

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, 2026

Выходит 4 раза в год

ISSN 2307-910X

Ставрополь – Пятигорск
2026

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, 2026

Turns out 4 times a year

ISSN 2307-910X

Stavropol - Pyatigorsk
2026

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 отечественных и зарубежных ученых, имеющих высокую теоретическую и практическую значимость.
Главный редактор	Шебзухова Т.А. , доктор исторических наук, профессор, ректор Северо-Кавказского федерального университета (СКФУ, Ставрополь, Россия) Транслитерированное название журнала – <i>Sovremennaya nauka i innovatsii</i>
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 по научным 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 (СКФУ, Ставрополь, 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, Россия); 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); Карбущенко 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, доцент (ПИ СКФУ, Пятигорск, Россия); Чернышев А.Б. , доктор физико-математических наук, доцент (ПИ СКФУ, Пятигорск, Россия); Шириняц 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 (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	29.12.2025.
Типография	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 355029, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 2 адрес редакции: 357500, г. Пятигорск, пр. 40 лет Октября, 56
Телефон	(879-3) 33-34-21, 8-928-351-93-25
E-mail	oronir@pfnctu.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.

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, Rector of North-Caucasus Federal University (NCFU, Stavropol, 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 (NCFU, Stavropol, 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); Kononov 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); 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); Sadovy V.V. , Dr. Sci. (Techn.), Professor (Stavropol Cooperative Institute (branch) of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Stavropol, Russia); Teplyi 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); Oliver 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	29.12.2025.
Printing 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, st. Oktyabrskaya / 40 Let Oktyabrya Ave., 38/90.
Circulation	500 copies
Frequency	4 issues per year.
Address	publisher's address: 355029, Stavropol, Prospekt Kulakova, 2 editorial office address: 357500, Pyatigorsk, Pr. 40 let Oktyabrya, 56
Phone	(879-3) 33-34-21, 8-928-351-93-25
E-mail	oponir@pfncfu.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

Светлана Владимировна Говорова АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ	9
Владимир Валерьевич Самойленко РОЛЬ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	25
Азаров Иван Валерьевич, Захарченко Нина Юрьевна, Санамян Олег Арменович, Семиколеннова Елена Романовна АВТОБИОГРАФИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ КАК СЛАБОЕ ЗВЕНО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДОСТУПА: ИССЛЕДОВАНИЕ СЕКРЕТНЫХ ВОПРОСОВ	46
Юлия Алексеевна Андрусенко, Кристина Юрьевна Серебренникова, Глеб Алексеевич Семенов, Артем Алексеевич Соломянко МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АТАК НА СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ	55
Екатерина Александровна Меркулова ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЛИТОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ УЧАСТКА АРХЫЗСКИЙ-1 АРХЫЗСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	70
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ	
Валерий Тимофеевич Казуб, Валерия Николаевна Оробинская, Сергей Владимирович Владимиров, Анна Геннадьевна Кошкарова, Корнийчук Владимир Григорьевич СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	78
Голик Тамара Николаевна, Абакумова Елена Анатольевна, Лодыгин Алексей Дмитриевич ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ЙОГУРТА	99
Владимир Всеволодович Садовой, Татьяна Викторовна Щедрина, Алла Смалиевна Хамицаева, Ирина Александровна Трубина, Тимур Шамильевич Шалтумаев, Лимарева Наталья Сергеевна БИОТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ САХАРНОГО ДИАБЕТА	108
Екатерина Александровна Грибанова, Владимир Петрович Курченко, Игорь Иосифович Азарко, Владислав Евгеньевич Мямин, Наталья Владимировна Дудчик, Игорь Владимирович Ржепаковский, Алексей Дмитриевич Лодыгин ИССЛЕДОВАНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ДРОЖЖЕВЫХ ГРИБОВ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЛАНИНА	118
Ольга Николаевна Анохина, Амаль Калуш ² Урида Айссауи, Нина Анатольевна Фролова, Василий Владимирович Верхотуров КЁНИГСБЕРГСКИЕ КЛОПСЫ: ТРАДИЦИИ, РЕЦЕПТУРА И ТЕХНОЛОГИЯ	135

Полина Николаевна Шаповалова, Альберт Хамед-Харисович Нугманов, Сергей Александрович Масловский, Павел Дмитриевич Осмоловский, Арина Александровна Одинцова	144
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНУЛИН-СОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ КОРНЕПЛОДОВ ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО СОРТА «ЯРОСЛАВСКИЙ – 1» КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ	

Александр Юрьевич Назаров	153
РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ПРОЦЕССУ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ УТФЕЛЯ В САХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	

ПОЛИТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Максимилиан Альбертович Шепелев	157
ОРГАНИЧЕСКАЯ ИДЕОКРАТИЯ - ПОЛИТИЧЕСКИЙ ОРИЕНТИР РОССИИ КАК ГОСУДАРСТВА-ЦИВИЛИЗАЦИИ	

Андрей Анатольевич Заикин	167
ПАРЛАМЕНТСКАЯ ДИПЛОМАТИЯ В УСЛОВИЯХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ КОНФРОНТАЦИИ: ТРАНСФОРМАЦИЯ ФОРМАТОВ И ФУНКЦИЙ ДИАЛОГА РОССИИ С ЕС И США	

Александр Алиевич Керимов, Али Шабазгирейевич Албаков	177
ИСЛАМ В СССР: ЭВОЛЮЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТРАТЕГИЙ ОТ ВОИНСТВУЮЩЕГО АТЕИЗМА К УПРАВЛЯЕМОЙ ИНКОРПОРАЦИИ	

Аделина Шафиковна Ногмова	186
ПРИГРАНИЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В СТРАТЕГИИ ВНЕШНЕЙ ПОЛИТИКИ РОССИИ XXI ВЕКА: ЭВОЛЮЦИЯ ПОДХОДОВ И ПРИОРИТЕТЫ	

Андрей Александрович Нарышкин, Алиса Андреевна Нарышкина, Софья Владимировна Мельникова, Никита Сергеевич Погодин	196
ЭФФЕКТЫ СОГЛАШЕНИЯ О ЗСТ МЕЖДУ ЕАЭС И ВЬЕТНАМОМ И НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА ДО 2030 ГОДА	

Сергей Геннадьевич Чувикин, Наталья Николаевна Пачина	209
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОБЩЕСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ	

Валерия Юрьевна Акентьева	227
НАЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ПОЛИТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ: КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ И МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ	

ДИСКУССИОННЫЕ СТАТЬИ

Марина Владимировна Осипова, Татьяна Петровна Рожкова	237
ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СОЗДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	
Требования к оформлению рукописей	249

CONTENTS

**TECHNICAL SCIENCES
INFORMATION, COMPUTING AND MANAGEMENT**

Svetlana V. Govorova ANALYSIS OF PROCESSES AFFECTING SENSOR NETWORK PERFORMANCE	9
Vladimir V. Samoylenko THE ROLE OF WIRELESS SENSOR NETWORKS IN IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX: A SYSTEMATIC REVIEW	25
Ivan V. Azarov, Nina Y. Zakharchenko, Oleg Ar. Sanamyan, Elena R. Semikolenova AUTOBIOGRAPHICAL MEMORY AS A WEAK LINK IN ACCOUNT RECOVERY: A STUDY OF SECURITY QUESTIONS	46
Yuliya Al. Andrusenko, Kristina Y. Serebrennikova, Gleb Al. Semenov, Artem Al. Solomyanko MACHINE LEARNING METHODS FOR IDENTIFYING ATTACKS ON THE CONTROL SYSTEM OF THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS	55
Ekaterina Al. Merkulova STUDY OF HYDRO-LITHOSPHERIC PROCESSES OF THE ARKHYZSKIY-1 SITE OF THE ARKHYZ DRINKING GROUNDWATER DEPOSIT	70
TECHNOLOGY OF FOOD PRODUCTS	
Valery T. Kazub, Valeria N. Orobinskaya, Sergey V. Vladimirov, Anna G. Koshkarova, Vladimir G. Korniychuk MODERN METHODS OF DRYING VEGETABLE RAW MATERIALS: AN ANALYTICAL REVIEW	78
Tamara N. Golik, Elena A. Abakumova, Aleksei D. Lodygin STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING BIOLOGICALLY ACTIVE COMPONENTS IN YOGURT TECHNOLOGY	99
Vladimir V. Sadovoy, Tatiana V. Shchedrina, Alla S. Khamitsaeva, Irina Al. Trubina, Timur Sh. Shaltumaeva, Natalia S. Limareva BIOTECHNOLOGY OF USING BIOLOGICALLY ACTIVE SUPPLEMENTS FOR THE PREVENTION OF DIABETES MELLITUS	108
Ekaterina A. Griбанова, Vladimir P. Kurchenko, Igor I. Azarko, Vladislav E. Myamin, Natal'ya V. Dudchik, Igor V. Rzhepakovsky, Alexey D. Lodygin A STUDY OF THE SPECIES COMPOSITION OF YEAST FUNGI IN EAST ANTARCTICA AND THE POSSIBILITY OF USING THEM TO PRODUCE MELANIN	118
Olga N. Anokhina¹, Amal Kahlouche², Ourida Aissaoui³, Nina A. Frolova⁴, Vasily V. Verkhoturov KONIGSBERG KLOPSE: TRADITIONS, RECIPES AND TECHNOLOGY	135
Polina N. Shapovalova, Albert H.-H. Nugmanov, Sergey A. Maslovsky, Pavel D. Osmolovskiy, Arina A. Odintsova INVESTIGATION OF PHYSICO-CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF INULIN-CONTAINING CONCENTRATE FROM CHICORY ROOT CROPS OF THE «YAROSLAVSKY –1» ROOT VARIETY	144

SHORT REPORTS

- Alexander Y. Nazarov**
**THE DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE TECHNOLOGICAL APPROACH TO
THE MASSECUITE CENTRIFUGATION PROCESS IN SUGAR PRODUCTION** 153

POLITICAL SCIENCES

- Maximilian Albertovich Shepelev**
**ORGANIC IDEOCRACY - THE POLITICAL WAYMARK OF RUSSIA AS A STATE-
CIVILIZATION** 157

- Andrey A. Zaikin**
**PARLIAMENTARY DIPLOMACY IN CONDITIONS OF GEOPOLITICAL
CONFRONTATION: TRANSFORMATION OF FORMATS AND FUNCTIONS OF
RUSSIA'S DIALOGUE WITH THE EU AND THE US** 167

- Alexander A. Kerimov, Ali Sh. Albakov**
**ISLAM IN THE SOVIET UNION: THE EVOLUTION OF STATE STRATEGIES FROM
MILITANT ATHEISM TO MANAGED INCORPORATION** 177

- Adelina S. Nogmova**
**BORDER COOPERATION IN RUSSIA'S FOREIGN POLICY STRATEGY OF THE 21ST
CENTURY: EVOLUTION OF APPROACHES AND PRIORITIES** 186

- Andrey Aleksandrovich Naryshkin, Alisa Andreevna Naryshkina, Sofya Vladimirovna
Melnikova, Nikita Sergeevich Pogodi**
**MODERN THEORETICAL AND METHODOLOGICAL INTERPRETATION OF THE
POLITICAL CATEGORIES "ELITE" AND "ELITE"** 196

- Sergey Gennadievich Chuvikin, Natalia Nikolaevna Pachina**
**STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ANALYSIS OF THE ACTIVITIES OF EXECUTIVE
AUTHORITIES TO ENSURE PUBLIC SAFETY** 209

- Valeria Y. Akentyeva**
**NATIONAL-ORIENTED POLITICAL MANAGEMENT MODEL: INSTITUTIONAL
STRUCTURE AND IMPLEMENTATION MECHANISMS** 227

DISCUSSION PAPERS

- Marina V. Osipova, T.P. Rozhkova** 237
**LEGAL REGULATION OF THE RESULTS OF CREATIVE ACTIVITY CREATED
WITH THE HELP OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES**

- Requirements for preparation of manuscripts** 249

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ | TECHNICAL SCIENCES

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

Современная наука и инновации. 2026. №1. С.9-24
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И
УПРАВЛЕНИЕ

Modern Science and Innovations. 2026;(1)9-24

Научная статья



УДК 004.724.4

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.1>

Анализ процессов, влияющих на производительность сенсорных сетей

Светлана Владимировна Говорова^{1,*}

¹ Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия
mitnik2@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0000-000>

*Автор, ответственный за переписку: Светлана Владимировна Говорова, mitnik2@yandex.ru

Аннотация. Введение. В статье проведен анализ процессов, влияющих на производительность беспроводных сенсорных сетей (БСС) в условиях обслуживания самоподобного трафика. Исследуются особенности различных стратегий распределения потока пакетов (с непрерывным зондированием, управляемые запросами, управляемые событиями и гибридные) и их соответствие требованиям к качеству обслуживания (QoS). Беспроводные сенсорные сети (БСС) важны для умных домов, носимых устройств и проектов «Индустрии 5.0» и «умного города». Они автоматизируют процессы, используя дистанционно управляемые приводы и системы мониторинга на базе микроэлектромеханических систем (МЭМС), и собирают большие данные. Ключевой сегмент БСС — интернет вещей (IoT), требующий повышения производительности и надежности сетей из-за роста числа подключений и трафика. Существующие решения часто не справляются, что подчеркивает необходимость адаптации ИТ-инфраструктуры. Исследование актуально из-за противоречий между растущими потребностями IoT и ограниченными возможностями сетей. **Материалы и методы** Цель работы - анализ обработки самоподобного трафика в БСС и разработка рекомендаций по оптимизации архитектуры и параметров сетей. Основные задачи включают моделирование самоподобных потоков и оценку производительности при высокой интенсивности передачи данных. **Результаты и обсуждение** Результаты помогут оптимизировать ИТ-инфраструктуру для эффективной работы БСС при увеличении числа устройств. Уделено внимание доказанному самоподобному характеру трафика БСС, который существенно влияет на производительность сети. Рассмотрены технологические решения для IoT, включая LPWAN-технологии (LoRaWAN, NB-IoT), и выявлены проблемы обеспечения QoS при сверхплотном развертывании сенсорных устройств. **Заключение.** Работа посвящена анализу факторов, влияющих на производительность беспроводных сенсорных сетей (БСС) при обслуживании самоподобного трафика. Основные выводы:

1. БСС требуют стратегий распределения трафика, соответствующих стандартам QoS.
2. Самоподобный трафик усложняет обеспечение QoS из-за неэффективности классических моделей, нужны фрактальные модели.
3. Сетевые шлюзы становятся узким местом, необходимы механизмы управления трафиком, такие как AQM и интеллектуальная классификация.
4. Технологии LPWAN (например, LoRaWAN) требуют адаптации протоколов при сверхплотном развертывании.
5. В гетерогенных БСС нужны приоритизация трафика, AQM, сглаживание и прогнозирование.
6. В агросекторе требуется интеллектуальная классификация трафика для управления задержками, пропускной способностью и потерями.

Для повышения производительности БСС нужна комплексная оптимизация, включая адаптивные механизмы QoS и передовые технологии.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, IoT, качество обслуживания (QoS), самоподобный трафик, стратегии распределения трафика, LoRaWAN, управление перегрузками, сетевой шлюз, производительность сети.

Для цитирования: Говорова С.В. Анализ процессов, влияющих на производительность сенсорных сетей // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 9-24. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.1>

Конфликт интересов: [Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.]

Статья поступила в редакцию 21.01.2026;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

[Research article]

[Analysis of Processes Affecting Sensor Network Performance]

Svetlana Vl. Govorova ^{1*}

¹ North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

¹mitnik2@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0000-000> |

*Corresponding author Svetlana Vl. Govorova, mitnik2@yandex.ru

Abstract. Introduction. This article analyzes the processes that affect the performance of wireless sensor networks (WSNs) in the context of self-similar traffic. It explores the features of various packet flow distribution strategies (continuous probing, request-driven, event-driven, and hybrid) and their compliance with quality of service (QoS) requirements. Wireless sensor networks (WSNs) are essential for smart homes, wearable devices, and Industry 5.0 and smart city projects. They automate processes using remotely controlled actuators and microelectromechanical systems (MEMS)-based monitoring systems, and collect big data. A key segment of the BSS is the Internet of Things (IoT), which requires improved network performance and reliability due to the increasing number of connections and traffic. Existing solutions often struggle to cope, highlighting the need for IT infrastructure adaptation. The study is relevant due to the contradictions between the growing needs of IoT and the limited capabilities of networks. **Materials and Methods** The goal of this work is to analyze the processing of self-similar traffic in BSS and develop recommendations for optimizing the architecture and parameters of networks. The main objectives include modeling self-similar flows and evaluating performance under high data transfer rates. **Materials and methods.** Using the method of slowly varying amplitudes, the system of mass, energy, and momentum conservation equations for both phases is reduced to a single nonlinear wave equation. **Results and discussion.** The results will help optimize the IT infrastructure for the efficient operation of BSS when the number of devices increases. Attention is paid to the proven self-similar nature of BSS traffic, which significantly affects network performance. Technological solutions for IoT, including LPWAN technologies (LoRaWAN, NB-IoT), are considered, and the problems of ensuring QoS during ultra-dense deployment of sensor devices are identified. **Conclusion.** [The paper analyzes the factors affecting the performance of wireless sensor networks (WSNs) when serving self-similar traffic. The main conclusions are: 1. WSNs require traffic distribution strategies that comply with QoS standards. 2. Self-similar traffic complicates QoS provisioning due to the inefficiency of classical models, and fractal models are needed. 3. Network gateways become a bottleneck, and traffic management mechanisms such as AQM and intelligent classification are required. 4. LPWAN technologies (e.g., LoRaWAN) require protocol adaptation for ultra-dense deployments. 5. Heterogeneous BSSs require traffic prioritization, AQM, smoothing, and forecasting. 6. The agriculture sector requires intelligent traffic classification to manage latency, bandwidth, and loss. To improve BSS performance, comprehensive optimization is needed, including adaptive QoS mechanisms and advanced technologies.]

Key words: [wireless sensor networks, IoT, quality of service (QoS), self-similar traffic, traffic distribution strategies, LoRaWAN, congestion control, network gateway, and network performance.]

© Говорова С.В., 2026

For citation: [Govorova S.V. Analysis of Processes Affecting the Performance of Sensor Networks] *Modern Science and Innovations*. 2026 ;(1):9-00. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.1>

Conflict of interest: [The author declare no conflicts of interests.]

The article was submitted 21.01.2026;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026.

Введение. Беспроводные сенсорные сети (БСС) проникли практически во все мыслимые области нашей жизни – от «умных» домов и интеллектуальных носимых устройств до «Индустрии 5.0» и «умного» города. Они обеспечивают автоматизацию простого ручного труда с помощью дистанционно управляемых приводов и систем мониторинга посредством современных микроэлектромеханических систем. Эти относительно простые устройства с малым энергопотреблением имеют огромный потенциал в области сбора и анализа данных, применяемых для оценки различных систем, оборудования и целых производств.

В настоящее время наиболее массовым сегментом БСС является интернет вещей (IoT). Именно этот сегмент создает наибольшее влияние на сети связи, из-за роста количества подключенных устройств и роста трафика, производимого этими устройствами.

Актуальность темы обусловлена тем, что развертывание IoT предъявляет новые требования к производительности и качеству обслуживания сенсорных сетей. По этой причине требуется исследовать стратегии адаптации ИТ-инфраструктуры под новые условия. Налицо наличие противоречия в практике - из-за роста количества подключенных устройств и увеличения интенсивности передаваемого потока пакетов, производимого этими устройствами, существующие сети не обеспечивают требуемую производительность и качество обслуживания. Таким образом, в реалиях БСС должно быть обеспечено требуемое качество сервиса и производительности используемой ИТ-инфраструктуры.

Целью данной работы является анализ процессов, влияющих на производительность сенсорных сетей при обслуживании самоподобного потока пакетов.

Материалы и методы исследований. Для достижения поставленной цели в работе использован комплекс теоретических, аналитических и имитационных методов для исследования беспроводных сенсорных сетей как сложных систем, включающих взаимодействие сенсоров, шлюзов, сетевых протоколов и приложений. Это позволило выявить системные противоречия, в частности, между растущими требованиями к производительности сети и ограниченными сетевым ресурсам. Проведен обзор научной литературы с целью выявления эволюции моделей сетевого трафика – от пуассоновских процессов к моделям, учитывающих самоподобие и долговременную зависимость. Обоснована несостоятельность классических моделей для оценки производительности современных БСС и подтверждена актуальность учета самоподобного характера трафика.

Проведен сравнительный анализ различных стратегий распределения потока пакетов (непрерывное зондирование, управление запросами, управление событиями, гибридная) по таким критериям, как надежность передачи, задержка и область применения. На основе анализа установлена зависимость между стратегией обслуживания трафика и требуемыми параметрами QoS.

С использованием методов классификации и обобщения систематизированы и обобщены известные подходы к снижению негативного влияния самоподобного потока пакетов на производительность сети [1]. Методы были классифицированы на архитектурные решения, методы управления трафиком, упреждающее управление перегрузками и адаптивные интеллектуальные методы.

В качестве материалов и источников информации использованы научные публикации и диссертационные исследования, международные стандарты и рекомендации, а также отраслевые стандарты связи.

В качестве практического материала для анализа был рассмотрен конкретный проект – типовое решение по сбору и обработке данных в агросекторе с использованием данных мультиспектральных камер и сенсорной сети. Оценены объемы генерируемого трафика,

требования к пропускной способности и самоподобный характер нагрузки от мультиспектральных данных.

1. Результаты исследований и их обсуждение. Анализ практических решений в области эксплуатации сенсорных сетей

Беспроводные сенсорные сети – одна из ключевых технологий XXI века. Объединяя недорогие «умные» датчики через общедоступные сети связи, они открывают уникальные возможности для удаленного контроля и управления системами в быту, на производстве и в транспорте. Такие сети, в зависимости от типа датчиков, можно развернуть практически где угодно: на суше, в воздухе, под водой, в зданиях, а также на теле или даже внутри живых организмов. БСС предоставляют пользователям глобальный доступ к телеметрии и позволяют управлять распределенными объектами через сеть связи общего пользования (рис. 1).

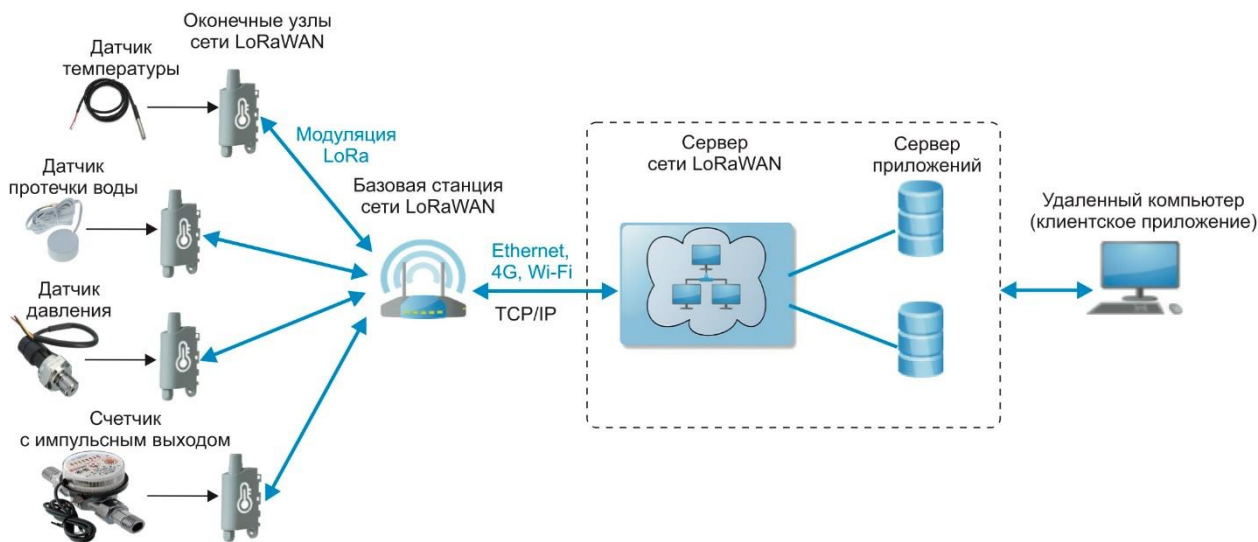


Рисунок 1. Функциональные уровни всепроникающей сенсорной сети

Беспроводные сенсорные сети поддерживают множество приложений с различными типами датчиков, которые предъявляют специфические требования к качеству обслуживания (QoS) и надежности. Как отмечено в [2], стратегии распределения трафика в БСС, в зависимости от типа используемого приложения, делятся на четыре категории: с непрерывным зондированием, управляемые запросами, управляемые событиями и гибридные. Сферы применения БСС многообразны - это «умный» дом, город, транспорт и др. Для каждого из них трафик характеризуется собственными требованиями к задержкам и доставке данных. Следовательно, уровень необходимого QoS определяется конкретной задачей и регламентируется техническими заданиями, стандартами (например, IEEE 802.15.x) и рекомендациями (такими как RFC 4944, 4919). Проведем сравнительный анализ стратегий распределения трафика (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ стратегий распределения трафика в БСС

Стратегии распределения трафика	Способ передачи	Достоинства	Недостатки	Пример области применения
Стратегия с непрерывным зондированием (Time-Driven / Periodic)	Датчики периодически просыпаются и передают данные с фиксированным интервалом времени, независимо от состояния	– Простота реализации – Полный и непрерывный набор данных – Предсказуемость поведения (известно, когда от	– Низкая энергоэффективность – Избыточность данных – Ограниченная масштабируемость (при увеличении количества узлов	Сбор данных об окружающей среде (метеостанции), регулярные показания с счетчиков, в сельском

	изменяемого параметра	какого узла ожидать данные) – Данные поступают регулярно, без задержек на ожидание запроса	общий трафик в сети растет линейно, что может привести к коллизиям и перегрузке канала)	хозяйстве, где важна динамика изменения параметров во времени
Стратегия, управляемая запросами (Query-Driven / On-Demand)	Данные передаются только в ответ на прямой запрос от координатора (шлюза) сети	– Энергоэффективность – Контроль со стороны координатора – Эффективное использование пропускной способности	– Высокая задержка получения данных – Риск потери событий – Накладные расходы	Системы удаленного считывания показаний с счетчиков, системы безопасности (запрос статуса датчика), диагностические системы
Стратегия, управляемая событиями (Event-Driven)	Датчик передает данные только тогда, когда измеряемый параметр превышает определенный порог или происходит конкретное событие (например, обнаружение движения)	– Очень низкое энергопотребление. – Минимальный объем трафика – Высокая реактивность	– Риск "штормов" сообщений – Потеря исторических данных – Ложные срабатывания	Системы охранной сигнализации, обнаружение пожара (датчики дыма), предупреждение об утечке газа
Гибридная стратегия (Hybrid)	Комбинирует две или все три предыдущие стратегии для достижения оптимального баланса	– Гибкость и адаптивность – Баланс между энергопотреблением и полнотой данных – Повышенная надежность	– Высокая сложность – Сложность в настройке и отладке	Комплексные системы умного здания (реагирование на движение + периодическая отправка данных о температуре + ответ на запросы), продвинутый промышленный мониторинг

Для каждой используемой стратегии распределения трафика в БСС существуют конкретные требования к QoS-характеристикам. В табл. 2 представлен уровень необходимого QoS для различных стратегий распределения трафика.

