.2% to the Ural Federal District, and 3.8% to the North Caucasian and Far Eastern Federal Districts each.

Main part. The terms "country marketing" and "country branding" were first developed in 2002 by marketer S. Anholt. Subsequently, these terms were detailed depending on specific - marketing objects. For example, "territorial brand" or "city brand", etc. [1].

Researchers divide territorial brands into:

- Local (brand of a local territory within one city or city district)
- National (the brand exists within the borders of a certain country),
- Multinational (country brands are positioned on a global scale) [15].

Kotler F., Asplund K., Rein I., Haider D. consider city marketing as an activity that allows for a systematic development of a set of measures within the framework of urban policy with the involvement of basic marketing technologies, tools and strategies. The authors position residents, tourists, investors as consumers, and the goods are countries, regions, cities [8].

Arzhenovsky I. V. believes that the marketing strategy of each city is a unique product that cannot be automatically copied, but can only be cultivated based on local conditions. The author suggests including in the city marketing plan: The city's image, its attractions, infrastructure, public support, and city advertising [2].

Other researchers replace the term territory with the term "locus" (from Latin: locus - place, loca places, areas connected with each other academic.ru), and the term territorial with the term "locus". It is assumed that they are applicable to different types of city territories: center, district, streets.

"Locus branding" (territory marketing) is detailed by such concepts as "city identity", "territory identity", "cultural code of the city". The term "identity" is translated from English as identity, personality, originality. Authors Mantushkina A. Yu., Beketova T.S. claim that "identity"

by means of design conveys to the user the necessary information through recognizable images, meanings and symbols and is a powerful factor in the development of the city as a tourist center [10].

Fedotova N. G., Shcherbinina N. G. consider the cultural code of the city as a system of objects and symbols, recording and transmitting its individual style and identity. As a basis for studying the cultural code of the city, it is proposed to consider the following factors: nature and climate, artistic texts, where the city is understood and presented in an artistic context, mythology, historical events associated with the city, spatial characteristics (architecture, monuments, street names), symbolic connection with famous personalities ("geniuses of the place"), poems, memes and blogs [17, 18].

Some authors consider the locus- brand as a cognitive phenomenon, representing a set of expectations, memories, associations, caused by a particular geographical location and forming a stable emotional connection with the recipient. Thus, being part of the psychological sphere, the brand affects the feelings and emotions of consumers. All this makes its developers turn to human values [5, 6, 7, 9].

P.B. Parshin classifies national cuisine, drinks, architecture, commercial brands, etc. as the main attributes of a "locus brand" [11, 12].

The standard for building a "locus brand" is to create a certain image through a myth or legend associated with a given territory, landmark, etc. As a rule, otherworldly forces may act in a legend along with people and animals. Therefore, a legend may not always be associated with real events or phenomena. There are exceptions when the legendary hero was a historical figure [4,14].

"Locus branding" in Russia is being formed on the wave of development of domestic tourism, which uses patriotic feelings for the Motherland. Its peculiarity lies in the rebranding of Russia as an original country-civilization, possessing a unique production potential, which is based on scientific, educational opportunities, multicultural traditions, rich natural and recreational resources. The leading role is played by old and new regional brands of goods and services bearing the "Made in Russia" mark. For example, Vologda butter, resorts of the Altai, Krasnodar and Stavropol Territories.

Since 2022, the All-Russian competition for the best projects of the tourist code of the city center among the subjects of the Russian Federation has been held. Applicants for a subsidy must prepare a project of the so-called tourist code of the city center (a single space with attractions, pedestrian zones, fairs, photo zones and viewing platforms, a modern navigation system and infrastructure for people with disabilities)

Rostourism defines a city's tourist center as a city territory with an area of up to 100 hectares, at least 50% of whose capital buildings were built before 1960, which has tourist resources and is open for unimpeded use by an unlimited number of people [13].

Materials and research methods. The aim of our research is the need to conduct marketing research on the rebranding of Russian regions in the field of tourism, as an original country-civilization with unique production, natural, and human potential.