Таблица 2. Уровень необходимого QoS для различных стратегий распределения трафика

Стратегии распределения трафика	Надежность доставки (Reliability)	Задержка (Latency)	Приоритет трафика	Ключевой параметр QoS
Непрерывное зондирование	Умеренная	Низкая. Данные не являются критичными ко времени доставки	Низкий. Этот трафик - "фоновая" работа сети	Стабильность и предсказуемость канала связи, а не минимальная задержка
Управляемая запросами	Высокая. Запрос и ответ на него должны	Умеренная. Слишком большие задержки	Высокий. Трафик с ответами на запросы должен иметь	Надежность доставки и умеренная задержка для пар "запрос-ответ"

	быть доставлены гарантированно	делают систему "неотзывчивой"	приоритет над фоновым трафиком	
Управляемая событиями	Очень высокая. Потеря сообщения о критическом событии (пожар, взлом) недопустима	Очень низкая. Сообщение о событии должно быть доставлено практически мгновенно, чтобы система могла среагировать. Это самый критичный параметр	Наивысший. Это сообщения класса "ALARM"(тревога)	Минимально возможная задержка и максимальная надежность доставки
Гибридная (требует приоритизации трафика внутри одной сети)	Разная (DiffServ)	Разная (DiffServ)	Разный (DiffServ)	Возможность сети классифицировать и присваивать приоритеты различным типам пакетов. Сеть должна уметь отличать аварийный сигнал от регулярного отчета о состоянии и обрабатывать их соответственно

2. Структура трафика сенсорной сети

Изначально сетевой трафик моделировался как пуассоновский процесс, а для гомогенных сетей, передающих текст, применялись формулы Эрланга. Однако усложнение трафика в гетерогенных сетях показало несостоятельность этих моделей: они стали приводить к недооценке нагрузки и падению качества обслуживания (QoS), что поставило перед исследователями задачу поиска новых, более точных моделей. Анализ современных исследований структуры сетевого трафика демонстрирует его значительное отклонение от модели простейшего потока. Для передаваемого потока пакетов характерны нестационарность статистических характеристик (как на малых, так и на больших интервалах времени) и наличие долговременной зависимости [3, 4].

Беспроводные сенсорные сети, в отличие от классических, предоставляют комплексный сервис по сбору, обработке и передаче данных, что ведет к иному пониманию качества обслуживания (QoS) [5]. К параметрам QoS в БСС относят задержку, пропускную способность, потери, время жизни сети, покрытие и устойчивость топологии [6].

В работах исследован трафик в таких сценариях применения как мониторинг состояния здоровья, передача данных ЭКГ, телеметрия, трафик на шлюзе БСС слежения за целью [7-10]. Проведенный анализ исследований позволяет сделать вывод, что трафик в беспроводных сенсорных сетях для разных сценариев применения обладает свойствами самоподобия и долговременной зависимости [7-10].

Самоподобие трафика оказывает негативное влияние на производительность и качество обслуживания сенсорной сети, возникает высокая вероятность потерь пакетов из-за переполнения буферов, сильный рост задержки (latency) и джиттера, так как пакеты проводят много времени в ожидании в длинных очередях, снижение прогнозируемости и эффективности управления [1].

Полностью избавиться от самоподобия сетевого трафика не представляется возможным, так как данное свойство поражается природой сетевых приложений и поведением пользователей, однако оказалось возможным уменьшить его негативные последствия.

На сегодняшний день известны следующие способы и подходы для снижения влияния самоподобия (табл. 3) [11].

Таблица 3. Способы и подходы для снижения влияния самоподобия

Подход для снижения влияния самоподобия	Достоинства	Недостатки
---	-------------	------------

1. Архитектурные и проектные решения		
Избыточность пропускной способности (Over-Provisioning)	Высокая эффективность, простота реализации	– Очень дорого – Неэффективное использование ресурсов в периоды низкой нагрузки
Статистическое мультиплексирование в больших масштабах (Massive Statistical Multiplexing). Объединение огромного числа независимых источников трафика в одном канале	Позволяет эффективно использовать полосу пропускания	Эффективен для очень крупных сетей. Для небольших сетей (например, корпоративной сети одного здания) эффект слабее
Приоритизация трафика и механизмы QoS (Quality of Service)	Позволяет гарантировать качество для чувствительных приложений	– Сложность настройки и управления – Требуется поддержки по всей сети
2. Методы управления трафиком (Traffic Shaping и Policing)		
Сглаживание трафика (Traffic Shaping). Источник или промежуточный узел "задерживает" пакеты, чтобы передавать их с более равномерной, предопределенной скоростью. Bursts "растягиваются" во времени	Делает трафик предсказуемым для сети	Вносит дополнительную задержку (jitter)
Ограничение трафика (Traffic Policing). Если трафик превышает оговоренный контракт (SLA), "лишние" пакеты просто отбрасываются (или помечаются как низкоприоритетные)	Защищает сеть от "эгоистичных" источников	Может приводить к потерям данных и ретрансляции, что иногда только усугубляет проблему
3. Упреждающее управление перегрузками (Advanced Congestion Control)		
Модернизация транспортных протоколов. Например, новые алгоритмы TCP, такие как BBR (Bottleneck Bandwidth and Round-trip propagation time) от Google	Может более эффективно использовать канал без создания очередей	Не является панацеей, требует внедрения на обеих сторонах соединения
Active Queue Management (AQM). Это технология, которая регулирует перегрузку сети. Современные алгоритмы (CoDel, PIE, FQ-CoDel)	Снижает задержки и общие потери, делает реакцию TCP более своевременной	Сложность настройки и параметрическая чувствительность, которая перевешивает преимущества
4. Адаптивные и интеллектуальные методы		
Прогнозирование трафика. Использование методов машинного обучения и анализа временных рядов для прогнозирования пиков нагрузки	Проактивное управление ресурсами вместо реактивного	– Высокая сложность построения точной модели. – Фундаментальная ограниченность горизонта прогнозирования
Программно-определяемые сети (SDN) и Network Function Virtualization (NFV)	Гибкость, централизованное управление, автоматизация	Высокая сложность архитектуры

Борьба с самоподобием – это комплексная задача, которая решается на всех уровнях сетевой инфраструктуры: от проектирования каналов до алгоритмов в операционных системах конечных серверов.

3. Технологические решения в области эксплуатации сенсорных сетей

Для решения разнообразных задач в сенсорных сетях требуется интеграция множества технологий и протоколов. Сети доступа должны гарантировать соответствие ключевым параметрам передачи данных: задержке, пропускной способности и уровню потерь. Объединение разнородных сетей в единую платформу осуществляется на уровне шлюзов.

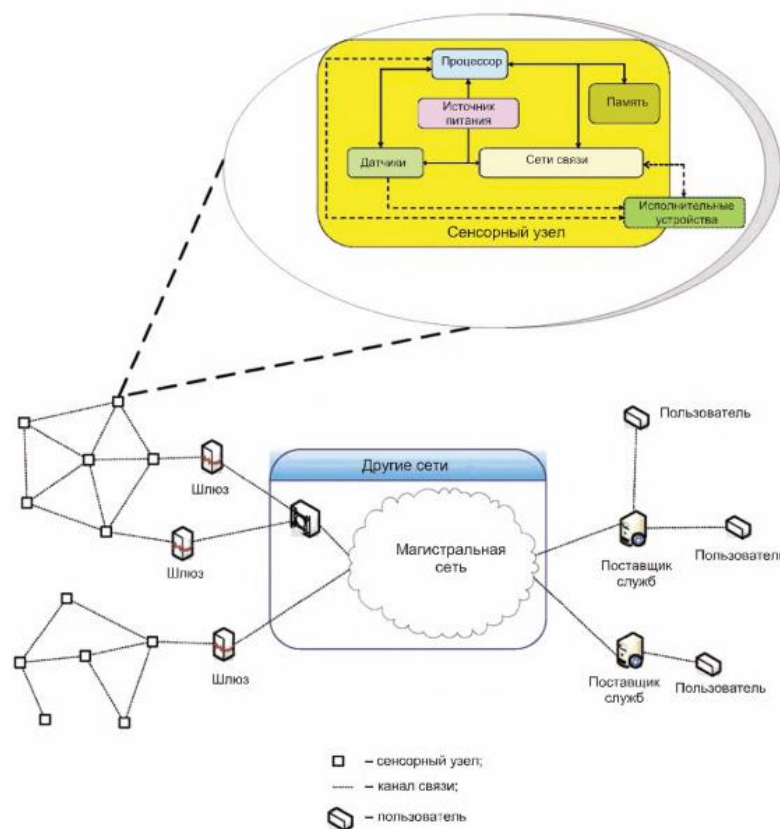


Рисунок 2. Физические сущности сенсорной сети

Сетевые шлюзы обеспечивают сетевое взаимодействие пользователей и автоматизированных систем с конечными устройствами IoT через поддерживаемые стандарты связи [12]. Их ключевая функция - агрегация данных от разнородных устройств с последующей пакетной передачей на сервер или в облако. Несмотря на то, что стек TCP/IP гарантирует передачу данных с требуемой производительностью между конечными точками, в архитектуре IoT возникает узкое место на стыке между шлюзом и беспроводными сенсорными устройствами. Это делает актуальной задачу обеспечения требуемой производительности сенсорной сети в условиях ограниченных сетевых ресурсов.

Общие требования к шлюзам согласно МСЭ-Т Y.4101/Y.2067 «Основные требования и возможности шлюзов для приложений промышленного Интернета вещей», связанные с QoS представлены ниже:

- 1) шлюз должен поддерживать политику управления трафиком и дифференциацию QoS в соответствии с категориями трафика;
- 2) шлюз должен обеспечивать механизмы измерения рабочих характеристик и управления этими характеристиками.

В Рекомендации МСЭ-Т Y.2060 в качестве функции уровня возможностей управления предлагается обеспечить управление трафиком и перегрузками.

В IoT для поддержки различных сенсорных узлов можно использовать беспроводные решения малого радиуса действия, сотовую связь и энергоэффективную сеть дальнего радиуса действия (LPWAN). Выбор средств связи зависит от того, является ли процесс критичным по времени, требуется ли получение данных в режиме реального времени и допускается ли осуществлять периодическую передачу данных с меньшими или большими интервалами. В зависимости от конкретной задачи существует достаточное количество вариантов

использования IoT, в которых могут быть задействованы различные сенсорные технологии и/или протоколы связи (табл. 4) [13].

Таблица 4. Беспроводные технологии, используемые в IoT

Технология	Рабочая частота	Максимальная дальность	Пропускная способность	Задержка	Ширина полосы пропускания	Срок службы батареи	Количество устройств
Промышленные стандарты (Высокая надежность, детерминированность)							
WirelessHART	2,4 ГГц	~200 м	250 кбит/с	10-50 мс	3 МГц	Несколько лет	30 000
ISA 100.11a	2,4 ГГц	~200 м	250 кбит/с	~100 мс	5 МГц	Несколько лет	Неограниченно
Zigbee	2.4 ГГц (глобально), 868 МГц (Европа, Россия), 915 МГц (Америка, Австралия)	10-100 м (в помещении), ~300 м (на открытом пространстве)	До 250 кбит/с	Менее 15 мс	1 МГц	От нескольких месяцев до нескольких лет	Более 65 000
Технологии LPWAN (Дальняя связь, низкое энергопотребление)							
LoRa (технология физического уровня)	915 МГц (США), 868 МГц (Европа), 433 МГц (Азия)	5-20 км	0,3-50 кбит/с	–	7,8-500 кГц	Более 10 лет	50 000
LoRaWAN(протокол сетевого уровня)	863–870 МГц (Россия, Европа), 902–928 МГц (США, др.)	15–20 км (открытая местность), 2–5 км (городская застройка)	0.3–50 кбит/с	От нескольких секунд до десятков секунд	125 кГц, 250 кГц, 500 кГц (на канал)	От 2 до 10 лет и более	Теоретически до 60+ тысяч, на практике зависит от многих факторов
NB-IoT (LTE Cat NB2)	Диапазоны сотовой связи	1–10 км	159 кбит/с	1,6-10 с (NB1)	180 кГц	Более 10 лет	100 000
LTE-M2 (LTE Cat M2)	Диапазоны сотовой связи	Более 11 км (M1)	4 Мбит/с (DL), 7 Мбит/с (UL)	10-15 мс (M1)	5 МГц	–	Более 100 000
Sigfox	868 МГц, 902 МГц	Более 50 км	100–600 бит/с	–	100-600 Гц	Более 10 лет	–
Персональные сети (Короткая дистанция, высокая пропускная способность)							
Bluetooth 5 Low Energy	2,4 ГГц	Менее 200 м (PtP), менее 1,5 км (mesh)	1-3 Мбит/с	Менее 3 мс	~2 МГц	–	32 767
Wi-Fi	2,4; 3,6; 4,9; 5; 5,9 ГГц	Менее 90 м	Более 54 Мбит/с	1-3 мс	~22 МГц	–	–

Широкому внедрению LoRaWAN в последние годы способствовали такие преимущества, как значительная дальность связи, низкое энергопотребление и доступная стоимость. Благодаря этому данная технология идеально подходит для IoT-приложений с требованиями к энергоэффективности и покрытию. Архитектура LoRaWAN представляет собой

многоуровневый стек, который гарантирует безопасную двунаправленную передачу данных, а также предоставляет функции мобильности и локализации [14].

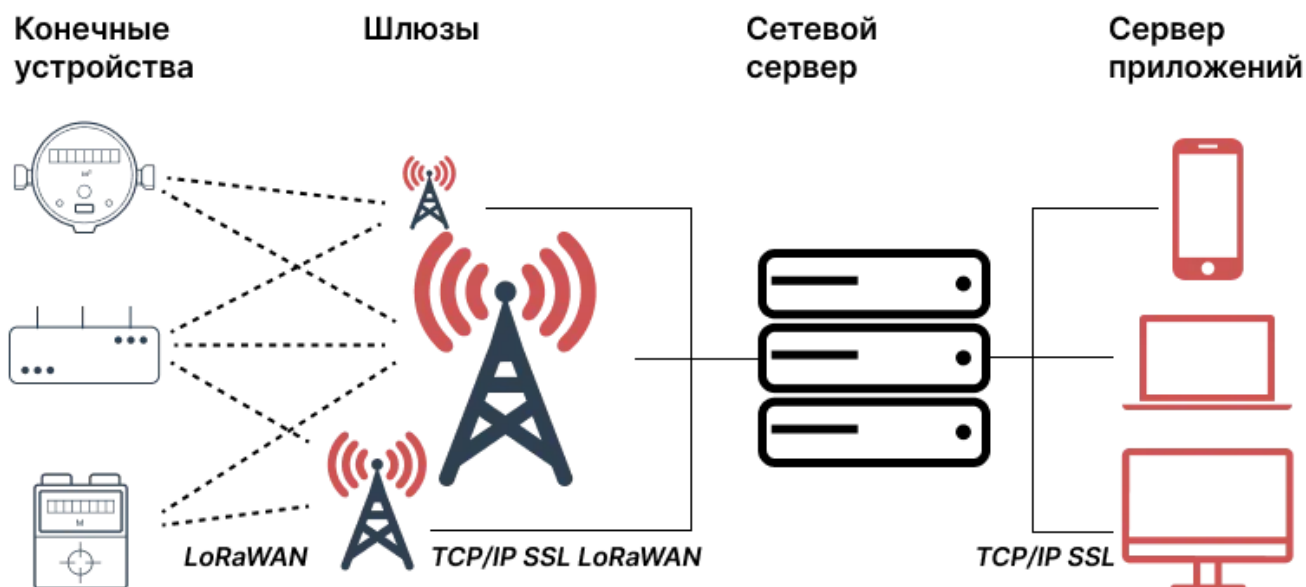


Рисунок 3. Архитектура LoRaWAN

Технология LoRaWAN занимает уникальную нишу, компенсируя недостатки таких решений, как сотовые сети и Wi-Fi/BLE. Последние либо потребляют много энергии, либо имеют ограниченный радиус действия и слабую способность к проникновению внутрь помещений, либо ориентированы на высокую скорость передачи данных [14].

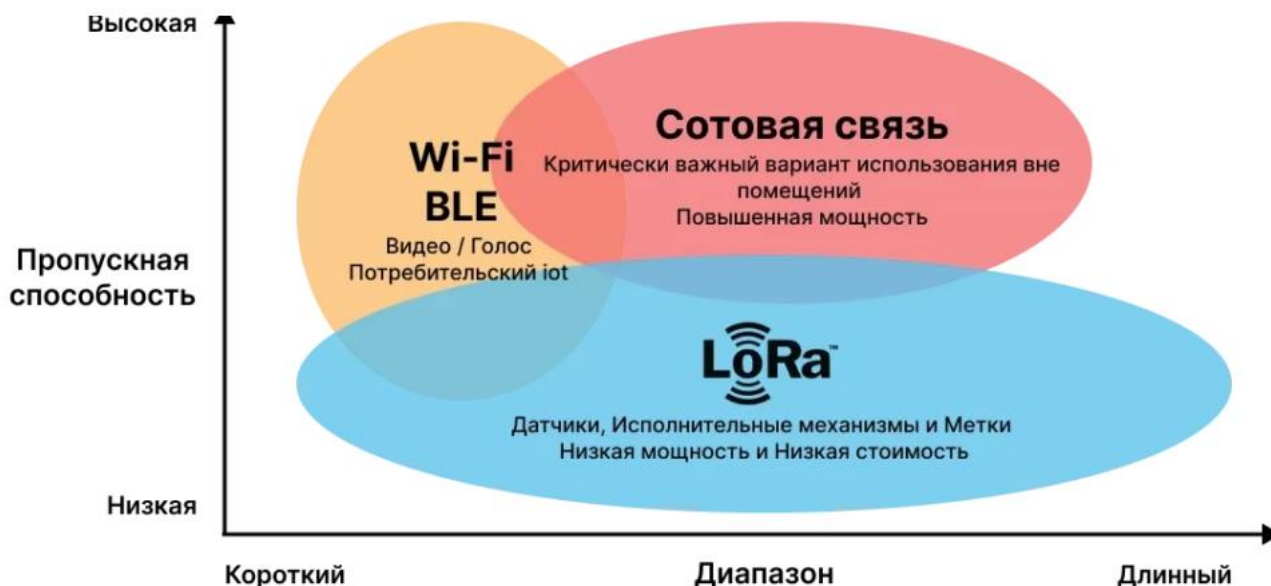


Рисунок 4. Беспроводные технологии, используемые в IoT

Несмотря на популярность, протокол LoRaWAN имеет ряд нерешённых проблем. Ключевой из них является поддержка сверхплотного развертывания устройств. Для работы в таких условиях протокол должен быть адаптирован для сохранения требуемых характеристик, поскольку значительное количество подключённых узлов генерирует интенсивный трафик, негативно влияющий на производительность сети в целом.

4. Применение Технологии LoRaWAN в IoT

Технология LoRaWAN получила широкое распространение в IoT благодаря ключевым преимуществам: большой дальности связи и низкому энергопотреблению. Она находит применение в таких областях, как «умные» города, отслеживание объектов и «умные» дома.

Ярким примером является «умное» сельское хозяйство, где с помощью LoRaWAN осуществляется мониторинг состояния урожая, влажности почвы и погодных условий [15]. Это позволяет фермерам принимать оперативные решения на основе данных в режиме реального времени. К 2025 году внедрение IoT-технологий в аграрном секторе стало массовым, что требует развития инфраструктуры передачи данных, а также наращивания вычислительных мощностей для сбора, хранения и анализа информации.

Основной задачей обеспечения качества обслуживания (QoS) является минимизация задержек и потерь пакетов для чувствительного к ним трафика. Сложность заключается в необходимости одновременного соблюдения требований к QoS для разнородных типов трафика. Существует два основных подхода к определению ключевых показателей QoS. Первый фокусируется на временных характеристиках: односторонней задержке, ее вариации (джиттере) и проценте потерь пакетов. Второй подход ориентирован на такие параметры как: средняя, пиковая скорость и пульсация потока. Механизмы обеспечения качества обслуживания направлены на уменьшение задержек в очередях и уменьшение потерь пакетов с учетом требований различных типов трафика к производительности сети. Добиться одновременного соблюдения всех характеристик качества обслуживания (QoS) для различных типов трафика весьма трудно. Методы повышения QoS основываются на подходе, который заключается в перераспределении доступной пропускной способности между различными типами трафика в соответствии с потребностями приложений. Это, безусловно, усложняет сетевые устройства, поскольку требует учета требований всех классов трафика, их классификации и распределения пропускной способности сети. Обычно это достигается с помощью нескольких очередей пакетов для каждого выходного интерфейса вместо одной; при этом в этих очередях применяются разные алгоритмы обработки пакетов, что обеспечивает дифференцированное обслуживание трафика различных классов. Следовательно, методы повышения QoS часто связывают с практикой управления очередями и политикой управления трафиком [16].

Распространение гибридных приложений в ближайшей перспективе приведет к повсеместному и непрерывному сбору данных, что, в свою очередь, станет источником значительных объемов информации. На примере сети сбора и обработки информации о состоянии почвы и растительной биомассы рассмотрим требования к инфокоммуникационной сети.

В работе [17] представлены функциональные требования и типовые технические решения сети сбора и обработки информации о состоянии почвы и растительной биомассы. В регионах РФ установлены различные величины минимального размера поля, которые варьируются от 2 гектаров (Московская, Ленинградская области) и условного размера - земельной доли (Владимирская и Ростовская области) до 70 (Алтайский край), 200 (Краснодарский край и Оренбургская область) и даже 300 гектаров (Ставропольский край) [18]. Таким образом, необходимо обеспечивать покрытие сенсорной сетью до 300 гектар.

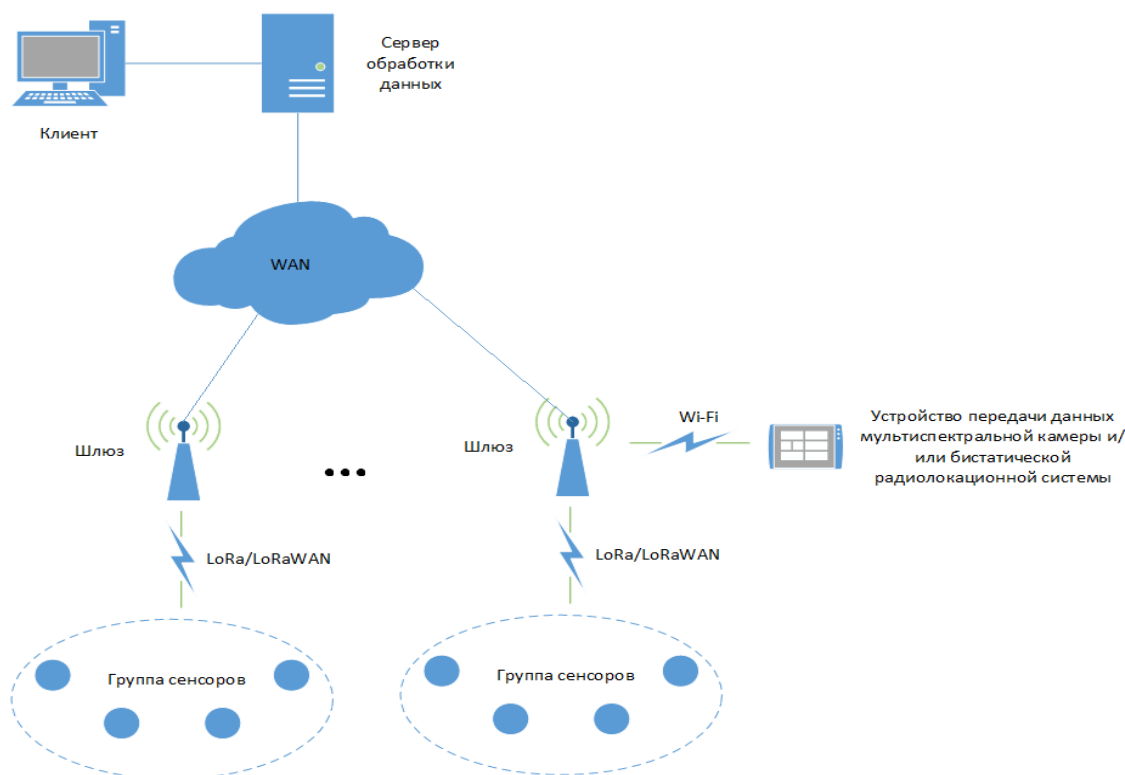


Рисунок 5. Типовое решение сбора и обработки информации о состоянии почвы и растительной биомассы

Каждый шлюз организует обособленную сенсорную сеть с требуемой площадью покрытия. В составе каждого шлюза имеется дополнительный канал связи по технологии WiFi для подключения устройства передачи данных мультиспектральной камеры и/или бистатической радиолокационной системы. Связь шлюза с сенсорами осуществляется по протоколам LoRa/LoRaWAN, в зависимости от используемого оборудования. Каждый шлюз, в отдельности, устанавливает связь с сервером обработки данных по протоколу MQTT и регистрируется в требуемых топиках. Сервер обработки данных принимает данные сенсоров, осуществляет запись полученных показаний в целевую таблицу базы данных. При подключении к шлюзу устройства передачи данных мультиспектральной камеры и/или бистатической радиолокационной системы, шлюз открывает сеанс связи по протоколу FTP. После подтверждения приема файлов, сеанс связи завершается. Полученные данные хранятся на сервере. Клиент может получить к ним доступ посредством Web-браузера, через протокол HTTP.

В рамках разрабатываемых типовых технических решений, существует два источника трафика. Первый источник – непосредственно сенсоры, второй – данные, полученные с мультиспектральной камеры и/или бистатической радиолокационной системы.

Трафик, поступающий от датчиков группы сенсоров, рассматривается как трафик с низким приоритетом, в то время как трафик, поступающий от датчиков мультиспектральной камеры, рассматривается как высокоприоритетный.

Расчет объема генерируемого трафика для разрабатываемых типовых технических решений показал, при условии, что показатели собираются четыре раза в сутки, при подключении 1500 сенсоров, общее время передачи данных составляет 504,54(54) секунд (что составит 8,4 минуты) для одного сеанса сбора показаний. При этом, объем данных составит 109 КБ данных. Общее время передачи данных позволяет осуществить временное разделение канала передачи. Однако, даже при частотном разделении канала общий объем передаваемой

информации значительно меньше данных мультиспектральной камеры. Для обеспечения перекрытия в 70% необходимо осуществлять съемку каждые 8,4 метра, при высоте полета в 30 метров со скоростью полета 5 м/с. При соблюдении данных условий, на один гектар будет сформировано ≈ 1900 МБ данных фотографий (рис. 6).

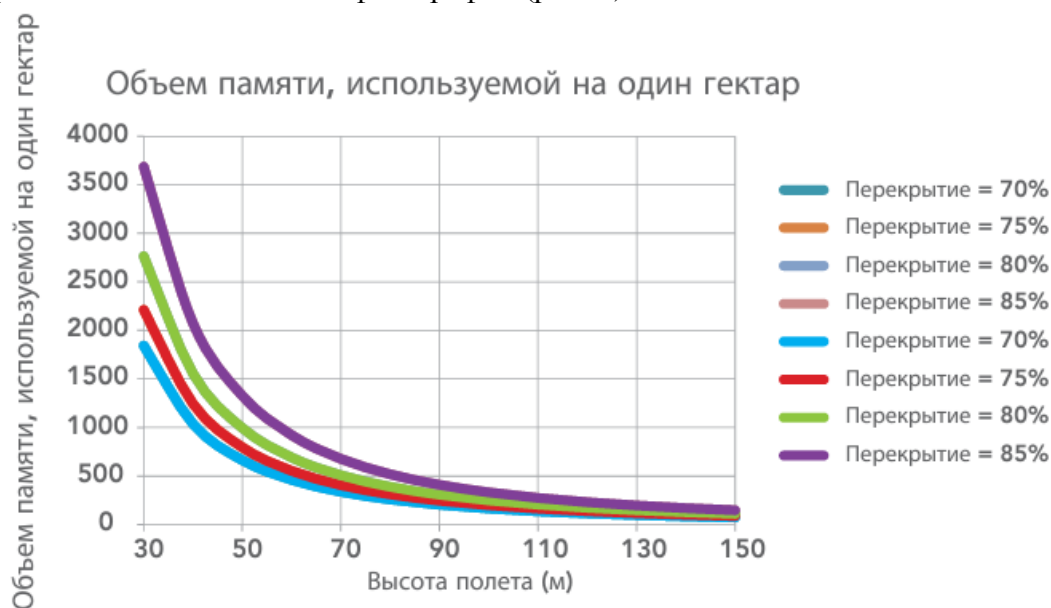


Рисунок 6. Зависимость требуемого объема памяти (в МБ) в зависимости от высоты полета.

При съемке поля размером в 300 гектар данные составили 570 Гб.

Для передачи данных при различной скорости соединения (с учетом 30% служебных данных), получим для 100 Мбит/с время передачи составит 16 ч. 28 мин., для 1 Гбит/с время передачи составит 1 ч. 38 мин., и для 10 Гбит/с время передачи составит 9 мин. 53 сек. Таким образом, оптимальной скоростью соединения будет 10 Гбит/с, что может обеспечиваться протоколом Ethernet.

По произведенным оценкам, объем данных формируемой сенсорной сетью и бистатической радиолокационной системой довольно мал, относительно данных мультиспектральной камеры, которая будет генерировать основную, но при этом нерегулярную, нагрузку на сеть передачи данных, что приведет к взрывному характеру трафика, обладающего самоподобными свойствами, влияющему на QoS в сетях IoT.

Из проведенного анализа следует противоречие в практике, которое заключается в том, что существующие политики управления трафиком сенсорных сетей в зависимости от класса решаемых задач не обеспечивают требуемые значения передачи информации по задержке, пропускной способности и потерям.

Для обеспечения требуемой пропускной способности, необходимо обеспечить на уровне шлюза поддержку политики управления трафиком и дифференциацию QoS в соответствии с категориями трафика.

Заключение. Целью данной работы являлся анализ процессов, влияющих на производительность сенсорных сетей при обслуживании самоподобного потока пакетов. На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Многообразие применений БСС определяет строгие и разнородные требования к QoS. Каждая предметная область (умный город, телемедицина, агросектор) предъявляет уникальные требования к задержкам, надежности и пропускной способности, что диктует необходимость выбора адекватной стратегии распределения трафика и ее соответствия регламентирующим стандартам.

2. Самоподобие трафика является фундаментальным свойством БСС, что доказано многочисленными исследованиями. Наличие долговременной зависимости и «пачечности» на разных временных масштабах приводит к неэффективности классических пуассоновских моделей, недооценке нагрузки и, как следствие, сложности обеспечения, требуемого QoS.

3. Сетевой шлюз становится узким местом в архитектуре IoT. На стыке между шлюзом и сенсорными устройствами возникает ключевое противоречие: необходимость агрегации данных от разнородных источников и обеспечение требуемой производительности в условиях ограниченных сетевых ресурсов. Это требует от шлюзов поддержки продвинутых механизмов управления трафиком и QoS.

4. Технологии LPWAN (в частности, LoRaWAN) оптимальны для задач с требованиями к энергоэффективности и покрытию, однако сталкиваются с проблемой обеспечения QoS при сверхплотном развертывании устройств. Интенсивный трафик от тысяч сенсорных узлов негативно влияет на общую производительность сети, что требует адаптации используемых при передаче данных протоколов.

5. Обеспечение QoS в гетерогенных БСС требует комплексного подхода, сочетающего:

- Приоритизацию трафика на основе его критичности (например, события против периодических данных).

- Механизмы Active Queue Management (AQM) для борьбы с задержками.

- Сглаживание и прогнозирование трафика для управления всплесками нагрузки.

6. На примере агросектора выявлено ключевое противоречие: существующие политики управления трафиком не обеспечивают одновременное выполнение требований по задержке, пропускной способности и потерям для гибридных приложений. Представляется целесообразным реализация на шлюзах интеллектуальных систем классификации трафика и дифференцированного обслуживания на основе QoS-политик.

Таким образом, повышение производительности сенсорных сетей в условиях самоподобного потока пакетов возможно только за счет комплексной оптимизации на всех уровнях - от выбора стратегии распределения данных до внедрения адаптивных механизмов управления QoS на сетевых шлюзах.

Список источников

1. Шелухин О. И. Фрактальные процессы в телекоммуникациях / О.И. Шелухин, А.М. Тенякшев, А.В. Осин; Под ред. О.И. Шелухина. М.: Радиотехника, 2003. 479 с.
2. M. Kaur, V. Verma and A. Malik. A Comparative Analysis of Various Congestion Control Schemes in Wireless Sensor Networks. // 2018 8th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence). 2018 Pp. 14-15. doi: 10.1109/CONFLUENCE.2018.8442449
3. Шелухин О. И., Тенякшев А. М., Осин А. В. Моделирование информационных систем. М.: Радиотехника, 2005. 368 с.
4. Шелухин О. И., Лукьянцев Н. Ф. Цифровая обработка речи. М.: Радио и связь, 2000. 256 с.
5. Полочанский, А. С. Анализ характеристик качества обслуживания в беспроводных сенсорных сетях / А.С. Полочанский, К.С. Мулярчик // Издатель: Минск: БГУ. 2016 .
6. Кучерявый А.Е. Интернет вещей // Электросвязь. 2013. №1. С.21-24.
7. Messier G. G., Finvers I. G. Traffic Models for Medical Wireless Sensor Networks // IEEE Communications Letters. January 2007. Vol. 11, no. 1. P. 13–15
8. Koucheryavy A., Prokopiev A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Telemetry Applications / in The 11th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking NEW2AN 2011, Saint-Petersburg. Springer LNCS 6869. Aug. 2011.
9. Koucheryavy A., Vybornova A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Medical and Tracking Applications / in The 12th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking NEW2AN 2012, Saint-Petersburg. Springer LNCS 7469. Aug. 2012.
10. Koucheryavy A., Muthanna A., Prokopiev A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Image Applications. Internet of Things and its Enablers (INTHITEN) / Proceedings. Conference, State University of Telecommunication, St. Petersburg, Russia. 3-4 June 2013.

11. О.И. Шелухин, А.В. Осин. Влияние самоподобности трафика на оптимизацию параметров телекоммуникационных сетей // *Электротехнические и информационные комплексы и системы* 2007. № 1, т. 3. С. 55-59
12. Deif, D., Gadallah, Y. A comprehensive wireless sensor network reliability metric for critical Internet of Things applications. *J Wireless Com Network* 2017, 145 (2017). <https://doi.org/10.1186/s13638-017-0930-3>
13. Оза, Тину. Применение датчиков и беспроводных технологий для IIoT / Т. Оза // *Беспроводные технологии*. Санкт-Петербург: Издательство Файнстрит. 2021. №3. С. 40-43
14. Обзор технологии LoRa. [Электронный ресурс]. URL: <https://itechinfo.ru/node/46?ysclid=mh1qz1qbi839411860> (дата обращения: 02.10.2025).
15. D. Davcev, K. Mitreski, S. Trajkovic, V. Nikolovski and N. Koteli, IoT agriculture system based on LoRaWAN, 2018 14th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS), Imperia, Italy, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/WFCS.2018.8402368.
16. Линец Г. И., Воронкин Р.А, Говорова С.В. Функциональное преобразование самоподобного трафика сетей связи на основе многомерной меры близости вероятностных параметров входного и выходного потоков // *Системы управления, связи и безопасности*. 2022. № 4. С.38-63. DOI: 10.24412/2410-9916-2022-4-38-63
17. Разработка информационной системы определения физико-химических параметров почвы и состояния растений на основе технологии беспроводных сенсорных сетей и беспилотных летательных аппаратов: отчёт НИОКТР / Северо-Кавказский федеральный университет; рук. Линец Г. И. Ставрополь, 2024. 395 с. Исполн: Баженов А. В., Мельников С. В., Гривенная Н. В., Малыгин С. В., Гончаров В. Д., Дегтярева Т. В., Димитренко В. Ю., Сахно Е. В. №ГР 122060300033-8. Инв. № 224031500050-0
18. Бочаров М. О минимальных размерах земель сельскохозяйственного назначения // *Имущественные отношения в РФ*. 2005. №6 (45). С.77-82.

References

1. Shelukhin, O. I. Fractal Processes in Telecommunications / O. I. Shelukhin, A. M. Tenyakshev, and A. V. Osin; Edited by O. I. Shelukhin. Moscow: Radiotekhnika, 2003. 479 p. (In Russ.).
2. M. Kaur, V. Verma and A. Malik. A Comparative Analysis of Various Congestion Control Schemes in Wireless Sensor Networks. // 2018 8th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence). 2018 Pp. 14-15. doi: 10.1109/CONFLUENCE.2018.8442449
3. Shelukhin O. I., Tenyakshev A.M., Osin A.V. Modeling of information systems. Moscow: Radiotekhnika, 2005. 368 p. (In Russ.).
4. Shelukhin O. I., Lukyantsev N. F. Digital speech processing. Moscow: Radio and Communications, 2000. 256 p. (In Russ.).
5. Polochansky, A. S. Analysis of service quality characteristics in wireless sensor networks / A. S. Polochansky, K. S. Mulyarchik // Publisher: Minsk: BSU/ 2016.
6. Kucheryavy A.E. Internet of Things // *Elektrosvyaz*. 2013. No. 1. Pp. 21-24. (In Russ.).
7. Messier G. G., Finvers I. G. Traffic Models for Medical Wireless Sensor Networks // *IEEE Communications Letters*. January 2007. Vol. 11, no. 1. P. 13–15
8. Koucheryavy A., Prokopiev A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Telemetry Applications / in *The 11th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking NEW2AN 2011*, Saint-Petersburg. Springer LNCS 6869. 2011.
9. Koucheryavy A., Vybornova A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Medical and Tracking Applications / in *The 12th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking NEW2AN 2012*, Saint-Petersburg. Springer LNCS 7469. Aug. 2012.
10. Koucheryavy A., Muthanna A., Prokopiev A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Image Applications. Internet of Things and its Enablers (INTHITEN) / *Proceedings. Conference, State University of Telecommunication, St. Petersburg, Russia*. 3-4 June 2013. (In Russ.).
11. Sheloukhin O. I., Fractal processes in telecommunications / O. I. Sheloukhin, A. M. Tenyakshev, A. V. Osin; Ed. by O. I. Sheloukhin. Moskova: Radio Engineering, 2003. 479 p. (In Russ.).
12. Deif, D., Gadallah, Y. A comprehensive wireless sensor network reliability metric for critical Internet of Things applications. *J Wireless Com Network* 2017, 145 (2017). <https://doi.org/10.1186/s13638-017-0930-3>
13. Oza, Tinu. Application of sensors and wireless technologies for IIoT / Т. Оза // *Wireless technologies*. St. Petersburg: Finestreet Publishing House. 2021. No. 3. P. 40-43. (In Russ.).

14. Overview of LoRa technology. [Electronic resource]. URL: <https://itechinfo.ru/node/46?ysclid=mh1lqziqbi839411860> (accessed on 02.10.2025).

15. D. Davcev, K. Mitreski, S. Trajkovic, V. Nikolovski and N. Koteli, IoT agriculture system based on LoRaWAN, 2018 14th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS), Imperia, Italy, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/WFCS.2018.8402368.

16. Linets G. I., Voronkin R. A., and Govorova S. V. Functional Transformation of Self-Similar Traffic in Communication Networks Based on a Multidimensional Measure of the Similarity of the Probabilistic Parameters of the Input and Output Streams // Control, Communication, and Security Systems. 2022. No. 4. Pp. 38-63. DOI: 10.24412/2410-9916-2022-4-38-63 (In Russ.).

17. Development of an information system for determining the physicochemical parameters of soil and plant condition based on wireless sensor network and unmanned aerial vehicle technology: R&D report / North Caucasus Federal University; head. Linets G. I. Stavropol, 2024. 395 p. Executed by: Bazhenov A. V., Melnikov S. V., Grivennaya N. V., Malygin S. V., Goncharov V. D., Degtyareva T. V., Dimitrenko V. Yu., Sakhno E. V. No. GR 122060300033-8. Inv. No. 224031500050-0 (In Russ.).

18. Bocharov M. On the Minimum Size of Agricultural Land // Property Relations in the Russian Federation. 2005. No. 6 (45). Pp. 77-82. (In Russ.).

Информация об авторах

Светлана Владимировна Говорова – старший преподаватель департамента цифровых, робототехнических систем и электроники, Институт перспективной инженерии, Северо-Кавказский федеральный университет, Scopus ID: 0000-0002-3225-1088; mitnik2@yandex.ru

Вклад авторов:

Светлана Владимировна Говорова

Проведение исследования – сбор, интерпретация и анализ полученных данных. Утверждение окончательного варианта – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Вклад авторов: автор внес вклад в подготовку публикации

Information about the authors

Svetlana Vladimirovna Govorova is a senior lecturer at the Department of Digital, Robotic Systems, and Electronics, Institute of Advanced Engineering, North Caucasus Federal University, Scopus ID: 0000-0002-3225-1088; mitnik2@yandex.ru

Author Contributions:

Svetlana V. Govorova

Conducted the study – collected, interpreted, and analyzed the data. Approved the final version – accepted responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article, and its final version.

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

Научная статья
УДК 004.724.4
<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.2>



Роль беспроводных сенсорных сетей в повышении эффективности агропромышленного комплекса: систематический обзор

Владимир Валерьевич Самойленко^{1*}

¹. Ставропольский государственный аграрный университет (д. 12, пер. Зоотехнический, Ставрополь, 355000, Россия,

samoilenko.vv@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4703-9642>

*Автор, ответственный за переписку: Владимир Валерьевич Самойленко, samoilenko.vv@yandex.ru

Аннотация. Введение. Современный агропромышленный комплекс (АПК) сталкивается с вызовами, требующими перехода к прецизионным, ресурсосберегающим и адаптивным методам управления. Беспроводные сенсорные сети (БСС) рассматриваются как ключевая технологическая основа для цифровизации АПК. Однако, в литературе сохраняется пробел, связанный с отсутствием системного анализа интеграционного потенциала БСС и их комплексного влияния на операционную, экономическую и экологическую эффективность АПК на всех этапах цепочки создания стоимости. **Цель.** Комплексный анализ роли БСС в повышении операционной, экономической и экологической эффективности АПК, а также выявление ключевых технологических трендов, барьеров внедрения и перспективных направлений будущих исследований. **Материалы и методы** Проведен систематический обзор литературы в соответствии с руководством PRISMA. Поиск релевантных публикаций за период 2021–2026 гг. осуществлен в базе данных Scopus с использованием заданной стратегии. Отбор исследований проводился по критериям PICOS, с фокусировкой на эмпирические работы, посвященные применению БСС в различных отраслях АПК. Для анализа использовались методы качественного тематического синтеза, библиометрической визуализации (VOSviewer) и критической оценки качества исследований. **Результаты и обсуждение.** Определено пять ключевых тематических кластеров исследований, подтверждающих их междисциплинарный характер. Установлено, что БСС оказывают значимое положительное влияние на ключевые показатели эффективности АПК, такие как повышение урожайности до 43%, экономия воды до 50% и удобрений до 32%, снижение энергопотребления до 50%. Технологическая составляющая БСС эволюционирует в сторону гибридных облачно-периферийных архитектур с интеграцией искусственного интеллекта. Произведенный анализ барьеров, препятствующих активному применению данной технологии в АПК. **Заключение.** БСС являются технологическим ядром для построения эффективного и устойчивого агропромышленного комплекса. Проведенный обзор систематизирует доказательства их положительного воздействия на КРІ и выделяет архитектурные и интеграционные тренды. Для полной реализации потенциала БСС необходимы дальнейшие междисциплинарные исследования, направленные на преодоление технических и экономических барьеров, разработку стандартов и создание адаптивных решений, учитывающих локальные условия.

Ключевые слова: Беспроводные сенсорные сети (БСС), агропромышленный комплекс (АПК), «умное» сельское хозяйство (Smart Agriculture), Интернет вещей (IoT), ключевые показатели эффективности (КРІ), прецизионное земледелие, энергоэффективность, систематический обзор, периферийные вычисления (Edge Computing), машинное обучение / искусственный интеллект (ИИ), протоколы LPWAN (LoRaWAN, NB-IoT), цифровизация сельского хозяйства, оптимизация ресурсов (вода, удобрения), устойчивое развитие, автономные системы.

Для цитирования: Самойленко В.В. Роль беспроводных сенсорных сетей в повышении эффективности агропромышленного комплекса: систематический обзор // Современная наука и инновации. 2026. № 0. С. 25-45. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.2>

Финансирование: Настоящая статья подготовлена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 075-15-2025-591) в рамках реализации

мероприятий программы развития научного центра мирового уровня «Агроинженерия будущего» Ставропольского ГАУ, утверждённой протоколом заседания президиума Комиссии по научно-технологическому развитию Российской Федерации от 29 мая 2025 года № 3.

Конфликт интересов: [Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.]

Статья поступила в редакцию 21.01.2026;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

Systematic Review

The Role of Wireless Sensor Networks in Improving the Efficiency of the Agro-Industrial Complex: A Systematic Review

Vladimir V. Samoylenko^{1*}

¹ Stavropol State Agrarian University (12, Zootekhnicheskyy ave., Stavropol, 355000, Russia)

¹ samoilenko.vv@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4703-9642>

*Corresponding author **Vladimir V. Samoylenko**, mitnik2@yandex.ru

Abstract. Introduction. The modern agro-industrial complex faces challenges that require a transition to precision, resource-saving, and adaptive management methods. Wireless sensor networks are considered a key technological foundation for the digitalization of the agro-industrial complex. However, a gap persists in the literature regarding the lack of a systematic analysis of the integration potential of WSNs and their comprehensive impact on the operational, economic, and environmental efficiency of the agro-industrial complex at all stages of the value chain. **Goal.** The aim of this systematic review is a comprehensive analysis of the role of WSNs in improving the operational, economic, and environmental efficiency of the agro-industrial complex, as well as identifying key technological trends, implementation barriers, and promising directions for future research. **Materials and methods.** A systematic literature review was conducted in accordance with the PRISMA guidelines. The search for relevant publications for the period 2021–2026 was performed in the Scopus database using a defined search strategy. Study selection was carried out according to PICOS criteria, focusing on empirical works dedicated to the application of WSNs in various sectors of the agro-industrial complex. For the analysis, methods of qualitative thematic synthesis, bibliometric visualization (VOSviewer), and critical assessment of study quality were used. **Results and discussion.** Five key thematic research clusters were identified, confirming their interdisciplinary nature. It was established that WSNs have a significant positive impact on the key performance indicators of the agro-industrial complex, such as increasing yield by up to 43%, saving water by up to 50% and fertilizers by up to 32%, and reducing energy consumption by up to 50%. The technological component of WSNs is evolving towards hybrid cloud-edge architectures with artificial intelligence integration. An analysis of barriers hindering the active application of this technology in the agro-industrial complex was performed. **Conclusion.** WSNs are the technological core for building an efficient and sustainable agro-industrial complex. This review systematizes evidence of their positive impact on KPIs and highlights architectural and integration trends. For the full realization of WSNs' potential, further interdisciplinary research is needed, aimed at overcoming technical and economic barriers, developing standards, and creating adaptive solutions that consider local conditions.

Key words: wireless sensor networks (WSN), agro-industrial complex, smart agriculture, Internet of Things (IoT), key performance indicators (KPI), precision farming, energy efficiency, systematic review, edge computing, machine learning / artificial intelligence (AI), LPWAN protocols (LoRaWAN, NB-IoT), digitalization of agriculture, resource optimization (water, fertilizers), sustainable development, autonomous systems

© Самойленко В.В., 2026

For citation: Samoylenko VV The Role of Wireless Sensor Networks in Improving the Efficiency of the Agro-Industrial Complex: A Systematic Review. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):25-45. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.2>

Funding: This article was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (agreement No. 075-15-2025-591) as part of the implementation of the activities of the program for the development of the world-class scientific center "Agroengineering of the Future" in Stavropol State Agrarian University, approved by the meeting protocol of the Presidium of the Commission for Scientific and Technological Development in the Russian Federation dated May 29, 2025 No. 3

Conflict of interest: [The author declare no conflicts of interests.]

The article was submitted 21.01.2026;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026.

Введение. Современный агропромышленный комплекс (АПК) сталкивается с рядом глобальных вызовов, среди которых можно отметить необходимость устойчивого увеличения производства продовольствия, оптимизация использования ограниченных ресурсов (воды, энергии, удобрений) и адаптация к изменяющимся климатическим условиям [1]. Традиционные методы управления объектами АПК, основанные на эмпирическом опыте и усредненных данных, зачастую не могут обеспечить требуемую точность и оперативность принятия решений. В этом контексте цифровизация сельского хозяйства на основе интернета вещей (IoT) становится ключевым фактором повышения его эффективности и конкурентоспособности. Одной из наиболее перспективных технологий для реализации концепции «умного» сельского хозяйства (Smart Agriculture) являются беспроводные сенсорные сети (БСС), которые представляют измерительно-телекоммуникационный базис IoT [2].

БСС представляет собой распределенную сеть автономных, миниатюрных электронных устройств (сенсорных узлов) [3], объединённых по беспроводному каналу связи для совместного мониторинга параметров на заданной территории (к примеру: поле, теплица, ферма, сад, хранилище) и передачи данных на центральный узел (шлюз) для последующей обработки, анализа и принятия управленческих решений.

Типичная архитектура БСС в АПК имеет трехуровневую иерархическую структуру [4]:

первый уровень включает в себя сенсорное поле, состоящее из множества развернутых узлов стационарного (в почве, на шпалерах) или мобильного (на роботах, животных, дронах) исполнения. Основной их задачей является непрерывный или периодический сбор данных [1].

второй уровень представляет собой сеть передачи данных, где для связи между узлами и шлюзом применяются энергоэффективные протоколы дальней связи (LPWAN - Low-Power Wide-Area Network), такие как LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) [5] и NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) [6], часто с использованием многоскачковой (multi-hop) маршрутизации для увеличения радиуса покрытия.

третий уровень представляет собой шлюз (Gateway), который выступает интерфейсом между БСС и внешними системами: он агрегирует, производит предобработку данных и передаёт их в облако или на локальный сервер через широкополосные каналы (Ethernet, 4G/5G, Wi-Fi) для дальнейшего анализа и управления.

Несмотря на растущий объем научных публикаций, посвященных применению БСС в АПК, основная часть исследовательского внимания сосредоточена на анализе их технических характеристик (энергоэффективности протоколов, пропускной способности, срока службы узлов) или на решении узконаправленных агротехнических задач (автоматизация капельного орошения, локальный мониторинг состояния почвы). Подобные исследования безусловно вносят вклад в развитие технологии, однако представленная фрагментарность не позволяет оценить совокупное влияние БСС на агропромышленный комплекс как целостную систему. Таким образом, в литературе сохраняется существенный пробел: отсутствует комплексный, системный анализ роли БСС в повышении эффективности на всех ключевых этапах цепочки

создания стоимости АПК от прецизионного производства и контроля условий хранения до логистики и управления ресурсами. Настоящий обзор призван восполнить этот пробел, сместив фокус с отдельно рассматриваемых технических решений на оценку их интеграционного потенциала и конечного вклада в операционную, экономическую и экологическую эффективность всего агросектора. Для устранения данного пробела предлагаются исследования по систематическому обзору научной литературы для анализа и обобщения роли БСС в повышении операционной, экономической и экологической эффективности АПК. Проводя декомпозицию поставленной цели, можно представить следующие задачи исследования:

1. Классификация направлений применения БСС в АПК.

2. Анализ влияния БСС на ключевые показатели эффективности (КПИ): урожайность, ресурсопотребление (вода, энергия, удобрения), рентабельность.

3. Анализ применяемой архитектуры, протоколов связи и типов данных.

4. Систематизация технологических вызовов и барьеров внедрения.

5. Определение перспективных направлений будущих исследований.

Материалы и методы исследований. Настоящий систематический обзор был проведен в соответствии с рекомендациями международного руководства PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), который включает сбор, критическую оценку и синтез существующих научных данных о роли БСС в повышении операционной, экономической и экологической эффективности АПК [7].

2. Методика сбора данных для проведения исследования

2.1. Критерии отбора (Eligibility Criteria)

Для обеспечения методической строгости и четкости фокуса обзора была применена методология PICOS (**Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Study design**) [8]:

- **P (Population/Контекст):** агропромышленный комплекс, включая растениеводство (открытый грунт, теплицы), животноводство, аквакультуру, а также этапы хранения и транспортировки сельхозпродукции.
- **I (Intervention/Технология):** применение БСС или IoT-систем на их основе для мониторинга, контроля и автоматизации процессов.
- **C (Comparison/Сравнение):** (i) сравнение с традиционными, не автоматизированными методами ведения хозяйства; (ii) сравнение различных архитектур, протоколов или конфигураций БСС между собой (в рамках анализа эффективности самой технологии).
- **O (Outcomes/Результаты):** ключевые показатели эффективности (КПИ), такие как: изменение урожайности, экономия ресурсов (воды, энергии, удобрений), снижение трудозатрат, повышение качества продукции, рентабельность, данные о надежности и энергопотреблении самой сенсорной сети.
 - **S (Study design/Типы исследований):** эмпирические исследования, пилотные проекты, case studies, экспериментальные работы, опубликованные в рецензируемых журналах и материалах конференций.

Критерии включения [7]:

1. Публикации на английском или русском языках.
2. Период публикации: 2021–2026 гг. (фокус на современных технологиях).
3. Наличие эмпирических данных или детального технико-экономического анализа применения БСС в контексте АПК.
4. Описание архитектуры БСС, типов датчиков или измеряемых параметров.

Критерии исключения [7]:

1. Теоретические статьи, посвященные исключительно моделированию протоколов связи без привязки к конкретной сельскохозяйственной задаче.
2. Патенты, диссертации, тезисы, отчеты, книги.
3. Исследования, в которых беспроводная связь не является ключевым компонентом системы (например, системы на проводных датчиках).

4. Публикации с недоступным полным текстом.

2.2. Стратегия поиска (Search Strategy)

Поиск литературы проводился в феврале 2026 года в международной электронной научной базе **Scopus**. Была разработана комплексная строка поиска с использованием булевых операторов и усечений для охвата ключевых понятий с 2021 по 2026 гг. Базовая структура запроса представлена ниже:

```
TITLE-ABS-KEY ( ( "wireless sensor network*" OR wsn OR "internet of things" OR iot ) AND ( agricultur* OR farm* OR "precision agricultur*" OR "smart farm*" OR greenhouse* OR livestock OR horticultur* ) AND ( efficien* OR yield OR "water sav*" OR "energy sav*" OR "resource manag*" OR monitor* OR control* OR automati* ) ) AND PUBYEAR > 2020 AND PUBYEAR < 2027
```

Дополнительно был проведен **ручной поиск** по спискам литературы ключевых статей для выявления потенциально релевантных публикаций, пропущенных автоматическим поиском.