Our empirical studies have allowed us to determine indicators for assessing the "brand locus" of Caucasian Mineral Waters resort cities:

1. "Natural landscape and natural resources" (mountains, river, lake, open mineral springs),
2. "Architectural environment of the pedestrian part of the city center (resort boulevard)" (buildings of the 19th century and older, architectural styles, churches, colonnades, stairs),

3. "Tourist infrastructure" (hotels, catering facilities, places selling souvenirs and folk and artistic crafts (markets), cable car),

4. "Historical events, works of art where the city is understood and presented in an artistic context" (military actions, scientific expeditions, entertainment of the class elite, historical figures who visited the city, works of art (books, films, paintings),

5. "Identity (originality) of the city in visual symbols" (recognizable places of the city in souvenirs, advertising).

The sources of information used were official statistical reference books, scientific publications, mass media, etc. The indicators are presented in relative indicators of the structure, which is stable over time. The standard values of the indicators are based on the results of the analysis of studies by domestic and foreign specialists, industry characteristics, and author's observations. To process the obtained data, comparison and grouping methods were used.

There are three main stages in the development of rating systems [3]:

1. Formation of a system of indicators used to calculate the rating.

2. Formation of a regulatory framework for each indicator.

3. Development of an algorithm for the final rating assessment of the region's competitiveness

Each of the Caucasian Mineral Waters resort towns was given a score from 1 to 3 based on the specified criteria:

For each selected indicator, a regulatory framework of 3 reliability classes was formed:

1 point - this component of the tourist code is weakly expressed

2 points - this component of the tourist code is moderately expressed

3 points - this component of the tourist code is clearly expressed

In our study, in the block "Natural landscape and natural resources", "Architectural environment of the pedestrian part of the city center (resort boulevard)", the standard values of the indicators are set in reverse order according to reliability classes: the first is the worst, the last is the best.

Research results and their discussion. The famous European resort town of Karlovy Vary as a reference example and give a description of the "brand locus" assessment indicators for resort towns. The presence of a mountainous area (valley), a river embankment (natural lake) on two banks (Tepla River), a resort boulevard inscribed in the natural landscape, has dense development and an authentic color scheme and architectural style.

The resort boulevard is long enough for a leisurely stroll (from the Pup Hotel to the Postal Bridge 1.8 km). At the beginning or end of the pedestrian streets there is a resort park with a cable car and an observation deck.

There are colonnades, cascading stairs, squares, lawns. Pedestrian bridges are thrown across the river. The "resort boulevard" is usually pedestrian, stretches the entire length of the river or consists of small streets. The names of the street and squares reflect the historical stages of the city's development and bear the names of famous people who visited this place throughout the city's history.

There are buildings from the 19th century and older, the architectural style is baroque and neoclassicism, at the turn of the 19th-20th centuries. Art Nouveau and postmodernism. There are religious buildings of different eras (church buildings). The presence of architecturally designed drinking mineral springs and open springs for bathing. These are colonnades and pavilions built either next to the source or the source is under the roof.

The places of sale (one or two small markets) of souvenirs, folk and artistic crafts and food products authentic for the given area are highlighted. Recognizable places of the city, which are

present in souvenir products, are clearly identified. Within the resort boulevard there are hotels and catering facilities.

There is a railway station in the Art Nouveau or Post-Art Nouveau style of the late 19th - early 20th century. An art theater and a local history museum are a must. Infrastructure for concerts and other mass events (conventions, film festivals (modern concert hall) has been created).

There are myths and legends that reflect the history of the city. An extensive list of famous guests who visited the city at different historical times has been compiled: royalty, poets, philosophers, artists, writers, scientists, politicians.

Table 1 – Natural landscape and natural resources

Settlement	Mountain locality (up to 700m-1 701-900m.-2 Bol.900-3)	River Valley (embankment) (No river-1 1 river-2 2 rivers-3)	Lake natural/ anthropogen something happened zhdeniya (natural-3) dam-2 pit-1)	Resort park terrain cures (up to 10 km.-1 11-30km.-2 Bol.30-3)	Sum points	Rating
K.Vary	1	3	2	3	9	3
Pyatigorsk city	3	2	2	2	9	3
Kislovodsk city	3	3	2	3	11	3
Essentuki city	1	2	2	1	6	1
city of Zheleznovodsk	2	1	3	3	9	3

Mountainous terrain is typical for most of the cities under study, except for Yessentuki. Elevation differences range from 500 m to 1500 m, which makes it possible to form terrain cures of varying difficulty. The cities of K.Vary and Kislovodsk have terrain cures over 30 km long. The presence of open water sources within the city (a mountain river or several rivers, lakes of various origins) allows differentiating the brand of the place. In the cities of K.Vary and Kislovodsk, there are rivers within the tourist pedestrian zone. All the cities under study have resort parks (national parks) of varying sizes (Table 1).