2.3. Процесс отбора исследований (The Study Selection Process)

Процесс состоял из четырех этапов (Рисунок 1):

1. **Идентификация:** Сбор всех записей из баз данных, удаление дубликатов с помощью ПО Zotero и ручной проверки.

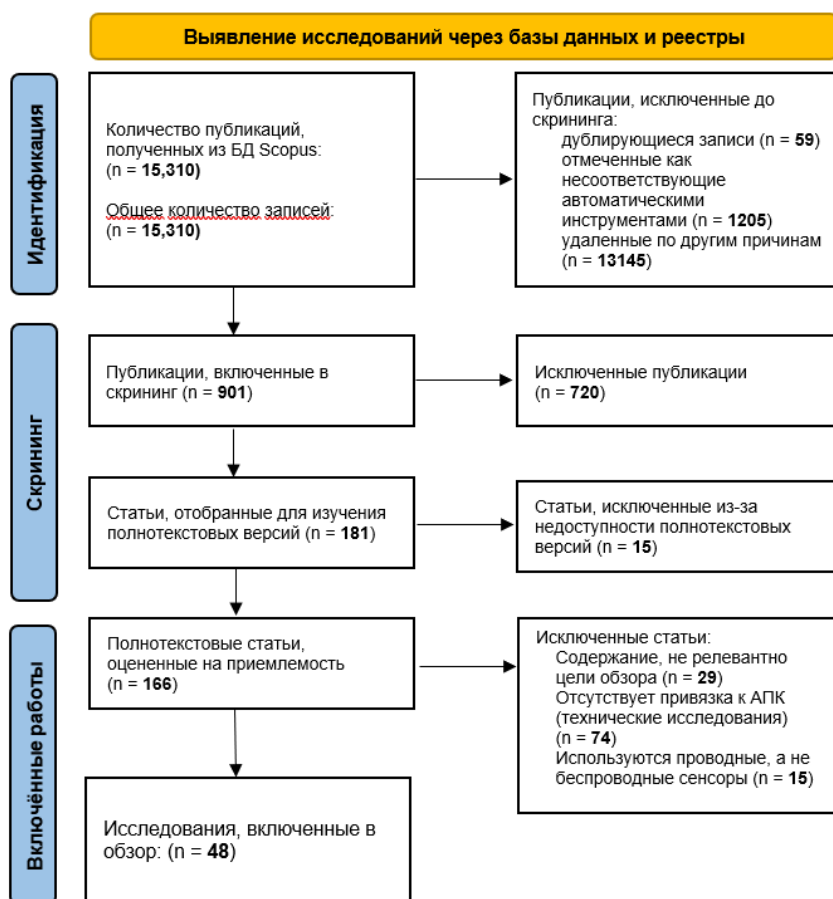


Рисунок 1. Блок-схема PRISMA

2. **Скрининг:** Первичная оценка релевантности по заголовкам и аннотациям на соответствие критериям включения/исключения. Детальный анализ **полных текстов** оставшихся статей для окончательного решения об их включении в обзор.

3. **Включение:** Формирование итогового списка исследований для качественного синтеза.

Процесс отбора визуализирован с помощью **блок-схемы PRISMA**, которая отображает количество статей на каждом этапе и причины исключения.

2.4. Извлечение и анализ данных (Data Extraction and Synthesis)

Для каждого включенного исследования данные извлекались в стандартизированную таблицу (data extraction form), включающую следующие поля:

- **Идентификаторы:** автор(ы), год публикации, источник.
- **Характеристики исследования:** цель, локация, тип объекта АПК (поле, теплица, ферма и т.д.).
- **Технические характеристики БСС:** архитектура сети, типы датчиков, протоколы связи, платформа (к примеру: Arduino, Raspberry Pi), источник питания.
- **Решаемая задача:** контроль микроклимата, мониторинг почвы, управление поливом, отслеживание скота и др.
- **Ключевые результаты:** количественные и качественные данные о влиянии на эффективность АПК (значения KPI).
- **Выводы и ограничения:** основные заключения авторов и указанные ими проблемы.

Ввиду значительной гетерогенности измеряемых параметров, технологических решений и условий проведения исследований, количественный мета-анализ был признан неподходящим. Поэтому был проведен **качественный тематический синтез (narrative synthesis)**. Данные были структурированы по ключевым темам (области применения, технические решения, влияние на эффективность, вызовы), обобщены и представлены в виде текстового описания, сравнительных таблиц.

2.5. Оценка качества исследований (Quality Assessment)

Для критической оценки методологического качества включенных эмпирических исследований был адаптирован **чек-лист на основе критериев Joanna Briggs Institute (JBI)** [9] для case studies и квази-экспериментальных исследований. Оценка фокусировалась на четкости постановки задачи, описании контекста и интервенции (БСС), методах сбора данных, обоснованности анализа результатов и учете ограничений. Результаты оценки использовались не для исключения статей, а для взвешенной интерпретации их выводов в ходе синтеза и обсуждения.

2.6 Визуализация библиометрических данных (Data Visualization)

С целью проведения классификации основных областей применения БСС в АПК и выявления глобальных исследовательских трендов и коллабораций был выбран инструмент для визуализации и анализа библиометрических данных VOSViewer.

В него были загружены исходные данные из Scopus с количеством записей 15310, произведена аналитика.

Результаты исследований и их обсуждение. 3.1. Библиометрический анализ применения БСС в АПК

В рамках проведенного исследования проведен анализ предметной области 15310 источников с помощью программного продукта VOSViewer.

На представленной визуализации (Рисунок 2) отражена структура научных публикаций, посвящённых внедрению БСС и смежных цифровых технологий в АПК. Визуализация создана с использованием методов анализа совместной встречаемости терминов в научных работах, что позволяет выделить основные тематические кластеры и взаимосвязи между ключевыми концепциями.

В контексте цифровизации АПК ключевыми тенденциями являются интеграция искусственного интеллекта и блокчейн-технологий для анализа данных в реальном времени, ориентация на устойчивое развитие посредством снижения выбросов и ресурсосбережения, усиление значимости кибербезопасности, а также широкое внедрение беспилотных летательных аппаратов и распределенных сенсорных систем для прецизионного мониторинга состояния полей и здоровья животных.

Визуализация наглядно демонстрирует, что БСС являются технологическим ядром современного АПК, обеспечивая связь между физическими процессами и цифровыми платформами для повышения эффективности, устойчивости и доходности сельского хозяйства.

На рисунке 3 представлена сетевая визуализация глобального ландшафта научных исследований в области применения БСС в АПК, основанная на кластеризации стран по паттернам коллаборации и публикационной активности. Полученная карта выявляет региональные исследовательские приоритеты, а также географию центров экспертизы и инновационных хабов. Кроме того, визуализация раскрывает конфигурацию международных коллабораций, которые выступают каналами трансфера технологий. Граф наглядно демонстрирует существующие дисбалансы и пробелы в исследовательской активности между развитыми и развивающимися странами и макрорегионами.

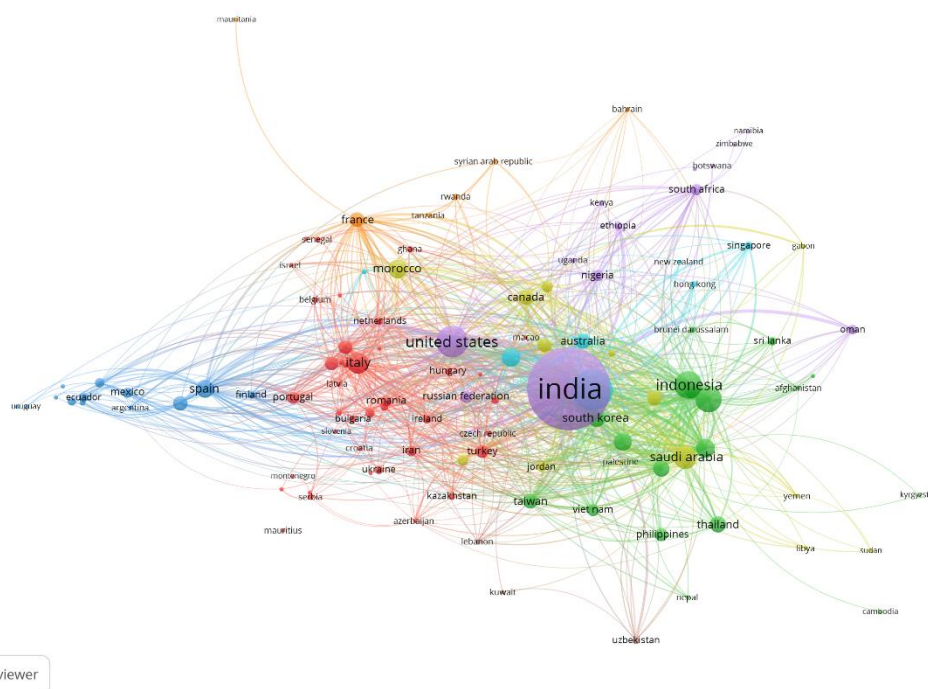


Рисунок 3. Результаты анализа географии исследователей по предметной области в программе VOSViewer

На основе кластерного анализа глобальных паттернов публикационной активности и научных коллабораций выявлены отчетливые региональные стратегии внедрения БСС в АПК.

Европейский кластер (Германия, Италия, Франция) фокусируется на точном земледелии и устойчивых технологиях в рамках регуляторных инициатив [10], в то время как кластер Латинской Америки (Бразилия, Мексика) ориентирован на мониторинг обширных сельскохозяйственных угодий и оптимизацию водопользования, с Испанией в роли технологического моста.

Регион Ближнего Востока и Северной Африки (Саудовская Аравия, Египет), демонстрирующий высокие показатели цитирования, концентрируется на решениях для засушливых зон (прецизионное орошение, теплицы), где Саудовская Аравия выступает ключевым хабом благодаря масштабным инвестициям [11].

Кластер Африки южнее Сахары и Индии отличается высоким количеством публикаций при относительно низком цитировании, что отражает направленность на разработку доступных БСС-решений для мелких фермерских хозяйств.

Юго-Восточная Азия (Малайзия, Индонезия) специализируется на мониторинге плантационных культур в тропическом климате, а транснациональный кластер во главе с Китаем и Австралией лидирует в интеграции БСС с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), спутниковыми системами и решениях для умного животноводства.

Анализ коллаборационных сетей показал сильные трансрегиональные связи (Китай–Великобритания, Египет–Саудовская Аравия) и значительные пробелы, особенно между странами глобального Юга.

Результаты анализа подтверждают значительную корреляцию между экономическим развитием, климатическими условиями, политическими альянсами и исследовательскими приоритетами, а также указывают на сохраняющееся глобальное неравенство в доступе к передовым технологиям, что требует разработки инклюзивных стратегий для адаптации БСС-решений к локальным агроклиматическим и социально-экономическим контекстам в рамках Четвертой сельскохозяйственной революции [12].

Прецизионное земледелие:

Данное направление переходит от точечных решений к комплексным платформам, объединяющим данные из разных источников для управления всей экосистемой поля.

- **Ключевая работа (AGRO AI):** Платформа AGRO AI [13] демонстрирует тренд на слияние макро- и микроуровней данных. Она интегрирует спутниковые снимки NASA с показаниями полевых IoT-датчиков, чтобы давать фермерам персонализированные рекомендации по поливу, удобрениям и защите растений. Это шаг к созданию «цифрового двойника» фермы.

- **Автономные решения:** Исследование «Fuxi Brain» [14] представляет собой автономную систему принятия решений на базе генеративных ИИ-моделей. Система самостоятельно, без участия человека, управляет всем циклом выращивания кукурузы, от посадки до уборки, демонстрируя высочайшую точность решений.

- **Глубокое обучение (Deep Learning):** Систематический обзор [15] подчёркивает доминирующую роль моделей CNN и рекуррентных нейронных сетей (recurrent neural network, RNN) в задачах прогнозирования урожайности, обнаружения болезней и управления посевами.

Управление поливом и орошением:

В проанализированных работах по этому направлению акцент делается не просто на автоматизации полива, а на эффективном использовании водных ресурсов с помощью адаптивных алгоритмов.

- **Эффективность и экономия:** Система «IoT-Driven Smart Irrigation» [16] показала следующие результаты: сокращение расхода воды на 47% при одновременном увеличении урожайности салата на 43%. Это достигается за счёт точного контроля влажности почвы и применения органических биостимуляторов.

- **Интеллектуальное управление:** Исследование «Advanced Fuzzy Logic Control» [17] предлагает систему управления, анализирующую совокупность параметров, таких как влажность почвы, температуру, влажность воздуха, солнечную радиацию и уровень питательных веществ. Нейро-нечёткий контроллер реализует систему принятия решений, сокращая энергопотребление до 54%.

- **Доступность:** Важным трендом является создание низкобюджетных решений [18], что делает технологии умного орошения доступными для мелких и средних фермеров.

Умные теплицы и фитотроны:

Основной акцент в публикациях занимают максимизация энерго и ресурсоэффективности, автономность и круглогодичная устойчивость производства в условиях городов или неблагоприятного климата.

- Энергетическая оптимизация: Система SGEM [19] представляет собой полноценную микросеть для теплицы. Она интегрирует солнечные панели, аккумуляторы и сеть, а гибридный алгоритм оптимизации (PSO+COA) динамически управляет энергией, снижая затраты на 50% и выбросы CO₂.

- Урбанистическое сельское хозяйство: Концепция контейнерной фермы [20] и вертикальных теплиц [21] решает проблему нехватки земли в городах. Используются мобильные стеллажи, рекуперация воды из конденсата и полный IoT-контроль, что делает производство зелени локальным и устойчивым.

- Новые методы контроля: Применение интегрированных систем связи и зондирования (ISAC) [22] позволяет бесконтактно и непрерывно контролировать водный статус растений (салата), используя саму беспроводную связь как датчик, что снижает затраты и упрощает систему.

Животноводство (точное животноводство):

Это направление быстро развивается, фокусируясь на благополучии животных, профилактике заболеваний и оптимизации кормления для повышения продуктивности и устойчивости.

- Аквакультура: Обзор [23] описывает, как ИИ и компьютерное зрение модернизирует отрасль рыбоводства: от мониторинга качества воды в реальном времени до автоматической оценки биомассы, обнаружения болезней и оптимизации кормления.

- Безопасность пищевых продуктов: В мясном животноводстве система на базе Industry 4.0 [24] использует блокчейн, IoT и цифровые двойники для обеспечения прослеживаемости и соблюдения стандартов (например, халяль) на всём пути от фермы до прилавка, повышая доверие потребителей.

- Ранняя диагностика: Система AI-Enabled Thermal Imaging [25] для выявления мастита у крупного рогатого скота (КРС) сочетает инфракрасные камеры и ИИ для раннего обнаружения воспаления по термограмме вымени, что позволяет быстрее реагировать и снижать использование антибиотиков.

- Автоматический мониторинг состояния: Walk-Over Weighing System (WoWS) с ИИ [26] позволяет ежедневно автоматически взвешивать скот без стресса для животных. Анализ динамики веса помогает выявлять проблемы со здоровьем или питанием на ранней стадии.

- Контроль условий содержания: Сравнительный обзор технологий мониторинга выбросов аммиака [27] в свиноводстве важен для обеспечения здоровья животных, персонала и экологии, помогая выбрать оптимальные сенсоры (электрохимические, фотоакустические и др.).

3.2. Технические аспекты и архитектуры БСС в АПК

Аппаратное обеспечение:

В области анализа технических средств, применяемых в БСС для мониторинга объектов АПК наблюдается достаточно сильная диверсификация типов оборудования под разные задачи и условия эксплуатации.

- Сенсоры и узлы:

- Многофункциональные: В статьях фигурируют комбинированные сенсоры для почвы (влажность, температура, NPK-датчики, в т.ч. спектрометры для тяжёлых металлов [28]), атмосферы (ДНТ: температура, влажность), газа (аммиак NH₃ [5]).

- Бесконтактные и косвенные: Используются камеры (RGB, мультиспектральные, тепловизионные) и методы интегрированного зондирования и связи (ISAC) [5], где сам радиосигнал служит для измерения влажности среды выращивания растений.

- Магнитно-индуктивные: Для подземного мониторинга (Интернет Подземных Вещей, IoUT) применяются магнитно-индуктивные сети [29], обеспечивающие связь в сложных грунтах, где традиционные радиочастотные сигналы затухают.

- Вычислительные платформы:

- Микроконтроллеры (MCU) для TinyML: ESP32 (особенно ESP32-S3) является де-факто стандартом для развёртывания моделей периферийных ИИ (Edge AI). В работе [30] представлена модель для обнаружения болезней томатов, реализуемая на ESP32-S3.

- Одноплатные компьютеры: Raspberry Pi (например, 4B в [31]) используется как более мощный шлюз или узел обработки изображений и управления (в роботах, умных ловушках).

- Специализированные платы для теплиц/фитотронов: Разрабатываются низковольтные IoT-узлы на базе ESP32 с питанием от солнечных панелей, интегрированные в систему управления микроклиматом [19].

- Энергетика:

- Рассматриваются модели оптимального расположения сенсорных узлов, оптимизирующих энергоэффективность БСС [32].

- Находит применение использование технологий возобновляемой энергетики, в частности солнечные панели с литий-ионными аккумуляторами для обеспечения автономности полевых устройств, роботов [33] и умных ловушек [31].

Протоколы связи и стандарты:

Выбор протокола определяется дальностью связи, энергопотреблением, скоростью передачи данных и стоимостью.

- Короткая дистанция / Локальные сети (Field Area Network):

- Wi-Fi (IEEE 802.11): Используется внутри теплиц, ферм, складов для передачи больших объёмов данных (видео, изображения) на шлюзы. Часто связывает датчики, камеры или другие элементы с локальным сервером [30].

- Bluetooth Low Energy (BLE): Для связи носимых датчиков на животных со стационарными считывателями или шлюзами.

- Дальняя дистанция / Низкое энергопотребление (LPWAN):

- LoRa / LoRaWAN: Ключевой протокол для сельской местности. Доминирует в исследованиях для мониторинга окружающей среды, к примеру для мониторинга аммиака и почвы [5]. Ключевыми преимуществами технологии является большая дальность радиопередачи (несколько км), низкое энергопотребление и как следствие большой срок автономной работы.

- NB-IoT / LTE-M (в контексте 5G): Рассматривается как перспективная замена/дополнение LoRa, особенно там, где требуется гарантированное качество связи (Quality of Service, QoS) и интеграция с существующей инфраструктурой мобильных операторов. Исследования [34] посвящены реализации технологии 5G для плантаций сахарного тростника.

- Спутниковая связь:

- Низкоорбитальные спутники (LEO): Упомянуты как решение для глобальной связи в удалённых районах, например, для мониторинга морских контейнеров с растениями [35]. На сегодняшний день стоимость данной технологии высока, однако обоснована ее применения для повышения автономности мониторинга удаленных объектов.

- Протоколы прикладного уровня:

- Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) стандарт часто используется для реализации IoT, в том числе для сбора и обработки данных [30].

- HTTP/HTTPS, REST API: Для взаимодействия с облачными платформами (Blynk, ThingsBoard, собственные сервисы) и веб-интерфейсами.

Архитектуры сетей:

Анализ архитектуры используемых в АПК сенсорных сетей показывает эволюционный подход от простого сбора данных к сложным многоуровневым гибридным системам [4].

- Трёхуровневая классическая архитектура (Устройство → Шлюз → Облако): Остаётся базовой. Датчики → Шлюз (собирает данные, к примеру LoRa/Wi-Fi) → Облачный сервис (аналитика, дашборд). Пример: большинство систем умного орошения.

- Периферийные вычисления (Edge Computing) [30]:
 - Смещение интеллекта на край сети — главный тренд для снижения задержек, расхода трафика и обеспечения работы при обрыве связи.
 - TinyML на MCU: Локальный вывод моделей ИИ прямо на микроконтроллере датчика.
 - Шлюз с ИИ (Edge AI Gateway): Более мощные одноплатные компьютеры (Jetson Nano, Raspberry Pi) на краю сети анализируют видео с камер, обрабатывают данные с группы датчиков.
 - Fog Computing (Туманные вычисления): Локальный сервер на ферме агрегирует данные с нескольких краевых устройств, выполняет предобработку и отправляет в облако только сводные результаты.
- На уровне устройства используются модели технического состояния [36], оцениваемые по коэффициенту взаимной корреляции сигналов, который чувствителен к деградации и шумам. Для оптимизации энергопотребления применялись алгоритмы, динамически переключающие режим передачи в зависимости от качества канала, что повысило надежность и автономность устройства.
- На уровне канала передачи данных применялась модель энергопотерь, связывающая вероятность ошибки (BER), температуру узла, глубину замираний (K-фактор) и SNR. Это позволяет прогнозировать энергопотребление и надёжность узла. Для минимизации общих потерь в условиях помех используются алгоритмы, динамически выбирающие оптимальную длину пакета и мощность передатчика, что увеличивает время автономной работы сети без снижения достоверности данных [37].
- Гибридные облачно-краевые архитектуры (Cloud-Edge Hybrid):
 - Сложные системы, такие как «Fuxi Brain» [14], используют распределённую архитектуру. Данные собираются краевыми устройствами, первичная обработка и реагирование происходят на краю, а обучение сложных генеративных моделей, консолидация данных с множества ферм и долгосрочное стратегическое планирование выполняются в облаке.
- Специализированные сетевые архитектуры:
 - Беспроводные сенсорные сети (WSN) с кластеризацией: Для мониторинга больших полей актуальны энергоэффективные протоколы маршрутизации. В статьях предлагаются и оптимизируются алгоритмы выбора кластерных голов (Cluster Head) для балансировки нагрузки и продления жизни сети [38,39].
 - Воздушно-наземные совместные сети (Air-Ground Collaborative): Архитектура, где дроны (UAV) выступают как мобильные базовые станции или ретрансляторы для сбора данных с наземных датчиков в зонах со слабым покрытием [40]. Оптимизируется траектория полёта дрона и время контакта с сенсорами.
 - Магнитно-индуктивные подземные сети: Специальная архитектура для IoUT, где узлы образуют сеть для ретрансляции сигналов через грунт к наземному шлюзу [29].
- Архитектура интеграции данных:
 - Платформенный подход: Статьи описывают создание единых сельскохозяйственных IoT-платформ (например, AgriSmart, [41]), которые интегрируют данные от разнородных источников (датчики, дроны, спутники, метеостанции) и предоставляют единый интерфейс для управления и аналитики.

3.3. Влияние БСС на показатели эффективности АПК (Анализ KPI)

Представленная таблица 1 демонстрирует количественное влияние технологий умного сельского хозяйства (БСС, IoT, ML и др.) на ключевые показатели эффективности АПК. Данные, систематизированные по шести основным KPI, показывают значительную эффективность внедрения: повышение урожайности до 43%, экономию ресурсов (воды, удобрений, энергии) до 50%, улучшение качества продукции и автоматизацию труда. Примеры из анализируемых научных публикаций отражают практические результаты, а

перечисленные технологии раскрывают инструментальную основу для реализации данных улучшений.

Таблица 1 – Анализ показателей эффективности применения БСС в АПК

Ключевой показатель эффективности (KPI)	Количественное улучшение	Примеры из научных публикаций	Технологии / Методы
1. Повышение урожайности	+20% до +43%	<ul style="list-style-type: none"> • Умное орошение с увеличением урожайности до 40% [40]. • Умная система для выращивания риса (RiceBlock): [43]. • Автономная система «Fuxi Brain» для кукурузы: точность решений 92.3% [14]. 	IoT-сенсоры, ML-прогноз, оптимизация ресурсов, предиктивный анализ.
2. Экономия воды (ирригация)	от 25% до 50%	<ul style="list-style-type: none"> • IoT-система орошения, снижающая потребление воды до 47% [16]. • Система, рассмотренная в [18], позволяет сэкономить 25–35% воды. • Система с нечёткой логикой, снижающая энергопотребление до 54% [17]. 	Почвенные датчики, погодные данные, адаптивные контроллеры, модели ET.
3. Снижение расхода удобрений и химикатов	до 32% (N), 30% (вода/удобрения)	<ul style="list-style-type: none"> • Оптимизация азота для кукурузы, снижающая его использование до 32% при тех же значениях урожайности [41]. • Вертикальные фермы позволяют сократить количество вносимых удобрений до 30% [21]. 	Сенсоры NPK, спутниковые индексы (NDVI), прецизионное внесение, ранняя диагностика.
4. Снижение энергопотребления	до 50% (тепличные системы)	<ul style="list-style-type: none"> • Умная теплица (SGEM), снижающая затраты на электроэнергию на 49.98%, CO₂ на 50.5% [19]. • Контейнерная ферма: оптимизация освещения и HVAC [20]. • Оптимизация кластеризации WSN: продление жизни сети на 10–20% [39]. 	Солнечная энергия, гибридные оптимизационные алгоритмы, энергоэффективные протоколы.
5. Улучшение качества и снижение потерь	Раннее обнаружение (точность >94%), снижение потерь при хранении	<ul style="list-style-type: none"> • Обнаружение болезней томатов при заданной точности: 94.6% [30]. • Мониторинг зерна (IoT), снижающий потери при его хранении [44]. • Технология мониторинга транспортировки растений, осуществляющая контроль их состояния [35]. 	Компьютерное зрение, спектроскопия, IoT-мониторинг условий хранения.
6. Оптимизация труда и управленческих решений	Автоматизация, снижение трудозатрат	<ul style="list-style-type: none"> • Автоматическое взвешивание скота, снижающее использование ручного труда [26]. • Прогнозирование оптимального сбора чая со значением абсолютной ошибки ±2.7 дня [45]. • Автономные решения (роботы, «Fuxi Brain») [14]. 	Автономные системы, предиктивные модели, облачные дашборды.

3.4. Интеграция БСС с другими технологиями

На основе анализа статей можно выделить следующие ключевые направления интеграции:

1. БСС как основа для IoT-платформ [46]

БСС предоставляет поток первичных данных в реальном времени, который служит основой для сельскохозяйственных IoT-платформ.

- Архитектура платформы: Типичная платформа (например, AgriSmart, [41]) имеет трехуровневую структуру:

- Физический уровень (БСС): Датчики почвы, климата, воды, изображений.

- Сетевой уровень: Шлюзы, собирающие данные по LoRaWAN/Wi-Fi и передающие их в облако через MQTT/HTTP.

- Уровень приложений (Платформа): Облачный сервис для агрегации, визуализации (дашборды, как в Blynk или ThingsBoard), аналитики и управления (включение/отключение полива, вентиляции).

- Пример: AGRO AI [13] – это платформа, где данные с наземных БСС объединяются со спутниковыми снимками в едином интерфейсе, предоставляя фермеру комплексные рекомендации.

2. Интеграция с системами поддержки принятия решений (DSS)

DSS трансформируются из статических систем в динамические, предиктивные и автономные за счет интеграции с БСС.

- От реагирования к прогнозированию: классические DSS зачастую используются исторические данные. Современные системы, такие как «Fuxi Brain» [14], используют поток данных с БСС для непрерывного пересчета оптимальных решений по модели Model Predictive Control (MPC).