Table 2 – Architectural environment of the pedestrian part of the city center (resort boulevard)

Populated paragraph	Resort Boulevard (sum of streets) (up to 1 km.-1 1-1.5 km.-2 bol.1,5-3)	Continuous development rate % (up to 20-3 21-30-2 Bol.31-1)	Buildings 19th century and older than % (up to 20-1 21-40-2 Bol.40-3)	Buildings of the first half (20% v.) up to 20-1 21-40-2 Bol.40-3)	Buildings of the second half (20%). up to 20-3 21-40-2 Bol.40-1)	Colonnade (1 page - 1 2p.-2 3p.-3)
K. Vary	3	3	3	1	3	3
Pyatigorsk city	2	3	2	3	2	2
Kislovodsk city	1	3	2	2	2	2
Essentuki city	1	1	2	3	2	-

Zheleznovodsk city	1	2	1	1	1	1
--------------------	---	---	---	---	---	---

To differentiate the "brand locus", we have identified such a concept as a resort boulevard. A resort boulevard is a street or several streets that are located in the tourist center of the city, have a linear structure and continuity of development, architectural structures of the 19th century and early 20th century, associated with recreation and providing the cultural code of the city. Boundaries of the pedestrian zone of the resort cities of the Caucasian Mineral Waters:

– The resort town of Kislovodsk: pedestrian zone 0.8 km (Resort Boulevard from Kirov Street to the Narzan Gallery and further to the Colonnade of the resort park),

– Resort town of Pyatigorsk: pedestrian zone 1.4 km (Gagarin Boulevard from the karst lake Proval to the Academic Gallery and to Kirov Street (Flower Garden Park, Gukasov coffee shop),

– The resort town of Yessentuki: pedestrian zone 0.78 km. (from Vokzalnaya Street to Internatsionalnaya Street to Teatralnaya Square passes into the Kurortny Park (from Internatsionalnaya and Krasnoarmeyskaya Streets to Frunze and Razumovsky Streets along the border of the Kurortny Park),

– Resort town Zheleznovodsk: pedestrian zone 0.95 km. (from Lermontov Street to Tchaikovsky Street along the border of the Resort Park).

Continuity (sparseness) of development up to 20% is observed in the cities of K.Vary, Pyatigorsk, and Kislovodsk.

Buildings of the 19th century and older are more than 40% present in the city of K.Vary. Buildings of the first half of the 20th century predominate in the cities of the Caucasian Mineral Waters (Table 2).

Table 3 – Architectural environment of the pedestrian part of the city center (resort boulevard continuation)

Populated paragraph	Cascade stairs (1 page - 1 2p.-2 3p.-3)	Religious buildings Church (up to 3-1 4-5-2 Bol.5-3)	Architecturally designed mineral springs for drinking (up to 2 p.-1 2p.-4-2 Bol.4-3)	Architecturally designed mineral springs for bathing (up to 2 p.-1 2p.-4-2 Bol.4-3)	Sum points	Rating
K. Vary	1	3	3	3	26	3
Pyatigorsk city	1	2	2	3	22	3
Kislovodsk city	1	2	3	2	20	3
Essentuki city	-	1	2	2	14	1
Zheleznovodsk city	2	1	3	1	14	1

Colonnades and cascade stairs, architecturally designed mineral springs for drinking and bathing, as an indispensable attribute of resort architecture are present in most of the cities studied. The architectural environment of the pedestrian part of the city center is more expressed in the sum of points in the cities of K.Vary, Pyatigorsk, and Kislovodsk.

Table 3 – Tourism infrastructure

Settlement	Hotels (until 10-1 11-30-2 bol.30-3)	Sanatoriums (up to 20-1 21-40-2 more than 40-3)	Catering Facilities (up to 100-1 101-200-2 more)
K. Vary	3	3	3

Pyatigorsk city	2	1	3
Kislovodsk city	2	3	2
Essentuki city	1	2	2
Zheleznovodsk city	1	2	1

Tourist infrastructure (hotels, sanatoriums, catering facilities, cable car) is more developed in the cities of K.Vary, Pyatigorsk, and Kislovodsk. (Table 3)

Table 4 – Tourism infrastructure (continued)

Populated paragraph	City Theatre (no-1 60g.20v.-2 19th century - early 20th	City Museum (up to 3-1 3-6-2 Bol.6-3)	Cable car (no-1 1st page..-2 p.2-3)	Sum points	Rating
K. Vary	3	3	3	18	3
Pyatigorsk city	3	2	2	13	3
Kislovodsk city	3	3	2	15	3
Essentuki city	2	2	1	10	2
Zheleznovodsk city	1	1	1	7	1

City theatres built in the 19th century and early 20th century are located in K. Vary, Pyatigorsk, and Kislovodsk. According to the results of the tourist infrastructure table, the quantitatively highest rating was assigned to K. Vary, Pyatigorsk, and Kislovodsk.