- Процессно-ориентированные модели: Интеграция с DSSAT [41] позволяет не просто фиксировать текущую влажность почвы, а моделировать отклик урожая на различные сценарии полива или внесения азота, выбирая оптимальный.

- Автоматизация решений: DSS эволюционирует до автономной системы принятия решений, где агроном лишь утверждает стратегию, а тактические команды (включить клапан, запустить дрон) отдаются автоматически на основе данных БСС.

3. Интеграция с геоинформационными системами (ГИС), дронами и робототехникой

БСС обеспечивает точечную, непрерывную валидацию данных, получаемых с дронов и спутников.

- ГИС и БСС (Создание "цифрового двойника" поля): Данные точечных сенсоров влажности или азота (in-situ) используются для калибровки и интерполяции пространственных данных со спутников (Sentinel-2, LANDSAT) или мультиспектральных камер дронов. Это создает точные карты неоднородности поля [47].

- Дроны (UAV) как мобильные сенсорные платформы и ретрансляторы:

- Сбор данных: Дроны с камерами и мультиспектральными датчиками осуществляют периодический скрининг больших площадей, дополняя стационарные БСС.

- Доставка интернета: В схемах воздушно-наземной совместной работы (Air-Ground Collaborative) дрон выступает как мобильная базовая станция, пролетая над кластерами наземных БСС для сбора данных в районах без покрытия [40].

- Робототехника:

- Автономные агроботы [33] используют данные БСС (например, карту очагов болезней, построенную по данным сенсоров и дронов) для точечного применения пестицидов или прицельного отбора проб.

- БСС направляет робота к проблемным зонам, минимизируя его перемещения и расход энергии.

4. Обработка данных

Выбор оптимального уровня обработки данных определяется стоящими задачами и требованиями к ресурсам. Таблица 2 обобщает распределение задач между уровнями

(устройство, край, облако) и приводит примеры их практического применения, демонстрируя тем самым принцип многоуровневой архитектуры современных систем.

Таблица 2 – Примеры систем обработки данных

Уровень	Задачи и технологии	Примеры из статей
Устройство (Device/TinyML)	<p>Мгновенная реакция, сокращение трафика.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Локальный вывод простых моделей ИИ. • Предобработка сырых данных. • Базовая фильтрация и агрегация. 	<ul style="list-style-type: none"> • Обнаружение болезни листа томата прямо на ESP32-S3 [30]. • Предсказание избыточной энергии для зарядки электромобилей на мини-сетях [48].
Периферия (Edge/Fog)	<p>Локальная аналитика, управление группой устройств.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Анализ видео с камер в реальном времени. • Запуск более сложных ML-моделей. • Принятие оперативных решений для автономных систем. 	<ul style="list-style-type: none"> • Шлюз на Raspberry Pi в умной теплице обрабатывает данные с массива датчиков и управляет климатом [19]. • Оптимизация маршрута дрона для сбора данных на краю сети.
Облако (Cloud)	<p>Глобальная аналитика, долгосрочное хранение, сложное моделирование.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Консолидация данных со множества объектов. • Обучение и дообучение сложных ИИ-моделей (трансформеры, большие языковые модели). • Стратегическое планирование и бизнес-аналитика. 	<ul style="list-style-type: none"> • Платформа AGRO AI объединяет данные с ферм и спутников для макроанализа [13]. • Генеративная ИИ-модель "Fuxi Grain" работает в облаке, принимая стратегические решения [14].

Заключение. Проведенный систематический обзор подтверждает, что БСС являются ключевым технологическим элементом цифровой трансформации АПК. На основе анализа современных исследований (2021–2026 гг.) выявлено, что БСС обеспечивают переход от фрагментированных, эмпирических методов управления к целостным, основанным на данных, предиктивным и зачастую автономным системам.

Результаты демонстрируют значимое положительное влияние БСС на ключевые показатели эффективности АПК: повышение урожайности (до 43%), существенную экономию воды (25–50%) и удобрений (до 32%), снижение энергопотребления (до 50%), а также улучшение качества продукции и оптимизацию трудовых затрат. Эти эффекты достигаются за счет прецизионного мониторинга в реальном времени и адаптивного управления агропроцессами в растениеводстве и животноводстве.

Технологический ландшафт БСС в АПК характеризуется развитием в сторону сложных гибридных архитектур, объединяющих устройства, периферийные (edge) и облачные вычисления. Доминирующими трендами являются интеграция искусственного интеллекта, применение энергоэффективных протоколов дальней связи и комбинированных сенсоров, а также конвергенция БСС с другими технологиями (дроны, робототехника, ГИС, блокчейн), что позволяет создавать комплексные платформы «умного» сельского хозяйства.

Несмотря на очевидный прогресс, сохраняются технологические и внедренческие барьеры: высокая стоимость развертывания, вопросы автономности сенсорных узлов, кибербезопасности, надежности связи в сложных условиях, а также недостаток стандартизации. Кроме того, библиометрический анализ выявил неравномерность исследовательской активности и доступа к технологиям между развитыми и развивающимися регионами.

Таким образом, БСС служат технологическим ядром для построения устойчивого, ресурсоэффективного и конкурентоспособного агропромышленного комплекса, отвечающего вызовам роста населения, изменения климата и необходимости обеспечения продовольственной безопасности. Дальнейший успех зависит от междисциплинарных усилий,

направленных на преодоление существующих барьеров и реализацию интеграционного потенциала цифровых технологий на всех этапах цепочки создания стоимости в АПК.

Список источников

1. M.E. Bayrakdar, Energy-Efficient Technique for Monitoring of Agricultural Areas with Terrestrial Wireless Sensor Networks, J CIRCUIT SYST COMP 29 (2020) 2050141. <https://doi.org/10.1142/S0218126620501418>.
2. H. Jawad, R. Nordin, S. Gharghan, A. Jawad, M. Ismail, Energy-Efficient Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture: A Review, Sensors 17 (2017) 1781. <https://doi.org/10.3390/s17081781>.
3. С.В. Капустин, Р.Ф. Халабия, Система оценки энергоэффективности синхронизированного доступа в имитационной модели беспроводной сенсорной сети, Современная Наука и Инновации 1 (2020) 35–39. <https://doi.org/10.33236/2307-910X-2020-1-29-35-39>.
4. V.V. Samoylenko, Concept of a Multilevel Network Infrastructure for Monitoring Agricultural Facilities Based on Wireless Sensor Networks, Vestnik Donskogo Gosudarstvennogo Tehničeskogo Universiteta 25 (2025) 371–382. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2025-25-4-2238>.
5. N. Anikó, A. Tarek, S. Arshad, G. Nóra, N. Miklós, M. Mirzaei, S. Szilárd, E. Harsanyi, M. Al-Dalahmeh, S. Mohammed, Real-time monitoring of ammonia emissions from cereal crops using LoRaWAN-based sensing technology, Sci Rep 16 (2025) 1446. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-31661-3>.
6. S. Popli, R.K. Jha, S. Jain, Adaptive Small Cell position algorithm (ASPA) for green farming using NB-IoT, Journal of Network and Computer Applications 173 (2021) 102841. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102841>.
7. M.J. Page, J.E. McKenzie, P.M. Bossuyt, I. Boutron, T.C. Hoffmann, C.D. Mulrow, L. Shamseer, J.M. Tetzlaff, E.A. Akl, S.E. Brennan, R. Chou, J. Glanville, J.M. Grimshaw, A. Hróbjartsson, M.M. Lalu, T. Li, E.W. Loder, E. Mayo-Wilson, S. McDonald, L.A. McGuinness, L.A. Stewart, J. Thomas, A.C. Tricco, V.A. Welch, P. Whiting, D. Moher, The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews, BMJ (2021) n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
8. M.-S. Hosseini, F. Jahanshahlou, M.A. Akbarzadeh, M. Zarei, Y. Vaez-Gharamaleki, Formulating research questions for evidence-based studies, Akurnal of Medicine, Surgery, and Public Health 2 (2024) 100046. <https://doi.org/10.1016/j.glmedi.2023.100046>.
9. Joanna Briggs Institute. JBI critical appraisal tools., <https://jbi.global/Critical-Appraisal-Tools> (n.d.).
10. S. Arvidsson, J. Dumay, Corporate ESG reporting quantity, quality and performance: Where to now for environmental policy and practice?, Bus Strat Env 31 (2022) 1091–1110. <https://doi.org/10.1002/bse.2937>.
11. E.A. Alhazmy, Education reform and vision 2030 in Saudi Arabia: challenges and pathways, Discov Educ 5 (2025) 40. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-01005-4>.
12. M. Mohinur Rahaman, M. Azharuddin, Wireless sensor networks in agriculture through machine learning: A survey, Computers and Electronics in Agriculture 197 (2022) 106928. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106928>.
13. M.S. Arefin, Md.I.S. Mahin, F.A. Mily, Md.S.H. Sani, M.I. Rehan, T.I. Sumon, AGRO AI: A compact solution for modernizing the agriculture using NASA's satellite data and artificial intelligence, Applied Food Research 6 (2026) 101678. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2026.101678>.
14. H. Chen, G. Hou, C. Hua, S. Wang, Z. Chen, Y. Zhang, Agricultural autonomous decision-making system "Fuxi Brain" Based on generative large model fusion internet of things, Computers and Electronics in Agriculture 244 (2026) 111454. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2026.111454>.
15. K. Chettri, B. Sen, P. Ghosal, Deep learning for precision agriculture: a systematic review of methods, challenges, and future directions, Knowl Inf Syst 68 (2026) 35. <https://doi.org/10.1007/s10115-025-02625-w>.
16. Z.E. Mohamed, M.K. Afify, M.M. Badr, O.A. Omar, IoT-driven smart irrigation system to improve water use efficiency, Sci Rep 16 (2026) 2609. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-33826-6>.
17. A. Bushnag, S.B. Chaabane, R. Harrabi, L.A. Alharbi, M. Alshmrani, S. Abuzneid, Smart agriculture: IoT-Based smart irrigation with advanced fuzzy logic control, Expert Systems with Applications 299 (2026) 130168. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2025.130168>.
18. Y. Boukri, H.S. Hamici, R.F. Mansour, A.E.T. Maamar, S.S.M. Ghoneim, P. Paramasivam, M.A. Hashim, E.E. Hussein, Analysis and experimental implementation of affordable smart irrigation system using IoT to reduce agricultural costs and minimize water usage, Appl Water Sci 16 (2026) 36. <https://doi.org/10.1007/s13201-025-02727-4>.

19. M.W. Haggag, A.H. Rabie, I. Ismael, W. Shaaban, A real-time smart energy management system for greenhouses using a hybrid optimization algorithm: Experimental implementation for efficient and sustainable operation, *Computers and Electrical Engineering* 131 (2026) 110948. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2026.110948>.
20. T. Xiong, G. Chen, W. Cai, L. Zha, G. Xu, A. Wang, Y. Wei, X. Lu, S. Wei, D. Lai, J. Zhang, H. Bao, Design and development of a low-cost and energy-efficient container farm for leafy greens, *Cleaner Engineering and Technology* 30 (2026) 101135. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2025.101135>.
21. P. Sharma, N. Thakur, Advancing urban food sustainability: Biotechnology and IoT synergies in vertical greenhouses, *Bioresource Technology Reports* 33 (2026) 102548. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2026.102548>.
22. N. Yang, R. Du, N. Yu, W. He, Z. Wang, X. Du, S. Chen, Integrated sensing and communication for lettuce water-status monitoring, *Computers and Electronics in Agriculture* 242 (2026) 111370. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111370>.
23. K. Sen, S. Dey, A. Ganguly, P. Rajak, Artificial intelligence in aquaculture: Advancing sustainable fish farming through AI-driven monitoring, optimization, and disease management, *Aquaculture* 614 (2026) 743602. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.743602>.
24. R.M. Ellahi, L.C. Wood, A.E.-D.A. Bekhit, A multi-layer Industry 4.0 framework for ensuring halal integrity in NZ meat supply chains, *Food Control* 182 (2026) 111880. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111880>.
25. A. Asogan, N. Sazali, A.S. Veerendra, L. Samylingam, N. Aslfattahi, C.K. Kok, K. Kadirgama, A review on the impact of AI-enabled thermal imaging and IoT sensor fusion on early detection of mastitis in dairy cattle, *Biosensors and Bioelectronics: X* 28 (2026) 100735. <https://doi.org/10.1016/j.biosx.2025.100735>.
26. İ. Kirbaş, AI-based automated weight prediction in cattle for herd health surveillance, *Preventive Veterinary Medicine* 247 (2026) 106752. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2025.106752>.
27. I.M. Aroh, G. McCutcheon, B.P. Macartan, R. Kuneš, T.P. Curran, L. Clarke, Monitoring ammonia emissions in pig facilities: a comparative review of measurement technologies, monitoring protocols, and technology decision-support framework, *Computers and Electronics in Agriculture* 241 (2026) 111238. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111238>.
28. C. Fu, Q. Zhuang, A. Tian, An IoT-based measurement system for the quantitative analysis of soil heavy metals integrating fractional-order signal processing and multi-task learning, *Measurement* 260 (2026) 119822. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2025.119822>.
29. Z. Li, A magnetic induction network for high-resolution, real-time soil moisture monitoring in complex subsurface environments, *Computers and Electronics in Agriculture* 242 (2026) 111314. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111314>.
30. T. Malche, M. Joshi, G.M. Upadhyay, P.K. Soni, Automated tomato leaf disease detection and alert system using Internet of Things and TinyML, *Discov Internet Things* 6 (2025) 8. <https://doi.org/10.1007/s43926-025-00257-8>.
31. M. Zarboubi, A. Bellout, S. Chabaa, A. Dliou, Enhancing integrated pest management with IoT and YOLO-Evo: A smart, low-cost monitoring system for sustainable apple farming, *Results in Engineering* 29 (2026) 108850. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.108850>.
32. V. Fedorenko, I. Samoylenko, V. Samoylenko, Energy-balanced distribution of radio modules with various technical states among positions of nodes in wireless sensor networks, *AEU - International Journal of Electronics and Communications* 138 (2021) 153849. <https://doi.org/10.1016/j.aeue.2021.153849>.
33. F.M. Talaat, M.A. Ibrahim, A.A. Karim, H.K. Elsonbaty, A.M. Al-Zoghby, IoT-Integrated robotic system for automated plant disease detection and environmental monitoring, *Sci Rep* 16 (2026) 1638. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-32624-4>.
34. F. Dahmir, A. Krisnowo, G. Soehadi, A. Widodo, J. Appe, S.V. Budiwati, G. Haryanto, M. Taufik, S. Karim, I.P. Putera, J. Prabowo, A. Dwiono, A. Ilyas, 5G utilization for smart farming to enhance productivity of sugarcane plantations in Indonesia, *Discov Sustain* 7 (2025) 86. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-02073-0>.
35. B. Méndez, P. Lamo, IoT node for monitoring and traceability of live plants in maritime transport, *Array* 29 (2026) 100621. <https://doi.org/10.1016/j.array.2025.100621>.
36. V. Fedorenko, V. Samoylenko, A. Vinogradenko, I. Samoylenko, I. Sharipov, S. Anikuev, Mathematical Aspects of Stable State Estimation of the Radio Equipment in Terms of Communication Channel Functioning, in: V.M. Vishnevskiy, K.E. Samouylov, D.V. Kozyrev (Eds.), *Distributed Computer and Communication Networks*, Springer International Publishing, Cham, 2019: pp. 547–559. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36625-4_44.

37.V. Fedorenko, I. Samoylenko, V. Samoylenko, Fragmentation of data packets in wireless sensor network with variable temperature and channel conditions, *Computer Communications* 214 (2024) 201–214. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2023.12.001>.

38.A.H. Awlla, T.A. Rashid, R.M. Abdullah, A Dynamic- Weight Multi- Objective Sloth- Inspired Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks, *Int J Communication* 39 (2026) e70395. <https://doi.org/10.1002/dac.70395>.

39.S. Sennan, S. S, R. Somula, D. Pandey, Y. Cho, A multi-objective grey wolf optimization algorithm for energy-efficient cluster-based routing in IoT-enabled WSNs, *Sci Rep* 16 (2025) 179. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-28950-2>.

40.W. Sun, H. Wang, Z. Qin, X. Guo, Air–Ground Collaborative Networking and Transmission Scheduling for Opportunistic UAV-Assisted Data Collection, *IEEE Internet Things J.* 13 (2026) 4931–4948. <https://doi.org/10.1109/IJOT.2025.3637836>.

41.X. Tao, J. Butcher, C. Cumini, M. Talasila, S.C. Montserrat, A. Sacco, M. Popp, G. Marchetto, S. Silvestri, AgriSmart: An IoT-enabled framework for agricultural resource optimization, *Computer Communications* 248 (2026) 108416. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2026.108416>.

42.В.В. Самойленко, Экономико-математическая оптимизация структуры беспроводных сенсорных сетей для интенсивных садов, *Известия Высших Учебных Заведений. Серия «Экономика, Финансы и Управление Производством» [Ивэкофин]* 66 (2025) 136–145.

43 Z.S. Paki, B.M. Yakubu, S. Boukari, R. Latif, N.S.M. Jamail, A.Y. Gital, S.M. Fati, Blockchain based precision rice farming framework using deep learning techniques, *Discov Internet Things* 6 (2025) 5. <https://doi.org/10.1007/s43926-025-00264-9>.

44.P. Jain, M.S. Alam, M.K. Saini, R. Aslam, Recent technological innovations and strategies for reducing post-harvest losses during bulk grain storage: Applications of IoT and non-destructive quality evaluation, *Journal of Stored Products Research* 116 (2026) 102893. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2025.102893>.

45.H.-C. Chen, S.-F. Chen, S.-R. Lin, T.-T. Lin, IoT-based automated monitoring and assessment of tea shoot density using canopy imaging, *Computers and Electronics in Agriculture* 241 (2026) 111251. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111251>.

46.V. Samoylenko, V. Fedorenko, I. Samoylenko, Comparative Analysis of Digital Platforms for Agriculture 4.0 in Russia: Current Level and Ways for Improvement, in: I. Samoylenko, T. Rajabov (Eds.), *Innovations in Sustainable Agricultural Systems, Agriculture 4.0 and Precision Agriculture, Volume 2*, Springer Nature Switzerland, Cham, 2025: pp. 43–51. https://doi.org/10.1007/978-3-031-98127-2_4.

47.Q. Mamun, A. Zaman, R.H.L. Ip, K.M.S. Haque, A bibliographic study of integrating IoT and geospatial modelling for sustainable smart agriculture in developed countries: Focus on Australia, *Computers and Electronics in Agriculture* 241 (2026) 111289. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111289>.

48.G. Mensah, R. Opoku, F. Davis, G.Y. Obeng, O. Kornyó, D. Marfo, M. Addai, J. Dampsey, S.D. Wetajega, Machine learning-assisted innovative charging strategy for e-mobility in rural communities operated by redundant energy on solar PV mini-grids, *Energy Conversion and Management: X* 30 (2026) 101591. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2026.101591>.

References

1. M.E. Bayrakdar, Energy-Efficient Technique for Monitoring of Agricultural Areas with Terrestrial Wireless Sensor Networks, *Journal of Circuits, Systems and Computers*, vol. 29, no. 11, 2020, 2050141. <https://doi.org/10.1142/S0218126620501418>.

2. H. Jawad, R. Nordin, S.K. Gharghan, A.M. Jawad, M. Ismail, Energy-Efficient Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture: A Review, *Sensors*, vol. 17, no. 8, 2017, 1781. <https://doi.org/10.3390/s17081781>.

3. S.V. Kapustin, R.F. Khalabiya, System for assessing the energy efficiency of synchronous access in a wireless sensor network simulation model, *Modern Science and Innovations*, no. 1, 2020, pp. 35–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.33236/2307-910X-2020-1-29-35-39>.

4. V.V. Samoylenko, Concept of a Multilevel Network Infrastructure for Monitoring Agricultural Facilities Based on Wireless Sensor Networks, *Vestnik of the Don State Technical University*, vol. 25, no. 4, 2025, pp. 371–382. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2025-25-4-2238>.

5. N. Anikó, A. Tarek, S. Arshad, G. Nóra, N. Miklós, M. Mirzaei, S. Szilárd, E. Harsányi, M. Al-Dalahmeh, S. Mohammed, Real-time monitoring of ammonia emissions from cereal crops using LoRaWAN-based sensing technology, *Scientific Reports*, vol. 16, 2025, 1446. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-31661-3>.

6. S. Popli, R.K. Jha, S. Jain, Adaptive Small Cell position algorithm (ASPA) for green farming using NB-IoT, *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 173, 2021, 102841. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102841>.
7. M.J. Page, J.E. McKenzie, P.M. Bossuyt, I. Boutron, T.C. Hoffmann, C.D. Mulrow, L. Shamseer, J.M. Tetzlaff, E.A. Akl, S.E. Brennan, R. Chou, J. Glanville, J.M. Grimshaw, A. Hróbjartsson, M.M. Lalu, T. Li, E.W. Loder, E. Mayo-Wilson, S. McDonald, L.A. McGuinness, L.A. Stewart, J. Thomas, A.C. Tricco, V.A. Welch, P. Whiting, D. Moher, The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews, *BMJ*, 2021, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
8. M.-S. Hosseini, F. Jahanshahlou, M.A. Akbarzadeh, M. Zarei, Y. Vaez-Gharamaleki, Formulating research questions for evidence-based studies, *Journal of Medicine, Surgery, and Public Health*, vol. 2, 2024, 100046. <https://doi.org/10.1016/j.gmedi.2023.100046>.
9. Joanna Briggs Institute. JBI critical appraisal tools. [Online]. Available: <https://jbi.global/critical-appraisal-tools> (accessed: n.d.).
10. S. Arvidsson, J. Dumay, Corporate ESG reporting quantity, quality and performance: Where to now for environmental policy and practice?, *Business Strategy and the Environment*, vol. 31, no. 3, 2022, pp. 1091–1110. <https://doi.org/10.1002/bse.2937>.
11. E.A. Alhazmy, Education reform and vision 2030 in Saudi Arabia: challenges and pathways, *Discover Education*, vol. 5, 2025, 40. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-01005-4>.
12. M.M. Rahaman, M. Azharuddin, Wireless sensor networks in agriculture through machine learning: A survey, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 197, 2022, 106928. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106928>.
13. M.S. Arefin, M.I.S. Mahin, F.A. Mily, M.S.H. Sani, M.I. Rehan, T.I. Sumon, AGRO AI: A compact solution for modernizing the agriculture using NASA's satellite data and artificial intelligence, *Applied Food Research*, vol. 6, 2026, 101678. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2026.101678>.
14. H. Chen, G. Hou, C. Hua, S. Wang, Z. Chen, Y. Zhang, Agricultural autonomous decision-making system "Fuxi Brain" Based on generative large model fusion internet of things, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 244, 2026, 111454. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2026.111454>.
15. K. Chettri, B. Sen, P. Ghosal, Deep learning for precision agriculture: a systematic review of methods, challenges, and future directions, *Knowledge and Information Systems*, vol. 68, 2026, pp. 35. <https://doi.org/10.1007/s10115-025-02625-w>.
16. Z.E. Mohamed, M.K. Afify, M.M. Badr, O.A. Omar, IoT-driven smart irrigation system to improve water use efficiency, *Scientific Reports*, vol. 16, 2026, 2609. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-33826-6>.
17. A. Bushnag, S.B. Chaabane, R. Harrabi, L.A. Alharbi, M. Alshmrani, S. Abuzneid, Smart agriculture: IoT-Based smart irrigation with advanced fuzzy logic control, *Expert Systems with Applications*, vol. 299, 2026, 130168. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2025.130168>.
18. Y. Boukri, H.S. Hamici, R.F. Mansour, A.E.T. Maamar, S.S.M. Ghoneim, P. Paramasivam, M.A. Hashim, E.E. Hussein, Analysis and experimental implementation of affordable smart irrigation system using IoT to reduce agricultural costs and minimize water usage, *Applied Water Science*, vol. 16, 2026, 36. <https://doi.org/10.1007/s13201-025-02727-4>.
19. M.W. Haggag, A.H. Rabie, I. Ismael, W. Shaaban, A real-time smart energy management system for greenhouses using a hybrid optimization algorithm: Experimental implementation for efficient and sustainable operation, *Computers and Electrical Engineering*, vol. 131, 2026, 110948. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2026.110948>.
20. T. Xiong, G. Chen, W. Cai, L. Zha, G. Xu, A. Wang, Y. Wei, X. Lu, S. Wei, D. Lai, J. Zhang, H. Bao, Design and development of a low-cost and energy-efficient container farm for leafy greens, *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 30, 2026, 101135. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2025.101135>.
21. P. Sharma, N. Thakur, Advancing urban food sustainability: Biotechnology and IoT synergies in vertical greenhouses, *Bioresource Technology Reports*, vol. 33, 2026, 102548. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2026.102548>.
22. N. Yang, R. Du, N. Yu, W. He, Z. Wang, X. Du, S. Chen, Integrated sensing and communication for lettuce water-status monitoring, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 242, 2026, 111370. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111370>.
23. K. Sen, S. Dey, A. Ganguly, P. Rajak, Artificial intelligence in aquaculture: Advancing sustainable fish farming through AI-driven monitoring, optimization, and disease management, *Aquaculture*, vol. 614, 2026, 743602. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.743602>.

24. R.M. Ellahi, L.C. Wood, A.E.-D.A. Bekhit, A multi-layer Industry 4.0 framework for ensuring halal integrity in NZ meat supply chains, *Food Control*, vol. 182, 2026, 111880. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111880>.
25. A. Asogan, N. Sazali, A.S. Veerendra, L. Samyilingam, N. Aslfattahi, C.K. Kok, K. Kadirgama, A review on the impact of AI-enabled thermal imaging and IoT sensor fusion on early detection of mastitis in dairy cattle, *Biosensors and Bioelectronics: X*, vol. 28, 2026, 100735. <https://doi.org/10.1016/j.biosx.2025.100735>.
26. İ. Kirbaş, AI-based automated weight prediction in cattle for herd health surveillance, *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 247, 2026, 106752. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2025.106752>.
27. I.M. Aroh, G. McCutcheon, B.P. Macartan, R. Kuneš, T.P. Curran, L. Clarke, Monitoring ammonia emissions in pig facilities: a comparative review of measurement technologies, monitoring protocols, and technology decision-support framework, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 241, 2026, 111238. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111238>.
28. C. Fu, Q. Zhuang, A. Tian, An IoT-based measurement system for the quantitative analysis of soil heavy metals integrating fractional-order signal processing and multi-task learning, *Measurement*, vol. 260, 2026, 119822. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2025.119822>.
29. Z. Li, A magnetic induction network for high-resolution, real-time soil moisture monitoring in complex subsurface environments, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 242, 2026, 111314. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111314>.
30. T. Malche, M. Joshi, G.M. Upadhyay, P.K. Soni, Automated tomato leaf disease detection and alert system using Internet of Things and TinyML, *Discover Internet of Things*, vol. 6, 2025, 8. <https://doi.org/10.1007/s43926-025-00257-8>.
31. M. Zarboubi, A. Bellout, S. Chabaa, A. Dliou, Enhancing integrated pest management with IoT and YOLO-Evo: A smart, low-cost monitoring system for sustainable apple farming, *Results in Engineering*, vol. 29, 2026, 108850. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.108850>.
32. V. Fedorenko, I. Samoylenko, V. Samoylenko, Energy-balanced distribution of radio modules with various technical states among positions of nodes in wireless sensor networks, *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, vol. 138, 2021, 153849. <https://doi.org/10.1016/j.aeue.2021.153849>.
33. F.M. Talaat, M.A. Ibrahim, A.A. Karim, H.K. Elsonbaty, A.M. Al-Zoghby, IoT-Integrated robotic system for automated plant disease detection and environmental monitoring, *Scientific Reports*, vol. 16, 2026, 1638. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-32624-4>.
34. F. Dahmir, A. Krisnowo, G. Soehadi, A. Widodo, J. Appe, S.V. Budiwati, G. Haryanto, M. Taufik, S. Karim, I.P. Putera, J. Prabowo, A. Dwiono, A. Ilyas, 5G utilization for smart farming to enhance productivity of sugarcane plantations in Indonesia, *Discover Sustainability*, vol. 7, 2025, 86. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-02073-0>.
35. B. Méndez, P. Lamo, IoT node for monitoring and traceability of live plants in maritime transport, *Array*, vol. 29, 2026, 100621. <https://doi.org/10.1016/j.array.2025.100621>.
36. V. Fedorenko, V. Samoylenko, A. Vinogradenko, I. Samoylenko, I. Sharipov, S. Anikuev, Mathematical Aspects of Stable State Estimation of the Radio Equipment in Terms of Communication Channel Functioning, in: V.M. Vishnevskiy, K.E. Samouylov, D.V. Kozyrev (Eds.), *Distributed Computer and Communication Networks*, Springer, Cham, 2019, pp. 547–559. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36625-4_44.
37. V. Fedorenko, I. Samoylenko, V. Samoylenko, Fragmentation of data packets in wireless sensor network with variable temperature and channel conditions, *Computer Communications*, vol. 214, 2024, pp. 201–214. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2023.12.001>.
38. A.H. Awlla, T.A. Rashid, R.M. Abdullah, A Dynamic-Weight Multi-Objective Sloth-Inspired Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks, *International Journal of Communication Systems*, vol. 39, no. 2, 2026, e70395. <https://doi.org/10.1002/dac.70395>.
39. S. Sennan, S. S. R. Somula, D. Pandey, Y. Cho, A multi-objective grey wolf optimization algorithm for energy-efficient cluster-based routing in IoT-enabled WSNs, *Scientific Reports*, vol. 16, 2025, 179. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-28950-2>.
40. W. Sun, H. Wang, Z. Qin, X. Guo, Air–Ground Collaborative Networking and Transmission Scheduling for Opportunistic UAV-Assisted Data Collection, *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 13, no. 5, 2026, pp. 4931–4948. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2025.3637836>.

41. X. Tao, J. Butcher, C. Cumini, M. Talasila, S.C. Monserrat, A. Sacco, M. Popp, G. Marchetto, S. Silvestri, AgriSmart: An IoT-enabled framework for agricultural resource optimization, *Computer Communications*, vol. 248, 2026, 108416. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2026.108416>.
42. V.V. Samoylenko, Economic and mathematical optimization of the structure of wireless sensor networks for intensive orchards, *Proceedings of Higher Educational Institutions. Series "Economics, Finance and Production Management" [IvEkofin]*, vol. 66, 2025, pp. 136–145. (In Russ.).
43. Z.S. Paki, B.M. Yakubu, S. Boukari, R. Latif, N.S.M. Jamail, A.Y. Gital, S.M. Fati, Blockchain based precision rice farming framework using deep learning techniques, *Discover Internet of Things*, vol. 6, 2025, 5. <https://doi.org/10.1007/s43926-025-00264-9>.
44. P. Jain, M.S. Alam, M.K. Saini, R. Aslam, Recent technological innovations and strategies for reducing post-harvest losses during bulk grain storage: Applications of IoT and non-destructive quality evaluation, *Journal of Stored Products Research*, vol. 116, 2026, 102893. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2025.102893>.
45. H.-C. Chen, S.-F. Chen, S.-R. Lin, T.-T. Lin, IoT-based automated monitoring and assessment of tea shoot density using canopy imaging, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 241, 2026, 111251. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111251>.
46. V. Samoylenko, V. Fedorenko, I. Samoylenko, Comparative Analysis of Digital Platforms for Agriculture 4.0 in Russia: Current Level and Ways for Improvement, in: I. Samoylenko, T. Rajabov (Eds.), *Innovations in Sustainable Agricultural Systems, Agriculture 4.0 and Precision Agriculture, Volume 2*, Springer, Cham, 2025, pp. 43–51. https://doi.org/10.1007/978-3-031-98127-2_4.
47. Q. Mamun, A. Zaman, R.H.L. Ip, K.M.S. Haque, A bibliographic study of integrating IoT and geospatial modelling for sustainable smart agriculture in developed countries: Focus on Australia, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 241, 2026, 111289. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111289>.
48. G. Mensah, R. Opoku, F. Davis, G.Y. Obeng, O. Kornyo, D. Marfo, M. Addai, J. Dampsey, S.D. Wetajega, Machine learning-assisted innovative charging strategy for e-mobility in rural communities operated by redundant energy on solar PV mini-grids, *Energy Conversion and Management: X*, vol. 30, 2026, 101591. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2026.101591>.

Информация об авторах

Владимир Валерьевич Самойленко – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры инжиниринга и IT-решений Ставропольского государственного аграрного университета, Scopus ID: 57193602244 Researcher ID: C-8402-2013

Вклад авторов:

Владимир Валерьевич Самойленко

Проведение исследования – сбор, интерпретация и анализ полученных данных.

Утверждение окончательного варианта – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Information about the authors

Vladimir V. Samoylenko – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Engineering and IT Solutions, Stavropol State Agrarian University, Scopus ID: 57193602244 Researcher ID: C-8402-2013

Contribution of the authors:

Vladimir V. Samoylenko

Conducting research – data collection, analysis and interpretation.

Approval of the final manuscript – acceptance of responsibility for all types of the work, integrity of all parts of the paper and its final version.

Научная статья

УДК 004.75

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.3>

Автобиографическая память как слабое звено восстановления доступа: исследование секретных вопросов

Иван Валерьевич Азаров ¹, Нина Юрьевна Захарченко ¹, Олег Арменович Санамян ^{1*}, Елена Романовна Семиколеннова ¹

¹ Северо-Кавказский федеральный университет (д. 1, ул. Пушкина, Ставрополь, 355017, Российская Федерация),
¹s.oleg.s2003@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0002-3667-2901>

*Автор, ответственный за переписку: Санамян Олег Арменович, s.oleg.s2003@gmail.com

Аннотация. Введение. В условиях цифровой гиперпубличности возрастает уязвимость методов восстановления доступа, основанных на «личных знаниях» пользователя. Механизм секретных вопросов, опирающийся на воспроизведение автобиографических фактов (биографический код), сталкивается с двойным риском: компрометацией ответов в открытых источниках и снижением надежности воспроизведения из-за реконструктивной природы автобиографической памяти, интерференции и утраты контекстной привязки. **Материалы и методы.** Проведён онлайн-квазиэксперимент (N = 150; 20–45 лет), включавший оценку цифровой вовлечённости с помощью Индекса цифрового следа и когнитивный тест воспроизведения ответов на 10 секретных вопросов двух типов (стандартные и персонализированные). Фиксировались точность, время ответа и субъективная уверенность; для части выборки выполнена выборочная верификация самоотчётов и постопрос причин ошибок. **Результаты и обсуждение.** Персонализированные вопросы воспроизводились хуже стандартных: ниже точность, больше доля ответов «не помню», выше время ответа и ниже уверенность; различия статистически значимы ($p < 0,001$). Обнаружена отрицательная связь между объёмом цифрового следа и успешностью воспроизведения (точность) и положительная — с временем ответа; наиболее выраженный эффект отмечен для персонализированных вопросов. Постопрос показал значимый вклад интерференции и конкурирующих «версий» воспоминаний. **Заключение.** Результаты подтверждают системные ограничения традиционных секретных вопросов в условиях цифровой открытости и указывают на необходимость перехода к более устойчивым механизмам аутентификации, учитывающим контекст и поведенческие признаки пользователя.

Ключевые слова: секретные вопросы, биографический код, аутентификация, восстановление доступа, автобиографическая память.

Для цитирования: Азаров И. В., Захарченко Н. Ю., Санамян О. А., Семиколеннова Е. Р., Автобиографическая память как слабое звено восстановления доступа: исследование секретных вопросов // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 46-54. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.3>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 12.01.2026;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

Research article

Autobiographical Memory as a Weak Link in Account Recovery: A Study of Security Questions

© Азаров И. В., Захарченко Н. Ю., Санамян О. А., Семиколеннова Е. Р., 2026

Ivan Valeryevich Azarov ¹, Nina Yuryevna Zakharchenko ¹, Oleg Armenovich Sanamyan ^{1*}, Elena Romanovna Semikolenova

¹ North Caucasus Federal University (1 Pushkina St., Stavropol, 355017, Russian Federation)

s.oleg.s2003@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0002-3667-2901>

* Corresponding author **Oleg Armenovich Sanamyan**, s.oleg.s2003@gmail.com

Abstract. Introduction. Under conditions of digital hyperpublicity, account-recovery methods based on a user's "personal knowledge" become increasingly vulnerable. The mechanism of security questions, which relies on recalling autobiographical facts (a biographical code), faces a dual risk: answers can be compromised through open sources, and recall reliability can decline due to the reconstructive nature of autobiographical memory, interference, and the loss of contextual cues. **Materials and Methods.** An online quasi-experiment was conducted (N = 150; ages 20–45), including an assessment of digital engagement using the Digital Footprint Index and a cognitive test measuring recall of answers to 10 security questions of two types (standard and personalized). Accuracy, response time, and subjective confidence were recorded; for part of the sample, self-reports were selectively verified and a post-survey examined reasons for errors. **Results and Discussion.** Personalized questions were recalled worse than standard ones: lower accuracy, a higher proportion of "I don't remember" responses, longer response times, and lower confidence; the differences were statistically significant ($p < 0.001$). A negative association was found between digital footprint volume and recall success (accuracy), and a positive association with response time; the effect was most pronounced for personalized questions. The post-survey indicated a significant contribution of interference and competing "versions" of memories. **Conclusion.** The findings confirm systematic limitations of traditional security questions under digital openness and point to the need to shift toward more robust authentication mechanisms that incorporate contextual and behavioral user features.

Keywords: security questions, biographical code, authentication, account recovery, autobiographical memory.

For citation: Azarov I. V, Zakharchenko N. Y., Sanamyan O. A., Semikolenova E. R. Autobiographical Memory as a Weak Link in Account Recovery: A Study of Security Questions // Modern Science and Innovations. 2026, (1):46–54. (In Russ). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.3>

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

The article was submitted 12.01.2026;

approved after reviewing 01.02.2026;

accepted for publication 01.03.2026.

Введение. Проблема надежной и одновременно удобной аутентификации остается одной из ключевых в кибербезопасности [1]. Несмотря на распространение многофакторных решений, механизм «секретного вопроса» (СВ) по-прежнему широко применяется и нередко остается единственным способом восстановления доступа к учетной записи [2]. Его эффективность опирается на концепцию биографического кода: предполагается, что отдельные автобиографические факты устойчивы, уникальны и надежно закреплены в долговременной памяти, функционируя как персональный «ключ» [3]. Однако данная концепция сформировалась в доцифровую эпоху, когда автобиографическая память существовала в относительно стабильном и ограниченном информационном окружении [4]. Современная цифровая среда порождает феномен цифровой гиперпубличности [5].

Для него характерны различные признаки: размывание границ приватного и публичного через добровольную и непроизвольную публикацию личных данных [6], множественность цифровых профилей, в том числе содержащих противоречивые биографические версии [7], а также агрегация и высокая доступность данных, упрощающие сбор и анализ биографической информации в открытых источниках (OSINT) [8].

В исследовании было предложено, что цифровая гиперпубличность формирует для СВ двоякую уязвимость. С одной стороны, возрастает риск компрометации ответов за счет их доступности в открытых данных. С другой – возникает когнитивная уязвимость, связанная с изменением процессов закрепления и извлечения автобиографических воспоминаний, что снижает надежность «биографического кода» как инструмента аутентификации [9]. В работе были проверены следующие гипотезы:

– Н1. Гиперпубличность усиливает интерференцию и фрагментацию автобиографической памяти, что снижает точность и скорость воспроизведения ответов на СВ;

– Н2. Между объемом цифрового следа индивида и успешностью воспроизведения элементов его биографического кода существует отрицательная связь;

– Н3. Персонализированные СВ, потенциально более криптостойкие, воспроизводятся хуже стандартных из-за большей зависимости от уникального и менее «репетируемого» контекста памяти.

Цель работы – экспериментально оценить уязвимость биографического кода как функции человеческой памяти в условиях цифровой гиперпубличности.

Материалы и методы. Механизм секретных вопросов опирается на связку «биографический код – автобиографическая память». Автобиографическая память носит реконструктивный характер. Успешность извлечения зависит от частоты актуализации и наличия контекстных подсказок, запускающих нужный эпизод [10]. Перевод биографических фактов из нарративного контекста в формат изолированного теста «вопрос-ответ» создает дефицит контекста и снижает вероятность корректного воспроизведения [11]. Поэтому сведения, доступные при спонтанных ассоциациях или в разговоре, могут не извлекаться в условиях принудительного и формализованного запроса, что ставит под сомнение представление о биографическом факте как о «стабильном ключе» [12].

Цифровая публичность усиливает указанные ограничения, воздействуя на процессы хранения и извлечения воспоминаний. Во-первых, рост объема цифрового следа увеличивает число сходных биографических элементов и формирует конкурирующие следы памяти, что повышает вероятность ошибок выбора [13]. Во-вторых, усиливается семантическая интерференция: базовые маркеры биографического кода со временем дополняются более поздними ассоциациями и информационными слоями, затрудняя доступ к исходному воспоминанию [14]. В-третьих, тиражирование личной информации в публичной среде ослабляет ее субъективную уникальность и эмоциональную привязку, что может снижать мнемоническую устойчивость таких фактов [15].

Исследования безопасности секретных вопросов чаще всего сосредоточены на внешних рисках. Речь идёт о предсказуемости ответов, уязвимости для OSINT-атак, компрометации из-за утечек и повторного использования данных [2,16]. Когнитивную сторону обычно рассматривают как второстепенную. Ограничения автобиографической памяти редко становятся центральным объектом анализа [17,18]. При этом связь когнитивных эффектов с гиперпубличностью изучена недостаточно. Гиперпубличность влияет не только на доступность ответов для злоумышленников. Она также может снижать надёжность воспроизведения ответов самими пользователями.

Гипотезы были проверены в формате квазиэксперимента. Основанием стал онлайн-опрос с когнитивным тестом. В исследование вошли 150 участников в возрасте 20–45 лет ($M = 28,7$; $SD = 5,4$). Выборку намеренно ограничили людьми, которые активно используют минимум две социальные сети. Также требовался сформированный цифровой след длительностью не менее пяти лет. Иначе эффект гиперпубличности для части участников был бы нерелевантен.

Процедура включала три этапа. На первом этапе участники заполняли анкету. В ней фиксировались демографические показатели. Также оценивалась цифровая вовлеченность. Для этого был использован Индекс цифрового следа (ИЦС). Это 5-балльная шкала Лайкерта. Нижняя граница соответствовала минимальной активности и пассивному потреблению контента. Верхняя граница отражала устойчивую публичную представленность. Она включала регулярные публикации биографических деталей и/или работу в digital-среде.

На втором этапе проводился тест на воспроизведение. Респондентам предъявляли десять секретных вопросов. Порядок вопросов был случайным. Использовались два типа секретных вопросов. Первый тип включал стандартные социально-семейные вопросы. Например, девичья фамилия матери или кличка первого питомца. Второй тип включал

персонализированные контекстуальные вопросы. Они опирались на более уникальные эпизоды биографии. Например, имя лучшего друга в 12 лет или номер аудитории первой лекции в вузе. Для каждого ответа фиксировалась точность. Вариант «не помню» считался неверным. Также было измерено время ответа в секундах. Дополнительно оценивалась субъективная уверенность. Она измерялась по трёхбалльной шкале.

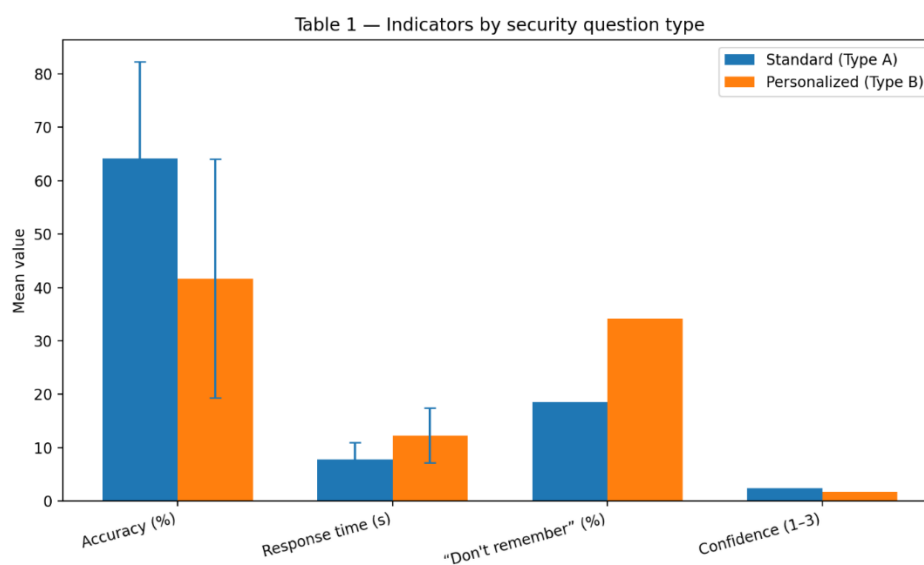
На третьем этапе была проведена проверка надежности самоотчетов, а также были собраны пояснения участников. У случайно отобранных 30% респондентов запрашивались косвенные подтверждения отдельных ответов. Использовались старые фото или фрагменты документов. Конфиденциальные данные заранее оговаривалось маскировать. Параллельно проводился краткий структурированный пост-опрос. В нем участники описывали причины затруднений и типичные ошибки. Например, забывание, путаница между похожими эпизодами, наличие «нескольких версий» воспоминания.

Статистическая обработка выполнялась в SPSS 26. Использовались описательные статистики. Проводилось сравнение средних. Рассчитывались корреляции. Для проверки различий между группами применялся однофакторный дисперсионный анализ.

Результаты и обсуждение. Результаты, представленные в таблице 1, показывают, что «биографический код» как опора для аутентификации работает нестабильно. На уровне базовых метрик участники часто ошибались, отвечали медленно и нередко уходили в «не помню». Особенно заметен разрыв между двумя типами вопросов: персонализированные оказываются одновременно и более трудными, и менее «уверенно» воспроизводимыми. Сопоставление показателей для стандартных и персонализированных секретных вопросов представлено на рисунке 1.

**Таблица 1 – Показатели разных типов секретных вопросов /
Table 1 – Indicators of different types of security questions.**

Тип вопроса	Средняя точность, % (SD)	Среднее время ответа, сек. (SD)	Доля ответов «Не помню», %	Средний балл уверенности (1–3)
Стандартные (А, n=5)	64.2 (±18.1)	7.8 (±3.2)	18.5	2.4
Персонализированные (Б, n=5)	41.7 (±22.4)	12.3 (±5.1)	34.2	1.7
Общий результат	52.95	10.05	26.35	2.05



**Рисунок 1. Показатели воспроизведения для секретных вопросов /
Figure 1. Recall indicators for security questions**

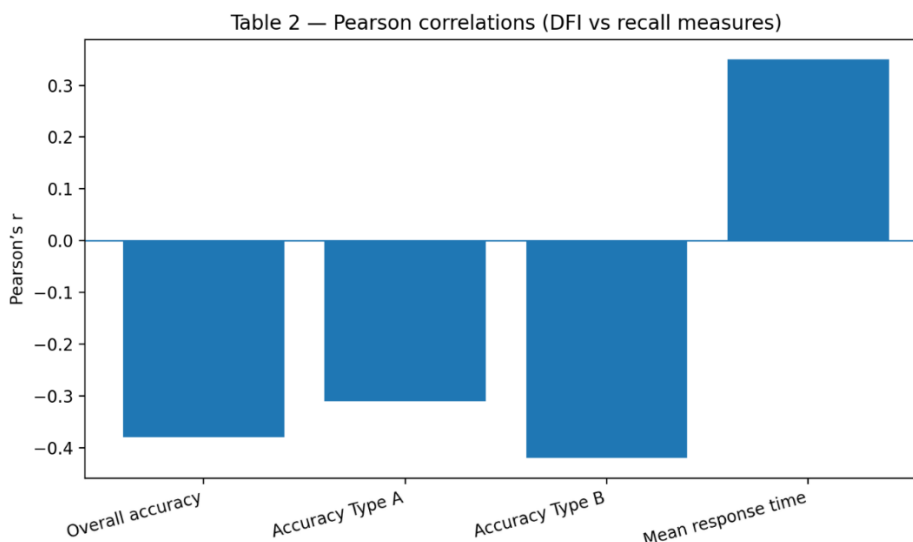
Различия между типами вопросов по всем параметрам статистически значимы ($p < 0.001$). При этом тип В, который обычно считают более «криптостойким» из-за уникальности,

дает воспроизводимость ниже 50% - практический провал с точки зрения надежного восстановления доступа.

Корреляционный анализ показывает устойчивую связь между Индексом цифрового следа (ИЦС) и результатами recall. Корреляция представлена в таблице 2. Исходя из данных, чем выше цифровая вовлеченность, тем ниже точность и тем больше времени требуется на извлечение ответа. Причем сильнее всего этот эффект проявляется именно на персонализированных вопросах. Связь ИЦС с показателями воспроизведения показана на рисунке 2.

**Таблица 2 – ИЦС и показатели recall (r Пирсона) /
Table 2 – DFI and recall measures (Pearson's r)**

Зависимая переменная	Корреляция с ИЦС (r)	Уровень значимости (p)
Общая точность	-0.38	< 0.001
Точность по Типу А	-0.31	< 0.01
Точность по Типу Б	-0.42	< 0.001
Среднее время ответа	+0.35	< 0.001



**Рисунок 2. Корреляции ИЦС с показателями воспроизведения /
Figure 2. Correlations between the DFI and recall measures**

Этот паттерн согласуется с H2 и одновременно поддерживает идею H3: «более уникальные» вопросы оказываются наиболее чувствительными к фактору гиперпубличности.

На таблице 3 представлен пост-опрос, который помогает увидеть, что ошибки имеют не только «забывчивую», но и структурную природу. Участники часто описывали ситуацию выбора между несколькими конкурентными версиями, то есть интерференцию. Распределение причин ошибок и затруднений по данным множественного выбора приведено на рисунке 3.

**Таблица 3 – Причины ошибок и затруднений /
Table 3 – Reasons for errors and difficulties**

Причина (формулировка респондента)	Классификация причины	Упомятаемость, %
«Просто забыл, память подвела»	Прямой сбой извлечения	45.3
«Сомневался между несколькими вариантами»	Интерференция	28.0
«Указал бы те данные, которые использую сейчас»	Актуализация/Подмена	15.3
«Факт изменился со временем»	Нестабильность кода	8.0
«Никогда сознательно не запоминал»	Отсутствие кодирования	3.4

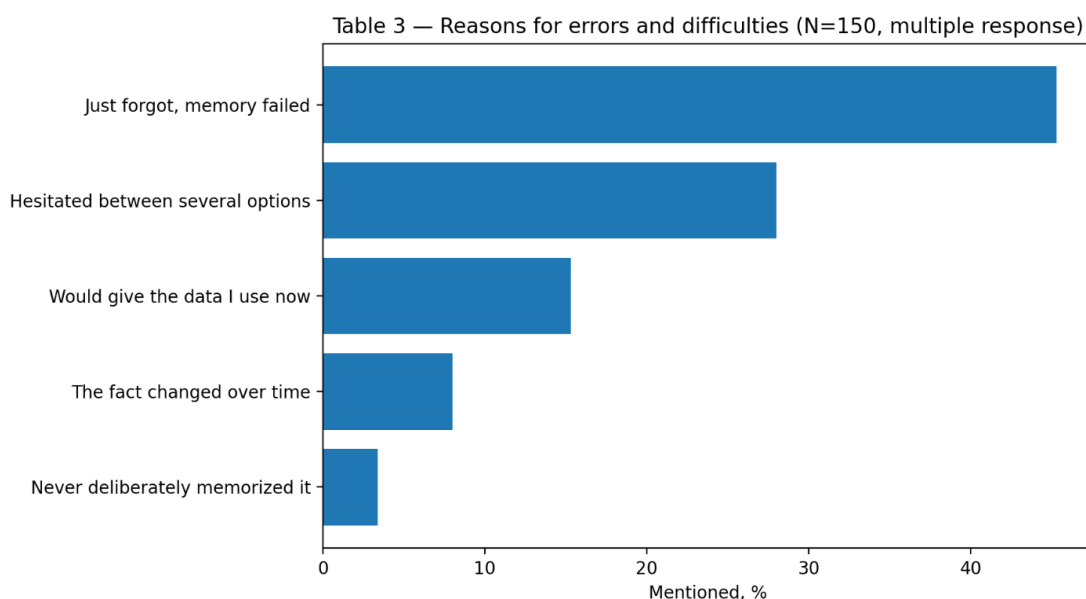


Рисунок 3. Причины ошибок и затруднений при ответах на секретные вопросы /
Figure 3. Reasons for errors and difficulties when answering security questions

Почти треть затруднений была связана именно с интерференцией: человек не «не знает», а не может выбрать один «канонический» ответ среди нескольких, одинаково правдоподобных. Это напрямую поддерживает Н1 и объясняет, почему формат секретного вопроса плохо стыкуется с реконструктивной природой автобиографической памяти.

Заключение. Результаты показывают, что традиционный секретный вопрос, построенный на «биографическом факте», плохо выдерживает условия цифровой гиперпубличности. Уязвимость здесь не сводится к тому, что ответы легче найти в открытых источниках: сама идея биографического кода как стабильного «ключа» конфликтует с тем, как реально устроена автобиографическая память. Она реконструируется, зависит от контекста, подвержена интерференции и подменам – и цифровая среда усиливает эти эффекты, делая воспроизведение менее точным, более медленным и менее уверенным [12,15,19].

Из этого следует практический вывод: опора на статичный биографический факт как на надежный механизм восстановления доступа становится методологически слабым решением. Более перспективной выглядит смена логики – от «факта» к динамическому ключу, который учитывает контекст и поведение пользователя. В качестве направления развития можно рассматривать подходы, основанные на имплицитных поведенческих паттернах, контекстно-зависимых запросах и адаптивных системах, которые подстраиваются под индивидуальные особенности памяти и влияние постоянной информационной нагрузки [20,21].