Table 5 – Historical events, works of art, where the city is understood and presented in an artistic context

Populated paragraph	Historical events (Royal Hunt-3 Military Actions-2 Scientific expeditions-1)	Myths, legends (with the participation of king-3 prince, khan-2 common people-1)	Visiting famous people (Up to 50 people-1 51-100 people-2 More than 100 people - 3)
K. Vary	3	3	3
Pyatigorsk city	2	2	1
Kislovodsk city	2	1	2
Essentuki city	2	2	1
Zheleznovodsk city	1	2	1

The time of the foundation of Karlovy Vary (Carlsbad) and subsequent legends are associated with the hunt of the Holy Roman Emperor Charles IV in the 14th century. The foundation of the cities of the Caucasian Mineral Waters occurred as a result of military actions and subsequent scientific expeditions in the late 18th and early 19th centuries. The myths and legends of the cities of the Caucasian Mineral Waters feature various characters from a prince (khan) to ordinary people (shepherd).

Visits of famous people (kings, Emperor Peter I, aristocrats, creative intelligentsia) to the city of K. Vary were associated with recreation and entertainment. In the first half of the 19th century, the cities of the Caucasian Mineral Waters were visited by officers and nobles who participated in military operations in the Caucasus, and famous writers and poets were present mainly in the role of war correspondents (Table 4).

Table 6 – Historical events, works of art, where the city is understood and presented in an artistic context (continued)

Populated paragraph	Feature films (up to 8 -1 9-15-2 Bol.15-3)	Event tourism (film festivals, city holidays, etc.)	Sum points	Rating
K. Vary	2	3	14	3
Pyatigorsk city	2	1	8	2
Kislovodsk city	3	2	10	3
Essentuki city	1	2	8	2
Zheleznovodsk city	1	1	5	1

For historical decorations when filming feature films, directors actively use architectural structures of resort cities. In terms of the number of feature films shot in the city, the city of Kislovodsk leads, in terms of quality, the city of K.Vary (the 2006 film about the adventures of James Bond "Casino Royale").

All the listed resort cities participate in event tourism (film festivals, city holidays, etc.). In K.Vary, the international film festival has been held in the Thermal Hotel since 1946.

Table 7. Identity (originality) of the city in visual symbols

Populated paragraph	Recognizable places Cities (up to 20-1 21-30-2 bol.30-3)	Historical street names, areas diversity (activists 19 and the beginning	Recognizable city places in souvenirs % (up to 50%-1 50-70%-2 more than 70%-	Recognizable Symbols Cities in Advertising (animals, birds, ceramics)	Sum points	Rating
K. Vary	3	3	3	3	12	3
Pyatigorsk city	2	2	3	3	10	3
Kislovodsk city	2	2	3	3	10	3
Essentuki city	2	2	2	2	8	2
Zheleznovodsk city	1	1	1	1	4	1

In terms of the total score for the indicators Recognizable places of the city, historical names of streets, squares, the city of K.Vary is definitely in the lead. Historical names of streets, squares in honor of public figures of the cities of the Caucasian Mineral Waters are not very diverse. These are poets and writers of the "Golden and Silver Age of Russian Literature" and revolutionaries and figures of the USSR.

The range of souvenirs is approximately the same: Becherovka liqueur (K. Vary), various herbal teas (KMV cities), mugs with a spout for drinking, cosmetics based on mineral waters and mud, porcelain tableware, crystal and boxes (K. Vary), wooden tableware (KMV cities), street art. The differentiation of souvenirs in K. Vary is more than 80%, in Pyatigorsk - 63%, in Kislovodsk - 54%.

Symbols of cities in the form of animals, birds, reptiles: deer (chamois) (city of K. Vary), eagle with a snake in its claws (city of Kislovodsk, city of Pyatigorsk), eagle with a mace (city of Yessentuki) (Table 6).

The deer is considered to be the embodiment of strength, courage, determination and prudence. The deer's antlers are connected to the branches of the Tree of Life and symbolize the sun's rays and fertility.

The Eagle symbol is associated with vitality, health, longevity, and the snake with illnesses and ailments. There is a legend about an Eagle who was healed from a fatal snake bite by falling into a mineral water spring.

There is a problem with differentiating the symbols of Kislovodsk and Pyatigorsk: an eagle with a snake in its claws.

Table 6. Summary table of the point-rating assessment of the “brand locus” of the resort cities of the Caucasian Mineral Waters

Populated paragraph	Natural landscape and natural resources	Tourists Czech infrastructure	Architectural Wednesday (resort boulevard)	Historical events, art military production	Identity originality cities in visual symbols	Sum points	Rating
K. Vary	9	18	26	14	12	79	3
Pyatigorsk	9	13	22	8	10	62	2
City of Kislovodsk	11	15	20	10	10	66	2
Essentuki city	6	10	14	8	8	46	1
G. Zheleznovodsk	9	7	14	5	4	39	1

Conclusion. The city of K. Vary received the highest score (79) for the following indicators: Natural landscape and natural resources (the Teplá River flows into the Ohře River), tourist infrastructure (the Pupp Hotel), architectural environment (spa boulevard) (Five Colonnades), and historical events, works of art (emperors Charles IV and Peter I), identity (originality) of the city in visual symbols (Deer-chamois on a rock, Geyser spring (Židlo), Becherovka monument).

The city of Kislovodsk received the highest score (66) for the following indicators: Natural landscape and natural resources (the Olkhovka River flows into the Podkumok River), tourist infrastructure (the building of the Narzan sanatorium, the former Grand Hotel), architectural environment (resort boulevard) (Narzan Gallery, Main Narzan Baths), historical events, works of art (the poet Pushkin, the singer Shalyapin), identity (originality) of the city in visual symbols (eagle, snake on a rock, Narzan Gallery, Colonnade of the Resort Park).

Pyatigorsk received the highest score (62) for the following indicators: Natural landscape and natural resources (Mount Mashuk, Mount Goryachaya), Tourist infrastructure (Bristol hotels, Intourist hotel), Architectural environment (resort boulevard) (Proval spring, Academic and Lermontov gallery), Historical events, works of art (poet Lermontov, writer Leo Tolstoy), Identity (originality) of the city in visual symbols (Eagle, snake on a rock, Proval, place of Lermontov's duel)

The city of Yessentuki received the highest score (46) for the following indicators: Natural landscape and natural resources (Resort Park), tourist infrastructure (Staro-Kazennaya Hotel (Healing Key Sanatorium), architectural environment (Resort Boulevard) (Balneological and mud therapy center named after Semashko, Theatre Square), historical events, works of art (General

A.P. Ermolov, Maxim Gorky), identity (originality) of the city in visual symbols (Balneological and mud therapy center named after Semashko, Theatre Park).

The city of Zheleznovodsk received the highest score (39) for the following indicators: Natural landscape and natural resources (Mount Zheleznaya, Mount Razvalka), tourist infrastructure (Gorny Vozdukh sanatorium), Architectural environment (resort boulevard) (Pushkin Gallery, the Palace of the Emir of Bukhara), historical events, works of art (the poet Lermontov, Gumilev, the writer Leo Tolstoy), the identity (originality) of the city in visual symbols (the mug "Byuvette", Pushkin Gallery, the cascading staircase of the Resort Park).

When developing territorial marketing strategies for the formation and dissemination of a positive image (brand) of a resort city, it is necessary to differentiate (Table 6):

- identity (originality) of the city in visual symbols, symbolic connection with famous personalities (cities of Pyatigorsk and Kislovodsk),
- the city center (Kurortny Boulevard) from the Kurortny Park, the identity (originality) of the city in visual symbols, symbolic connection with famous personalities (the cities of Yessentuki and Zheleznovodsk).