Список источников

1. Furnell S. The cybersecurity workforce and skills. *Computers & Security*. 2021. Vol. 102. Article 102130. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167404820303539> [Accessed 15 Jan 2026].
2. Bonneau J., Preibusch S. The password thicket: technical and market failures in human authentication on the web. In: WEIS. 2010. Available from: <https://jbonneau.com/> [Accessed 15 Jan 2026].
3. Schechter S., Brush A. J. B., Egelman S. It's no secret. measuring the security and reliability of authentication via «secret» questions. 2009 30th IEEE symposium on security and privacy Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5207657> [Accessed 15 Jan 2026].
4. Nelson K., Fivush R. The emergence of autobiographical memory: a social cultural developmental theory. *Psychological Review*. 2004. Vol. 111. No. 2. P. 486–511. Available from: <https://psycnet.apa.org/buy/2004-12248-009> [Accessed 15 Jan 2026].
5. Benjamin G. Privacy as a cultural phenomenon. *Journal of Media Critiques*. 2017. Available from: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=697052> [Accessed 15 Jan 2026].

6. Marwick A. E., Boyd D. Networked privacy: How teenagers negotiate context in social media. *New Media & Society*. 2014. Vol. 16. No. 7. P. 1051–1067. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1461444814543995> [Accessed 15 Jan 2026].
7. Van Dijck J. ‘You have one identity’: performing the self on Facebook and LinkedIn. *Media, Culture & Society*. 2013. Vol. 35. No. 2. P. 199–215. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0163443712468605> [Accessed 15 Jan 2026].
8. Acquisti A., Gross R. Imagined communities: Awareness, information sharing, and privacy on the Facebook. In: *Privacy Enhancing Technologies*. 2006. P. 36–58. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/11957454_3 [Accessed 15 Jan 2026].
9. Wegner D. M., Ward A. F. The internet has become the external hard drive for our memories. *Scientific American*. 2013. Vol. 309. No. 6. P. 58–61. Available from: <https://www.scientificamerican.com/article/the-internet-has-become-the-external-hard-drive-for-our-memories/> [Accessed 15 Jan 2026].
10. Tulving E. Episodic memory: From mind to brain. *Annual Review of Psychology*. 2002. Available from: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.psych.53.100901.135114> [Accessed 15 Jan 2026].
11. Conway M. A., Pleydell–Pearce C. W. The construction of autobiographical memories in the self–memory system. *Psychological Review*. 2000. Vol. 107. No. 2. P. 261–288. Available from: <https://psycnet.apa.org/fulltext/2000-15248-002.html> [Accessed 15 Jan 2026].
12. Sparrow B., Liu J., Wegner D. M. Google effects on memory: Cognitive consequences of having information at our fingertips. *Science*. 2011. Vol. 333. No. 6043. P. 776–778. Available from: <https://psycnet.apa.org/buy/2000-15248-002> [Accessed 15 Jan 2026].
13. Hardt O., Nader K., Nadel L. Decay happens: the role of active forgetting in memory. *Trends in Cognitive Sciences*. 2013. Vol. 17. No. 3. P. 111–120. Available from: [https://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/abstract/S1364-6613\(13\)00013-2](https://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/abstract/S1364-6613(13)00013-2) [Accessed 15 Jan 2026].
14. Anderson M. C., Neely J. H. Interference and inhibition in memory retrieval. *Memory*. 1996. Vol. 2. P. 237–313. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/chapter/edited-volume/abs/pii/B9780121025700500100> [Accessed 28 Jun 2025].
15. Ozdes A., Karaman F. Remembering in the digital world: Autobiographical memory in social media. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*. 2023. Available from: <https://dergipark.org.tr/en/pub/pgy/article/1122227> [Accessed 15 Jan 2026].
16. Schechter S., Brush A. J., Egelman S. It's no secret: Measuring the security and reliability of authentication via “secret” questions. *IEEE Symposium on Security and Privacy*. 2009. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5207657> [Accessed 15 Jan 2026].
17. Yan J. et al. Password memorability and security: Empirical results. *IEEE Security & Privacy*. 2004. Vol. 2. No. 5. P. 25–31. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1341406> [Accessed 15 Jan 2026].
18. Forget A., Chiasson S., Biddle R. User-centred authentication feature framework. *Information & Computer Security*. 2015. T. 23. №. 5. C 497-515. Available from: <https://www.emerald.com/ics/article-abstract/23/5/497/110966/User-centred-authentication-feature-framework?redirectedFrom=fulltext> [Accessed 15 Jan 2026].
19. Lynch M. P. *The internet of us: Knowing more and understanding less in the age of big data*. New York: W. W. Norton & Company; 2016. 352 p.
20. Stajano F. Pico: No more passwords! In: *Security Protocols XIX*. 2011. P. 49–81. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-25867-1_6 [Accessed 15 Jan 2026].
21. Weinshall D. Cognitive authentication schemes safe against spyware. *IEEE Symposium on Security and Privacy*. 2006. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1624019> [Accessed 15 Jan 2026].

References

1. Furnell S. The cybersecurity workforce and skills. *Computers & Security*. 2021. Vol. 102. Article 102130. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167404820303539> [Accessed 15 January 2026].
2. Bonneau J., Preibusch S. The password thicket: technical and market failures in human authentication on the web. In: *WEIS*. 2010. Available from: <https://jbonneau.com/> [Accessed 15 January 2026].
3. Schechter S., Brush A. J. B., Egelman S. It's no secret. measuring the security and reliability of authentication via «secret» questions. 2009 30th IEEE symposium on security and privacy Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5207657> [Accessed 15 15 January 2026].

4. Nelson K., Fivush R. The emergence of autobiographical memory: a social cultural developmental theory. *Psychological Review*. 2004. Vol. 111. No. 2. P. 486–511. Available from: <https://psycnet.apa.org/buy/2004-12248-009> [Accessed 15 January 2026].
5. Benjamin G. Privacy as a cultural phenomenon. *Journal of Media Critiques*. 2017. Available from: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=697052> [Accessed 15 January 2026].
6. Marwick A. E., Boyd D. Networked privacy: How teenagers negotiate context in social media. *New Media & Society*. 2014. Vol. 16. No. 7. P. 1051–1067. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1461444814543995> [Accessed 15 January 2026].
7. Van Dijck J. ‘You have one identity’: performing the self on Facebook and LinkedIn. *Media, Culture & Society*. 2013. Vol. 35. No. 2. P. 199–215. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0163443712468605> [Accessed 15 January 2026].
8. Acquisti A., Gross R. Imagined communities: Awareness, information sharing, and privacy on the Facebook. In: *Privacy Enhancing Technologies*. 2006. P. 36–58. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/11957454_3 [Accessed 15 January 2026].
9. Wegner D. M., Ward A. F. The internet has become the external hard drive for our memories. *Scientific American*. 2013. Vol. 309. No. 6. P. 58–61. Available from: <https://www.scientificamerican.com/article/the-internet-has-become-the-external-hard-drive-for-our-memories/> [Accessed 15 January 2026].
10. Tulving E. Episodic memory: From mind to brain. *Annual Review of Psychology*. 2002. Available from: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.psych.53.100901.135114> [Accessed 15 January 2026].
11. Conway M. A., Pleydell–Pearce C. W. The construction of autobiographical memories in the self-memory system. *Psychological Review*. 2000. Vol. 107. No. 2. P. 261–288. Available from: <https://psycnet.apa.org/fulltext/2000-15248-002.html> [Accessed 15 January 2026].
12. Sparrow B., Liu J., Wegner D. M. Google effects on memory: Cognitive consequences of having information at our fingertips. *Science*. 2011. Vol. 333. No. 6043. P. 776–778. Available from: <https://psycnet.apa.org/buy/2000-15248-002> [Accessed 15 January 2026].
13. Hardt O., Nader K., Nadel L. Decay happens: the role of active forgetting in memory. *Trends in Cognitive Sciences*. 2013. Vol. 17. No. 3. P. 111–120. Available from: [https://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/abstract/S1364-6613\(13\)00013-2](https://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/abstract/S1364-6613(13)00013-2) [Accessed 15 January 2026].
14. Anderson M. C., Neely J. H. Interference and inhibition in memory retrieval. *Memory*. 1996. Vol. 2. P. 237–313. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/chapter/edited-volume/abs/pii/B9780121025700500100> [Accessed 15 January 2026].
15. Ozdes A., Karaman F. Remembering in the digital world: Autobiographical memory in social media. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*. 2023. Available from: <https://dergipark.org.tr/en/pub/pgy/article/1122227> [Accessed 15 January 2026].
16. Schechter S., Brush A. J., Egelman S. It's no secret: Measuring the security and reliability of authentication via “secret” questions. *IEEE Symposium on Security and Privacy*. 2009. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5207657> [Accessed 15 January 2026].
17. Yan J. et al. Password memorability and security: Empirical results. *IEEE Security & Privacy*. 2004. Vol. 2. No. 5. P. 25–31. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1341406> [Accessed 15 January 2026].
18. Forget A., Chiasson S., Biddle R. User-centred authentication feature framework. *Information & Computer Security*. 2015. T. 23. №. 5. C 497-515. Available from: <https://www.emerald.com/ics/article-abstract/23/5/497/110966/User-centred-authentication-feature-framework?redirectedFrom=fulltext> [Accessed 15 January 2026].
19. Lynch M. P. *The internet of us: Knowing more and understanding less in the age of big data*. New York: W. W. Norton & Company; 2016. 352 p.
20. Stajano F. Pico: No more passwords! In: *Security Protocols XIX*. 2011. P. 49–81. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-25867-1_6 [Accessed 15 January 2026].
21. Weinshall D. Cognitive authentication schemes safe against spyware. *IEEE Symposium on Security and Privacy*. 2006. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1624019> [Accessed 15 January 2026].

Информация об авторах

Азаров Иван Валерьевич – доцент, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь.
Researcher ID: PJA-9864-2026.

Захарченко Нина Юрьевна – преподаватель, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Researcher ID: PJA-7595-2026.

Санамян Олег Арменович – студент, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, s.oleg.s2003@gmail.com; Researcher ID: PJA-7256-2026, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3667-2901>.

Семиколеннова Елена Романовна – студент, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь. Researcher ID: PJB-0343-2026.

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

Information about the authors

Azarov Ivan Valeryevich – Associate Professor, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia. Researcher ID: PJA-9864-2026.

Zakharchenko Nina Yuryevna – Lecturer, North Caucasus Federal University, Stavropol, Researcher ID: PJA-7595-2026.

Sanamyan Oleg Armenovich – Student, North Caucasus Federal University, Stavropol, s.oleg.s2003@gmail.com; Researcher ID: PJA-7256-2026.

Semikolenнова Elena Romanovna – Student, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia. Researcher ID: PJB-0343-2026.

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

Научная статья

УДК 004.8:004.056.5

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.4>

Методы машинного обучения для выявления атак на систему управления промышленного Интернета вещей

Юлия Алексеевна Андрусенко¹, Кристина Юрьевна Серебренникова², Глеб Алексеевич Семенов^{3*}, Артем Алексеевич Соломянко⁴

^{1,2,3,4} Северо-Кавказский федеральный университет (д. 1, ул. Пушкина, Ставрополь, 355017, Российская Федерация)

¹iuandrusenko@ncfu.ru

²serebrennikova0512@gmail.com

³glebsemenov2003@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-3667-2901>

⁴artemixol@xmail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3378-6743>

* Автор, ответственный за переписку: Семенов Глеб Алексеевич, glebsemenov2003@gmail.com

Аннотация. Введение. В статье рассматривается задача обнаружения кибератак в инфраструктуре промышленного Интернета вещей (IIoT), актуальность которой обусловлена ростом числа подключённых промышленных устройств и увеличением атак на критические системы управления. **Материалы и методы.** Для проведения исследования использован набор данных, сформированный на основе сетевого трафика и содержащий 84 признака и 67 267 записей. В работе применялись методы предварительной обработки данных, отбор информативных признаков, анализ главных компонент (PCA), а также методы машинного обучения, включая Decision Tree, K Nearest Neighbor, Tree Ensemble, PNN Learner и Gradient Boosted Trees. Для оценки качества моделей использовалась кросс-валидация и ограничение глубины деревьев. **Результаты и обсуждение.** Проведено сравнение эффективности различных моделей классификации. Установлено, что применение PCA и оптимизация параметров моделей позволяет повысить точность обнаружения атак. Наилучший результат показала модель Tree Ensemble, обеспечившая точность классификации 97,5% при использовании 17 главных компонент. **Заключение.** Полученные результаты подтверждают перспективность применения методов машинного обучения для выявления кибератак в системах промышленного Интернета вещей и могут быть использованы при построении систем мониторинга и защиты IIoT-инфраструктуры.

Ключевые слова: машинное обучение; Интернет вещей; кибератаки; метод главных компонент; дерево решений, переобучение модели, кросс-валидация, промышленный Интернет вещей, KNIME, модель, глубина дерева, эффективность модели, CICFlowMeter,

Для цитирования: Андрусенко Ю. А., Серебренникова К. Ю., Семенов Г. А., Соломянко А. А. Методы машинного обучения для выявления атак на систему управления промышленного Интернета вещей // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 55-69. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.4>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

© Андрусенко Ю. А., Серебренникова К. Ю., Семенов Г. А., Соломянко А. А., 2026.

Research article

Machine learning methods for identifying attacks on the control system of the industrial Internet of things

Yuliya Alekseevna Andrusenko ¹, Kristina Yuryevna Serebrennikova ², Gleb Alekseevich Semenov ³, Artem Alekseevich Solomyanko ⁴

^{1,2,3,4} North Caucasus Federal University (1, Pushkin Stavropol, 355017, Russian Federation)

¹iuandrusenko@ncfu.ru

²serebrennikova0512@gmail.com

³glebsemenov2003@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-3667-2901>

⁴artemixol@xmail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3378-6743>

* Corresponding author **Gleb Alekseevich Semenov**, glebsemenov2003@gmail.com

Abstract. Introduction. The article addresses the problem of detecting cyberattacks in the infrastructure of the Industrial Internet of Things (IIoT), the relevance of which is driven by the rapid growth of connected industrial devices and the increasing number of attacks on critical control systems. The aim of the study is to analyze and compare machine learning methods to improve the effectiveness of attack detection in IIoT networks.

Materials and Methods. The study is based on a network traffic dataset containing 84 features and 67,267 records. Data preprocessing techniques, informative feature selection, and Principal Component Analysis (PCA) were applied. Several machine learning algorithms were investigated, including Decision Tree, K-Nearest Neighbors, Tree Ensemble, PNN Learner, and Gradient Boosted Trees. Model performance was evaluated using cross-validation and tree depth limitation to mitigate overfitting. **Results and Discussion.** A comparative analysis of classification models was conducted. The results show that the use of PCA and model parameter optimization significantly improves attack detection accuracy. The best performance was achieved by the Tree Ensemble model, which reached a classification accuracy of 97.5% when using 17 principal components. **Conclusion.** The obtained results confirm the effectiveness of machine learning approaches for building intrusion detection and security monitoring systems in Industrial Internet of Things environments.

Keywords: machine learning; Internet of Things (IoT); cyberattacks; Principal Component Analysis (PCA); decision tree; model overfitting; cross-validation; Industrial Internet of Things (IIoT); KNIME; model; tree depth; model performance, CICFlowMeter.

For citation: Andrusenko Y. A., Serebrennikova K. Y., Semenov G. A., Solomyanko A. A.. Machine Learning Methods for Detecting Attacks on the Industrial Internet of Things Control System. *Modern Science and Innovations*, 2026, (1):55–69. (In Russ). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.4>

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

The article was submitted 01.12.2025;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026.

Введение. Интернет Вещей (Internet of Things, IoT) – система объединенных компьютерных сетей и подключенных физических объектов (вещей) со встроенными датчиками и ПО для сбора и обмена данными, с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме, без участия человека.

Промышленный Интернет Вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) – система объединенных компьютерных сетей и подключенных промышленных объектов со встроенными датчиками и ПО для сбора и обмена данными, с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме, без участия человека [10].

Обобщающая модель архитектуры промышленного интернета вещей (рис. 1).

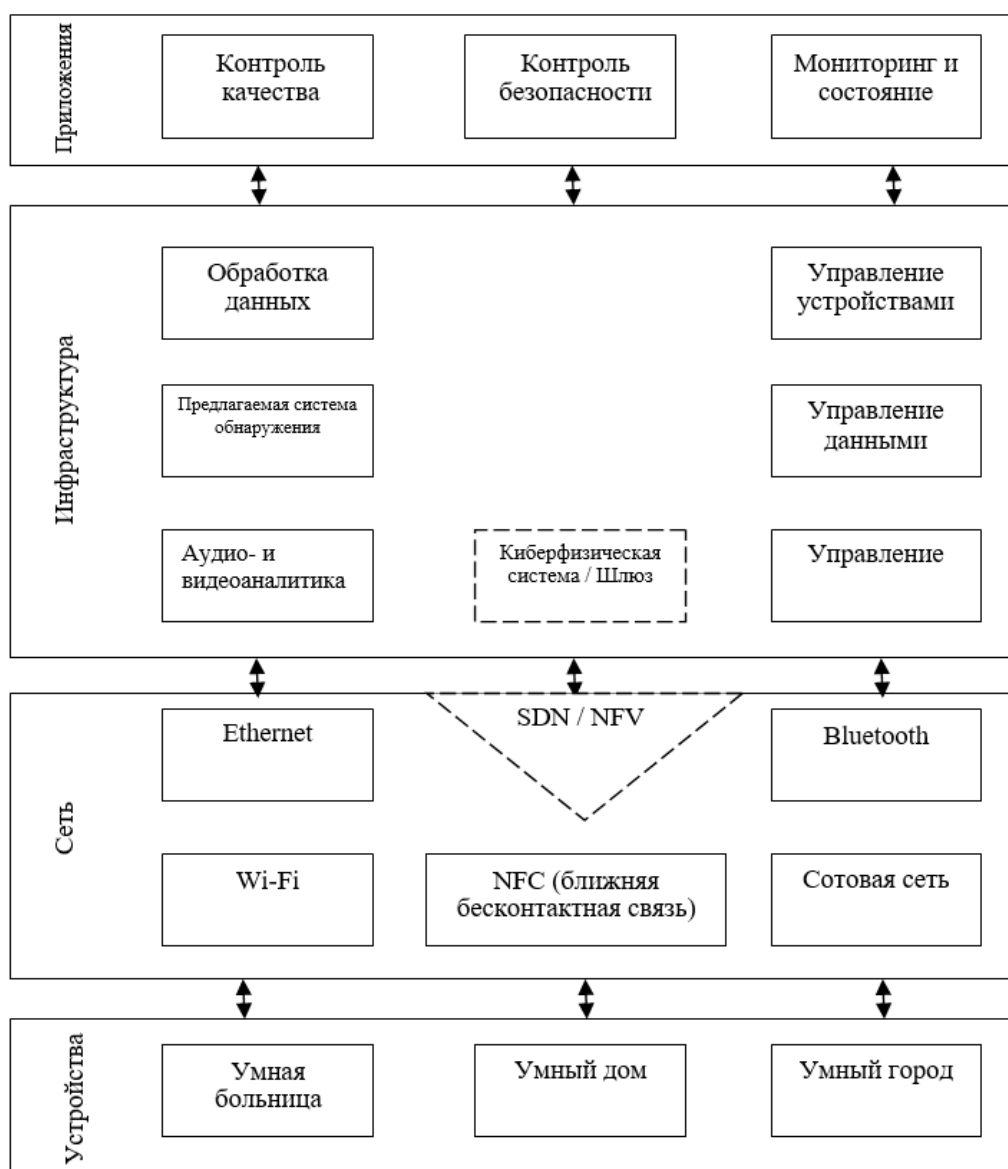


Рисунок 1. Обобщающая модель архитектуры промышленного Интернета вещей/ Figure 1. A generalizing model of the industrial Internet of things architecture.

История возникновения термина IIoT, официально началось с зарождения концепции «интер

нета вещей» (IIoT) в 1999 году. Исследователь Кевин Эштон, представивший идею в ходе презентации для компании Procter&Gamble. Хотя технологии IIoT существуют уже более двух десятилетий, активный интерес к ним сформировался значительно позже и продолжает усиливаться. Специалисты Cisco связывают период 2008–2009 годов с отправной точкой становления промышленного интернета вещей (IIoT). По их аналитическим данным, именно в эти годы произошёл ключевой перелом: количество подключённых к сети машин и сенсоров впервые превысило численность населения Земли. Этот переходный этап, когда «интернет людей» уступил доминирование «интернету вещей», стал основой для интеграции умных устройств в производственные цепочки и управление критической инфраструктурой. В промышленном контексте это означало начало эпохи, где основными участниками сетевого взаимодействия стали не персональные гаджеты, а оборудование, датчики и автоматизированные системы предприятий. Методы машинного обучения (ML) занимают центральное место в создании алгоритмов, направленных на классификацию и выявление кибератак [4].

Под машинным обучением понимают подход, при котором система искусственного интеллекта самостоятельно улучшает свои функции, обрабатывая массивы обучающих

данных без прямого вмешательства разработчика [1]. Технологии ML предоставляют эффективные средства для автоматизированного мониторинга сетевого трафика и обнаружения отклонений от нормы. Тем не менее, поиск оптимальных моделей и методов для классификации сетевых пакетов по-прежнему остаётся актуальной проблемой.

Материалы и методы исследований.

Для проведения исследования методов машинного обучения, направленных на выявление кибератак в системе управления промышленного Интернета вещей, был использован набор данных сетевого трафика, а также аналитическая платформа графического программирования KNIME [11, 3]. В данном разделе представлены характеристики используемого датасета, методы предварительной обработки данных, применяемые инструменты и подходы к обучению моделей машинного обучения [5, 14].

Для проведения исследований был использован набор данных dataset, полученный из исходных файлов формата pcap с помощью инструмента CICFlowMeter. Данный инструмент позволяет извлекать статистические характеристики сетевых потоков и формировать структурированный набор данных, пригодный для анализа и машинного обучения [5].

Используемый набор данных включает как числовые, так и категориальные признаки, такие как Flow ID, Src IP, Dst IP и Timestamp. Общий объём датасета составляет 67 267 строк и 84 столбца [5]. В данных представлены различные классы сетевых атак, включая DoS, DDoS, Probe и Web-атаки, которые выявляются на сетевом уровне [3].

Представленный набор данных содержит значительное количество признаков, не являющихся ключевыми для анализа и построения эффективных моделей машинного обучения. В связи с этим на этапе предварительной обработки был выполнен отбор информативных признаков.

Для уменьшения размерности данных использовался специальный узел Column Filter в среде KNIME [14]. В результате отбора число признаков было сокращено с 84 до 20 без существенной потери информации. Колонки, сохранённые после отбора, представлены в (таблица. 1).

Таблица.1.Описание колонок датасета/ Table 1. Description of the dataset columns

Номер	Атрибут	Описание	Тип данных
1	Flow Duration	Длительность сетевого потока	Числовой
2	Flow Bytes/s	Средняя скорость передачи данных	Числовой
3	Flow Packets/s	Средняя скорость передачи пакетов	Числовой
4	Packet Length Mean	Средний размер пакета	Числовой
5	Packet Length Std	Стандартное отклонение размера пакета	Числовой
6	SYN Flag Count	Количество SYN-флагов	Числовой
7	ACK Flag Count	Количество ACK-флагов	Числовой
8	RST Flag Count	Количество RST-флагов	Числовой
9	Down/Up Ratio	Соотношение входящего и исходящего трафика	Числовой
10	Average Packet Size	Средний размер пакета	Числовой

11	Fwd Packet Length Mean	Средний размер пакета (прямое направление)	Числовой
12	Bwd Packet Length Mean	Средний размер пакета (обратное направление)	Числовой
13	Flow IAT Mean	Средний интервал между пакетами	Числовой
14	Flow IAT Std	Стандартное отклонение интервалов	Числовой
15	Fwd IAT Mean	Интервал между пакетами (прямое направление)	Числовой
16	Bwd IAT Mean	Интервал между пакетами (обратное направление)	Числовой
17	Active Mean	Среднее время активности потока	Числовой
18	Idle Mean	Среднее время простоя потока	Числовой
19	Subflow Fwd Bytes	Объём данных в подпотоке (прямое направление)	Числовой
20	Subflow Bwd Bytes	Объём данных в подпотоке (обратное направление)	Числовой

Представленный набор данных содержит преобладающее количество колонок с данными, которые не являются ключевыми для анализа в исследовании и создание модели, поэтому необходимо произвести отбор колонок с необходимыми данными. Для отбора нужных колонок использовался узел «Column Filter». Количество колонок благодаря отбору сократилось от 84 до 20, что упрощает создание и обучение модели без потери информации, также.

Таким образом использование этого узла позволяет повысить качество модели, ускоряет ее обучение и снижает затраты на вычисления.

Так как набор данных имеет 84 колонки, некоторые из которых являются мультикалениарные (линейно зависимыми), поэтому необходимо упростить модель и устранить мультикалениарность. Для преобразования этих колонок использовался узел «PCA». Значение этих колонок были уменьшены и преобразованы в новый набор независимых признаков.

Таким образом использование этого узла помогает уменьшить размерность данных, сохранив 90-95% информации, справляется с мультикалениарностью колонок, упрощает модель.

Для оценки влияния отбора признаков на качество моделей был построен график значений метрики F1 Score до и после отбора данных (рисунок. 2). Из графика видно, что часть значений после отбора признаков демонстрирует снижение точности, однако в целом отбор позволяет упростить модель и снизить вычислительные затраты.

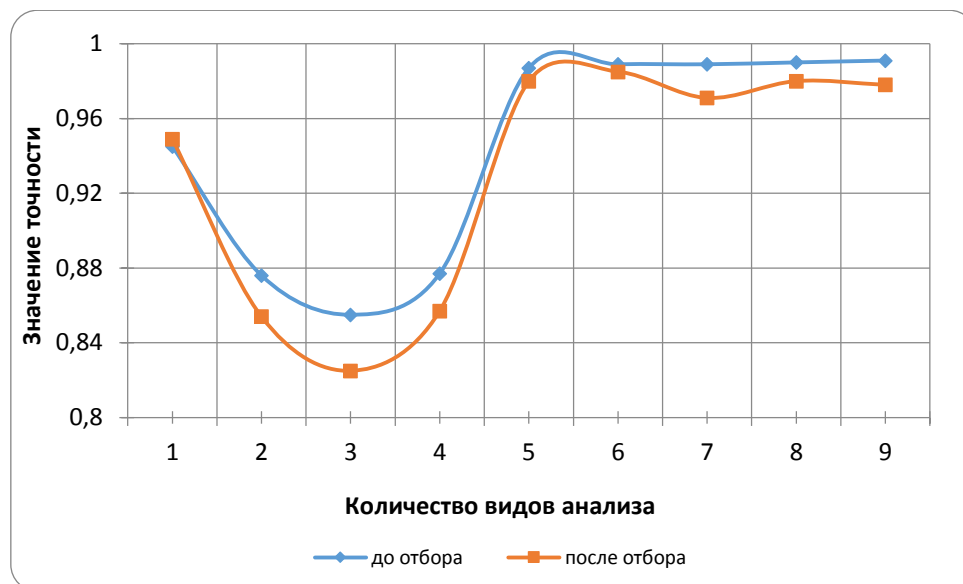


Рисунок. 2. График F1 Score до и после отбора данных/ Figure. 2. F1 Score graph before and after data selection

Таким образом, использование узла Column Filter позволяет повысить качество моделей, ускорить процесс обучения и снизить сложность вычислений.

Для анализа данных и построения моделей машинного обучения использовалась аналитическая платформа графического программирования KNIME Analytics Platform (Konstanz Information Miner). Данная среда предоставляет широкий набор инструментов для обработки данных, построения моделей, визуализации результатов и проведения экспериментальных исследований.