REFERENCES

1. Anholt S. Branding: the road to the global market. Moscow: Kudits-Obraz; 2004. 272 p.
2. Arzhenovsky IV. Marketing of regions: a textbook for university students. Moscow: UNITY-DANA; 2017. 135 p.
3. Baturov AV. Segmentation of the regional tourism market of Stavropol Krai // Upravlenie ehkonomicheskimi sistemami: ehlektronnyi nauchnyi zhurnal = Management of economic systems: electronic scientific journal. 2016;(6). Available from: <http://www.uecs.ru3> [Accessed 26 September 2023].
4. Belokurova SP. Dictionary of literary terms. St. Petersburg: Parity; 2006. 314 p.
5. Gobeh M. Translated from English by P. Mironov. St. Petersburg. BestBusinessBooks, 2014. 440 p.
6. Gehd T. 4D Branding: Cracking the Corporate Code of the Network Economy. Translated from English by M. Akkaya. Series: Books of the Stockholm School of Economics in St. Petersburg. 3rd ed. St. Petersburg: Stockholm School of Economics in St. Petersburg, 2005. 228 p.
7. Dolan R. Emotions, cognition and behavior. Moscow. Horizons of cognitive psychology: anthology. Compiled by VF Spiridonov, MV Falikman. Moscow: Languages of Slavic cultures: Russian State University for the Humanities; 2012. P. 231-241. (Language and Reasoning).
8. Kotler F, Asplund K, Rein I, Heider D. Place Marketing. Attracting investments, enterprises, residents and tourists to cities, municipalities, regions and countries of Europe. St. Petersburg: Stockholm School of Economics in St. Petersburg; 2005. 376 p.
9. Kulikova OV. Locus branding as a reflection of the geocultural space characteristics (the linguistic and cognitive aspect). Vestnik of Saint Petersburg University. Language and Literature.
10. Mantushkina A.YU., Beketova T.S. Visual identity of territories as a factor in tourism development // Collection of works of the XVI national scientific and practical conference of students and postgraduates "Creativity of the young: design, advertising, information technology". Omsk: OGTU; 2017;78-80.
11. Parshin PB. Creativity in locus branding: attributes and identity. Reklama. Teoriya i praktika = Advertising. Theory and practice. 2012;(4):194-212
12. Parshin PB. Territory as a brand: marketing metaphor, identity and competition. Moscow: MGIMO-University; 2015. 195 p.
13. Order of Rostourism dated 21.10.2021 N 475-Pr-21 On the statistical methodology for calculating the indicators of the national project "Tourism and Hospitality Industry", federal projects "Development of Tourism Infrastructure", "Increasing the Availability of Tourism Products" and "Improving Tourism Management.
14. Robezhnik LV. Identity of the Russian city. Distinctive features. Memoirs of NovSU. 2022;(3(42)):319-321.
15. Unkurov EYu. Territorial branding: foreign and domestic experience. Vestnik IKIAT = Bulletin of IKIAT. 2020;(2(41)). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/brending-territoriy-zarubezhnyy-i-otechestvennyy-opyt> [Accessed 28 September 2023].

16. Fedotova NG. Cultural code of the city. Slovo.ru: Baltic accent. 2022;13(4):10-24.
17. Fedotova NG. Symbolic codes of urban identity (using Russian and American cities as examples). Memoirs of NovSU. 2020;(8(33)):7.
18. Shcherbinina NG. Features of positioning of the city as a brand in the digital age. ПРАЕНМА. Journal of Visual Semiotics. 2018;(3(17)):192-201.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анхольт С. Брендинг: дорога к мировому рынку. М.: Кудиц-Образ, 2004. 272 с.
2. Арженовский И. В. Маркетинг регионов: учеб.пособие для студентов вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. 135 с.
3. Батуров А. В. Сегментирование регионального туристического рынка Ставропольского края // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2016. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.uecs.ru3> (дата обращения: 26.09.2023).
4. Белокурова С. П. Словарь литературоведческих терминов. Санкт-Петербург: Паритет, 2006. 314 с.
5. Гобэ М. Эмоциональный брендинг: новая парадигма, соединяющая брэнды с людьми. Пер. с англ. П. Миронова. СПб. BestBusinessBooks, 2014. 440с.
6. Гэд Т. 4D брендинг: Взламывая корпоративный код сетевой экономики. Пер. с англ. М. Аккая. Сер. Книги Стокгольмской школы экономики в Санкт-Петербурге. 3-е изд. СПб: Стокгольмская школа экономики в Санкт-Петербурге, 2005. 228 с.
7. Долан Р. Эмоции, познание и поведение. Москва // Горизонты когнитивной психологии: хрестоматия / сост. В. Ф. Спиридонов, М. В. Фаликман. Москва: Языки славянских культур: Российский государственный гуманитарный университет, 2012. С. 231–241. (Разумное поведение и язык. Language and Reasoning).
8. Котлер Ф., Асплунд К., Рейн И., Хайдер Д. Маркетинг мест. Привлечение инвестиций, предприятий, жителей и туристов в города, коммуны, регионы и страны Европы. СПб: Стокгольмская школа экономики в Санкт-Петербурге, 2005. 376 с.
9. Куликова О. В. Локус-брендинг как отражение специфики геокультурного пространства (лингвокогнитивный аспект) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Язык и литература. 2020. № 17 (1). С. 22–37.
10. Мантушкина А. Ю., Бекетова Т. С. Визуальная айдентика территорий как фактор развития туризма // Сборник трудов XVI национальной научно-практической конференции студентов и аспирантов «Творчество молодых: дизайн, реклама, информационные технологии». Омск: ОГТУ, 2017. С. 78–80.
11. Паршин П. Б. Креатив в локусном брендинге: атрибуты и айдентика // Реклама. Теория и практика. 2012. № 4. С. 194–212.
12. Паршин П. Б. Территория как бренд: Маркетинговая метафора, идентичность и конкуренция. М.: МГИМО-Университет, 2015. 195 с.
13. Приказ Ростуризма от 21.10.2021 N 475-Пр-21 О статистической методологии расчета показателей национального проекта «Туризм и индустрии гостеприимства», федеральных проектов «Развитие туристической инфраструктуры», «Повышение доступности туристических продуктов» и «Совершенствование управления в сфере туризма».
14. Робешник Л. В. Айдентика русского города. Отличительные черты // Ученые записки Новгородского государственного университета. 2022. № 3 (42). С. 319–321.
15. Ункуров Э. Ю. Брендинг территорий: зарубежный и отечественный опыт // Вестник ИКИАТ. 2020. № 2 (41). [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/brending-territoriy-zarubezhnyy-i-otechestvennyy-opyt> (дата обращения: 28.09.2023).
16. Федотова Н. Г. Культурный код города // Слово.ру: балтийский акцент. 2022. Т. 13. № 4. С. 10–24.
17. Федотова Н. Г. Символические коды городской идентичности (на примере российского и американского городов) // Ученые записки Новгородского государственного университета. 2020. № 8 (33). С. 1–7.
18. Щербинина Н. Г. Особенности позиционирования города-бренда в цифровую эпоху // ПРАЕНМА. Проблемы визуальной семиотики. 2018. № 3 (17). С. 192–201.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Andrey V. Baturov – PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Food and Merchandizing, Pyatigorsk Institute (branch), North-Caucasus Federal University, +79054970310, andreybaturow@yandex.ru

Valentina F. Kshishnevskaya – PhD, Associate Professor, Chief Accountant, Pyatigorsk Institute (branch), North-Caucasus Federal University, +78793337769, Buh-pf@pfil.ncstu.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted: 02.02.2025;

approved after reviewing: 17.03.2025;

accepted for publication: 06.04.2025.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Андрей Вадимович Батуров – кандидат фармацевтических наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения, Пятигорский институт (филиал), Северо-Кавказский федеральный университет, +79054970310, andreybaturow@yandex.ru

Валентина Федоровна Кшишневская – кандидат экономических наук, доцент, главный бухгалтер, Пятигорский институт (филиал), Северо-Кавказский федеральный университет, +78793337769, Buh-pf@pfil.ncstu.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 02.02.2025;

одобрена после рецензирования: 17.03.2025;

принята к публикации: 06.04.2025.



**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 1,25см.

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 языке);

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 (200–250 слов, не должны повторять название) (на русском и английском языках);

список ключевых слов или словосочетаний (3–15) (на русском и английском языках);

3. Оформление рисунков, формул и таблиц:

Рисунки и таблицы вставляются в тексте 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; 8-928-361-74-33

e-mail: nauka-pf@yandex.ru, orobinskaya.val@yandex.ru

Научное издание

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА И ИННОВАЦИИ

Научный журнал

№1, 2025

СВОБОДНАЯ ЦЕНА

Научное редактирование, проверка статей на антиплагиат рубрики
«Технические науки» – В.Н.Оробинская
Перевод аннотаций, ключевых слов, рефератов на английский язык – Е.В. Галдин

Подписано в печать 17.05.2025

Выход в свет 23.05.2025

Формат 200x280.

Усл. печ. л. 21,97 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