В рамках исследования были использованы следующие узлы KNIME:

File Reader, Column Filter, Normalizer, PCA, X-Partitioner, Learner, Predictor, X-Aggregator и Scorer. Их назначение и функциональные возможности представлены в таблице 2.

Таблица 2. Используемые узлы/ Table 2. Used nodes

Название узла	Назначение
File Reader	Читает наиболее распространенные текстовые файлы.
Column Filter	Позволяет фильтровать столбцы по признаку данных
Normalizer	Нормализует значения всех выбранных (числовых) столбцов.
PCA	Выполняет анализ главных компонент на заданных данных, уменьшая размерность данных с сохранением информации.
X-Partitioner	Является первым в цикле перекрёстной проверки.
Learner	Строит предсказывающую модель на основе полученных данных. Отвечает за обучение.
Predictor	Отвечает за применение полученной модели к тестовым данным.
X-Aggregator	Является последним в цикле перекрёстной проверки. Собирает данные с предиктора,

	сравнивает прогнозируемый и реальные классы и выводит прогнозы для всех строк и статистику по итерациям.
Scorer	Показывает матрицу ошибок, сообщает ряд статистических данных, таких как recall, precision, accuracy и др.

В ходе исследования была выявлена проблема переобучения моделей машинного обучения, заключающаяся в том, что алгоритмы демонстрировали высокие показатели на обучающей выборке и значительно худшие результаты на тестовых данных[2].

Для борьбы с переобучением была использована кросс-валидация – метод оценки модели на независимых подвыборках [2]. Суть метода заключается в разбиении исходного набора данных на несколько частей, одна из которых используется для тестирования, а остальные – для обучения модели. Процесс повторяется для всех частей, а итоговая оценка вычисляется как среднее значение по всем итерациям.

В среде KNIME кросс-валидация была реализована с использованием узлов X-Partitioner и X-Aggregator, автоматически организующих цикл проверки. Количество валидаций было установлено равным пяти. Дополнительно, в моделях на основе деревьев решений была ограничена глубина деревьев, которая варьировалась в диапазоне от 3 до 10, что также способствовало снижению эффекта переобучения.

Таким образом, применение кросс-валидации и контроль глубины деревьев позволили повысить устойчивость моделей и обеспечить более объективную оценку их качества.

В рамках исследования на платформе KNIME были построены и проанализированы пять моделей машинного обучения с различными параметрами. К ним относятся: Decision Tree Learner, K Nearest Neighbor, Tree Ensemble, PNN Learner и Gradient Boosted Trees. Данные модели были выбраны в связи с их распространённостью и эффективностью при решении задач классификации сетевого трафика.

Для каждой модели проводилась настройка параметров, а также анализ влияния методов предварительной обработки данных, включая нормализацию и метод главных компонент. Оценка качества моделей выполнялась с использованием стандартных метрик классификации, таких как accuracy, precision, recall и F-measure [2].

Результаты и обсуждение.

Экспериментальные исследования были направлены на оценку эффективности различных моделей машинного обучения при выявлении атак в системе управления промышленного Интернета вещей. Рассматривалось влияние методов предварительной обработки данных, параметров моделей и применения метода главных компонент на точность классификации.

Decision Tree Learner (дерево решений) представляет собой метод машинного обучения, основанный на последовательном разбиении данных на подмножества и прогнозировании классов на основе заданных условий. В моделях Decision Tree нормализация данных не применялась [9].

В рамках исследования было проведено сравнение моделей Decision Tree с использованием метода главных компонент PCA и без него. Для этого были построены несколько моделей с числом компонент PCA в диапазоне от 17 до 3 с шагом 2–3, а также модель без применения PCA. По значениям метрики Accuracy был построен график, представленный на рисунке 3.

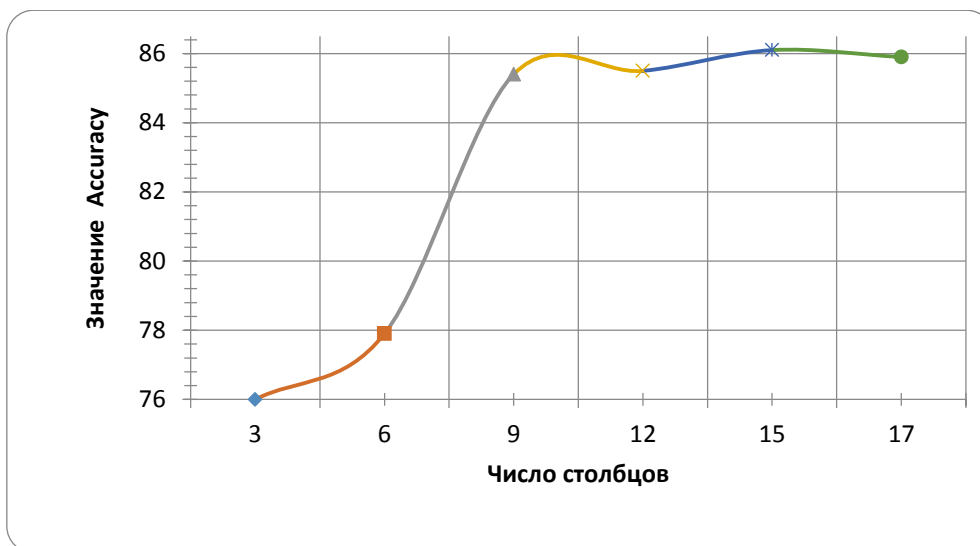


Рисунок 3. Параметр Accuracy для модели Decision Tree с использованием PCA с различным числом столбцов/ Fig. 3. Accuracy parameter for Decision Tree model using PCA with different number of columns

Анализ результатов показал, что использование PCA не приводит к значительному повышению точности классификации для данной модели. Далее было проведено исследование влияния параметров Decision Tree без применения PCA. Рассматривались такие параметры, как Quality measure (Gain ratio и Gini index) и Pruning method (No pruning и MDL). По результатам экспериментов был построен график, представленный на рисунке 4.

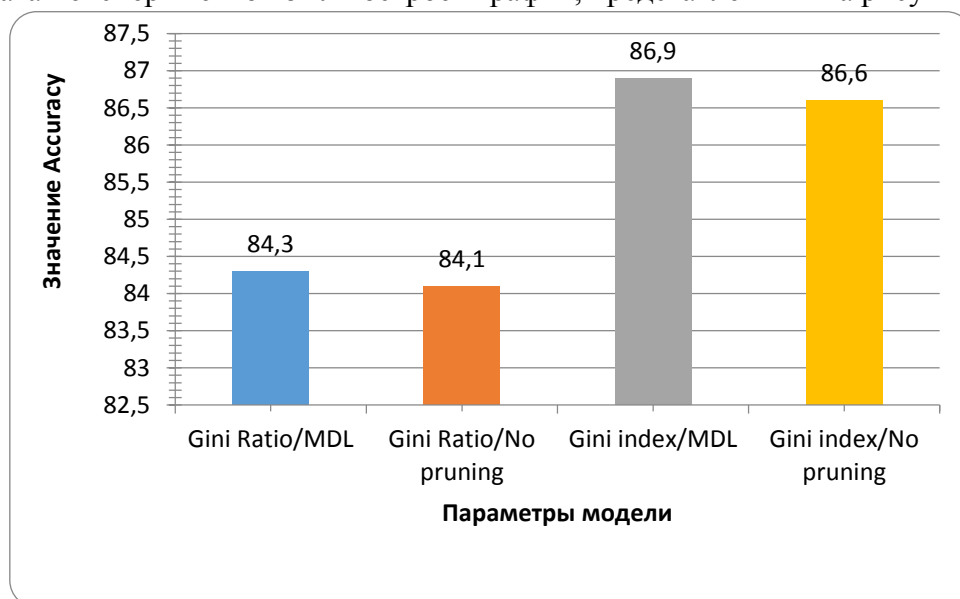


Рисунок 4. Параметр Accuracy для модели Decision Tree без PCA/ Figure. 4. Accuracy parameter for Decision Tree model without PCA.

Полученные результаты показали, что наилучшая точность для модели Decision Tree достигается без использования PCA при параметрах Gini index и MDL, которые соответствуют значениям по умолчанию. Максимальное значение точности составило 86,9%.

Алгоритм K Nearest Neighbor (KNN) используется для решения задач классификации и основан на определении класса объекта по большинству ближайших соседей в обучающей выборке [10].

В ходе исследования было проведено сравнение моделей KNN с использованием PCA и без него при фиксированном числе ближайших соседей. Были построены модели с числом компонент PCA в диапазоне от 17 до 5 с шагом 2, а также модель без PCA. По значениям метрики Ассигасы был построен график, представленный на рисунке 5.

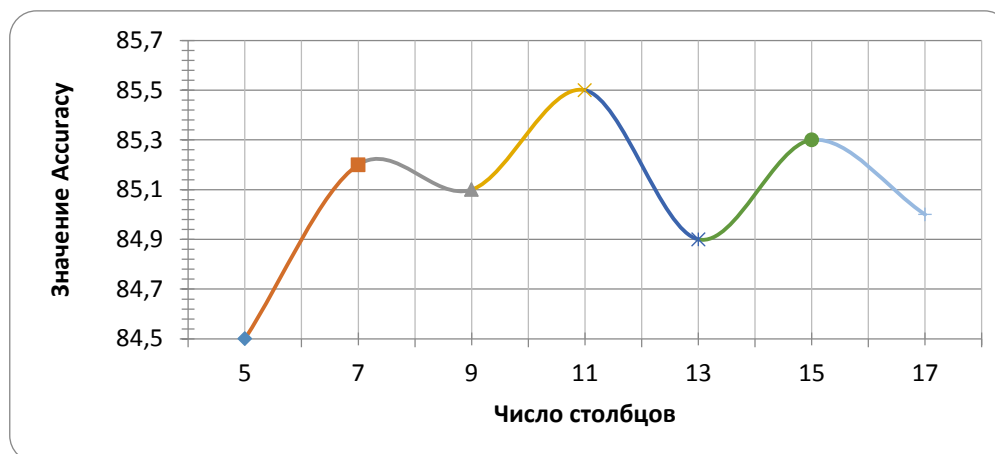


Рисунок. 5. Параметр Accurasy для модели KNN с использованием PCA с различным числом столбцов/ Figure. 5. Accuracy parameter for KNN model using PCA with different number of columns.

Результаты показали, что наибольшая точность достигается при использовании PCA с 11 и 15 компонентами, а также в модели без применения PCA. Эти варианты были выбраны для дальнейшего анализа метрики F-measure.

Дополнительно было исследовано влияние числа ближайших соседей на точность классификации. Для этого были построены модели с числом соседей от 1 до 10 для вариантов PCA с 11 и 15 компонентами. По результатам экспериментов был построен график, представленный на рисунке 6.

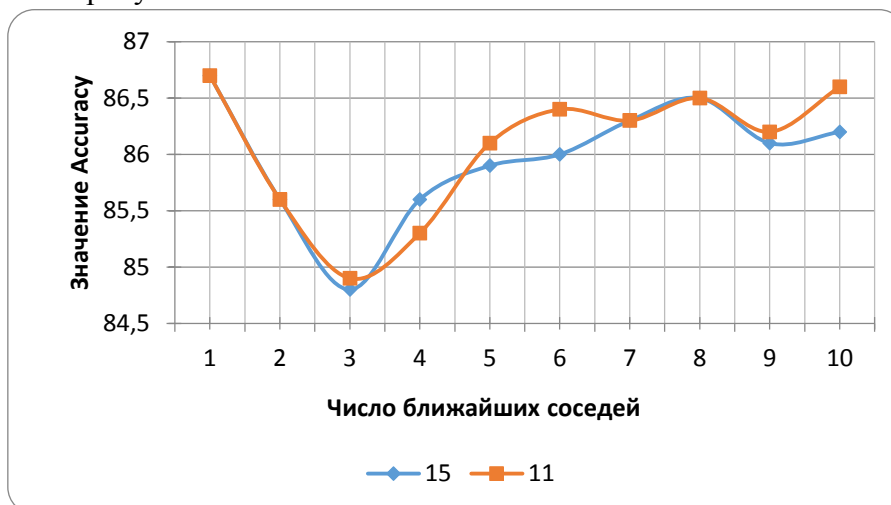


Рисунок. 6. Параметр Accurasy для модели KNN с использованием PCA 11 и 15 столбцами/ Figure. 6. Accuracy parameter for KNN model using PCA with 11 and 15 columns.

Анализ показал, что наибольшие значения точности достигаются при числе ближайших соседей, равном 1, при этом различия между моделями с разным числом компонент PCA оказываются незначительными.

Tree Ensemble (ансамбль деревьев) представляет собой метод машинного обучения, основанный на использовании совокупности деревьев решений. В моделях данного типа нормализация данных не применялась [7].

На первом этапе было проведено исследование влияния метода главных компонент на точность модели Tree Ensemble при глубине дерева, равной 10. Были построены модели с числом компонент PCA в диапазоне от 17 до 5 с шагом 2, а также модель без PCA. Результаты экспериментов представлены на рисунке 8.

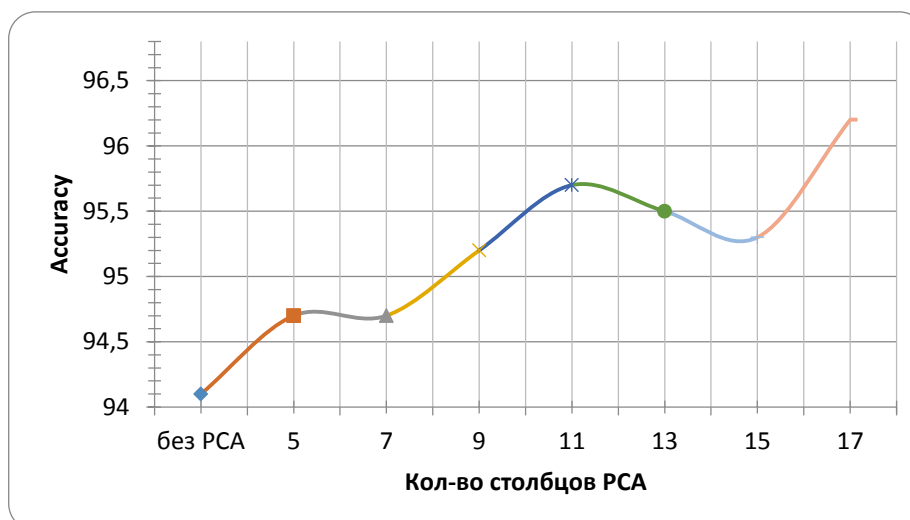


Рисунок 8. Параметр Accuracy для модели Tree Ensemble с использованием PCA с различным числом столбцов и без PCA/ Figure 8. Accuracy parameter for Tree Ensemble model using PCA with different number of columns and without PCA.

Результаты экспериментов указывают на снижение точности классификации в моделях без применения PCA, в то время как использование метода главных компонент обеспечивает заметное повышение эффективности. Максимальные значения Accuracy достигнуты при использовании 17 и 11 компонент PCA.

На следующем этапе было исследовано влияние глубины деревьев на точность классификации для модели с 17 компонентами PCA. Глубина дерева изменялась в диапазоне от 3 до 10. По результатам экспериментов был построен график, представленный на рисунке 9.

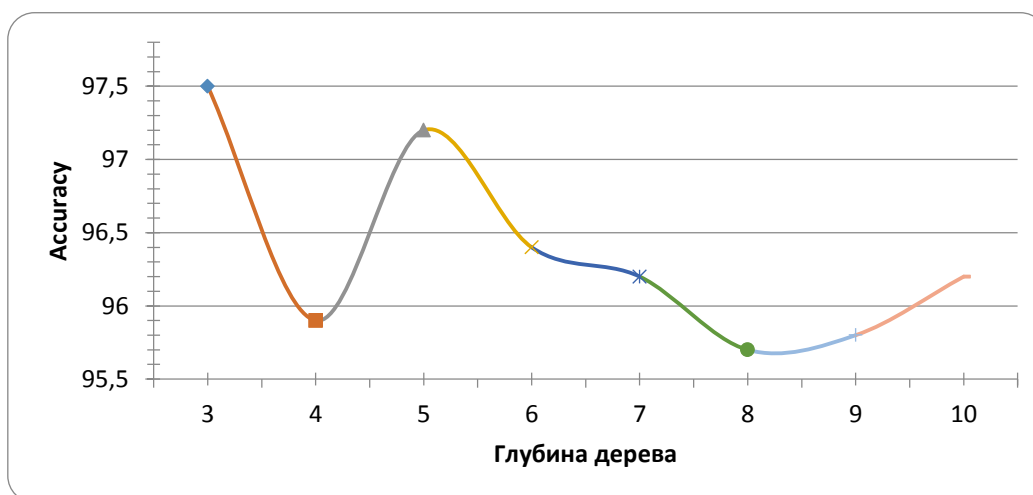


Рисунок 9. Параметр Accuracy для модели Tree Ensemble с числом столбцов PCA 17/ Figure 9. Accuracy parameter for Tree Ensemble model with PCA columns number 17.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что максимальная точность классификации достигается при глубине дерева, равной 3. В данном случае значение Accuracy составило 97,5%, что является наилучшим результатом среди всех рассмотренных моделей.

PNN Learner (Probabilistic Neural Network) реализует вероятностную нейронную сеть и предназначен для классификации на основе числовых данных [6].

В ходе исследования была проведена оценка влияния метода главных компонент на точность модели PNN Learner. Были построены модели с использованием PCA с числом компонент от 17 до 5, а также модель без PCA. Результаты экспериментов представлены на рисунке 10.

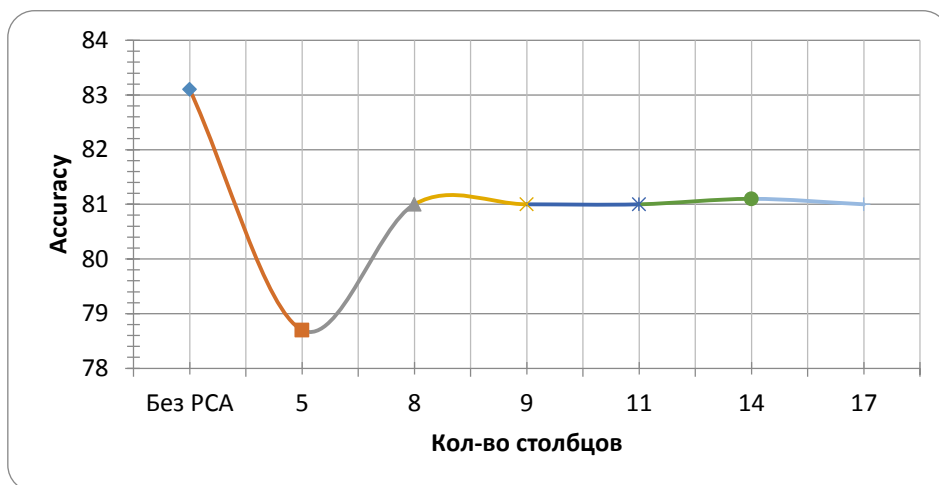


Рисунок. 10. Параметр Accuracy для модели PNN Learner с использованием PCA с различным числом столбцов и без PCA / Figure. 10. Accuracy parameter for PNN Learner model using PCA with different number of columns and without PCA.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наибольшее значение метрики Accuracy достигается в модели без применения PCA. В связи с этим дальнейшее исследование проводилось без использования метода главных компонент.

Дополнительно было изучено влияние количества эпох обучения на точность классификации. Количество эпох варьировалось в диапазоне от 10 до 20. Результаты экспериментов представлены на рисунке 11.

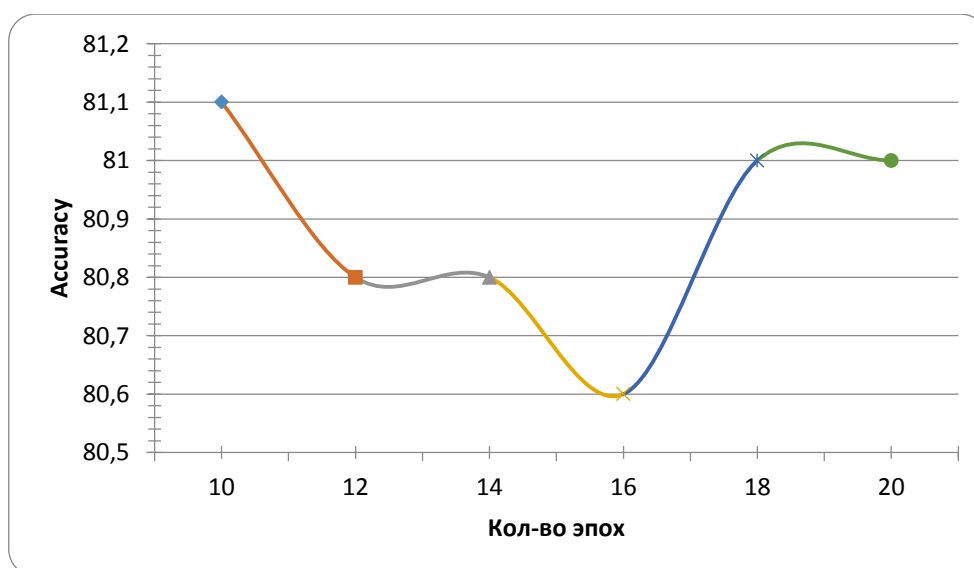


Рисунок. 11. Параметр Accuracy для модели PNN Learner без PCA/ Figure. 11. Accuracy parameter for PNN Learner model without PCA.

Полученные данные показали, что оптимальные результаты достигаются при количестве эпох, равном 10, при этом максимальное значение точности составило 89,2%.

Gradient Boosted Trees (GBT) представляет собой алгоритм градиентного усиления деревьев решений, предназначенный для решения задач классификации. В моделях данного типа нормализация данных не применялась [8].

На первом этапе было проведено исследование влияния PCA на точность модели GBT при глубине деревьев, равной 10. Были построены модели с числом компонент PCA в диапазоне от 17 до 4 с шагом 3, а также модель без PCA. Результаты экспериментов представлены на рисунке 12.

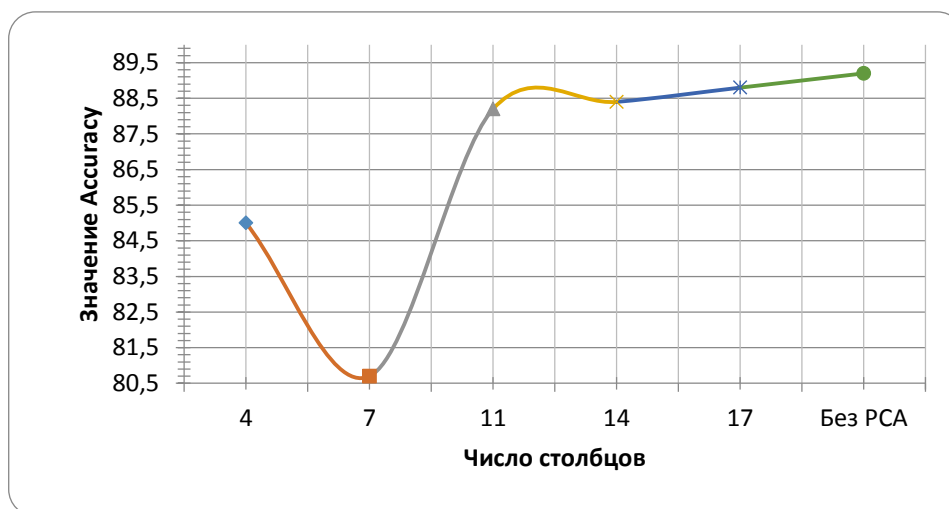


Рисунок.12. Параметр Accuracy для модели Gradient Boosted Trees с использованием PCA с различным числом столбцов и без PCA/ Figure. 12. Accuracy parameter for Gradient Boosted Trees model using PCA with different number of columns and without PCA.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наибольшее значение метрики Accuracy достигается в модели без использования PCA. При этом высокие значения точности также были получены при применении PCA с 17 и 14 компонентами.

На следующем этапе было исследовано влияние глубины деревьев на точность классификации без применения PCA. Глубина деревьев изменялась в диапазоне от 4 до 10. Результаты экспериментов представлены на рисунке 13.

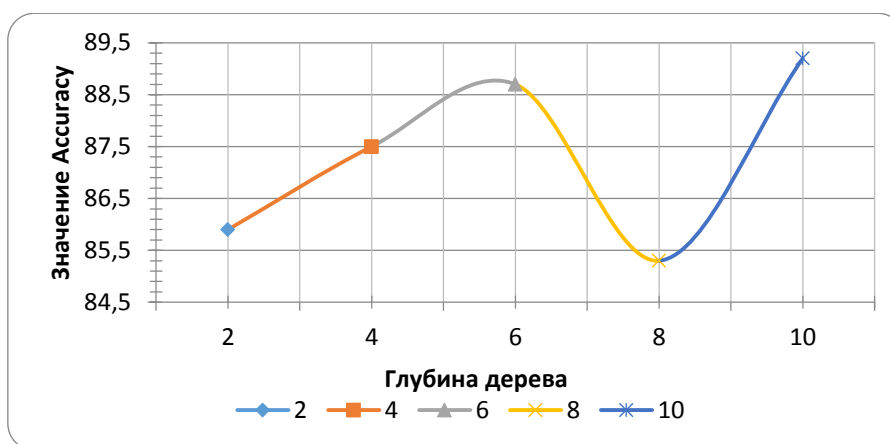


Рисунок. 13. Параметр Accuracy для модели GBT (Gradient Boosted Trees) без PCA/ Figure. 13. Accuracy parameter for GBT (Gradient Boosted Trees) model without PCA

Полученные результаты показали, что максимальное значение точности, равное 89,2%, достигается при глубине дерева, равной 10.

Для наглядного сравнения эффективности рассмотренных моделей машинного обучения была сформирована сводная таблица результатов (табл. 3), в которой представлены значения метрики Accuracy для всех исследованных алгоритмов с учётом применения метода главных компонент.

Табл. 3. Результаты исследований.

Table 3. Research results.

Модель	Accuracy, %	PCA
Decision Tree	86,5	-
K Nearest Neighbor	86,7	11
Tree Ensemble	97,5	17
PNN	81,1	-
Gradient Boosted Trees	89,2	-

Представленные в таблице данные свидетельствуют о том, что среди рассмотренных моделей наибольшую точность классификации обеспечивает метод Tree Ensemble при использовании PCA с числом компонент, равным 17. Полученное значение метрики Accuracy, равное 97,5%, превышает показатели остальных алгоритмов машинного обучения.

Следует отметить, что ансамблевые методы демонстрируют более высокую устойчивость к особенностям исходных данных по сравнению с отдельными моделями, что делает их особенно перспективными для задач выявления кибератак в инфраструктуре промышленного Интернета вещей [12].

Заключение

В результате проведённого исследования были рассмотрены и сравнены различные модели машинного обучения, применяемые для выявления кибератак в системе управления промышленного Интернета вещей на основе анализа сетевого трафика. В рамках экспериментов использовался набор данных, содержащий основные типы атак, характерные для IoT-среды, что позволило провести объективную оценку эффективности алгоритмов классификации.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что точность обнаружения атак в значительной степени определяется как выбором модели машинного обучения, так и

применяемыми методами предварительной обработки данных. Установлено, что использование метода главных компонент способствует повышению эффективности классификации для ряда алгоритмов за счёт снижения размерности данных и устранения мультиколлинеарности признаков, однако данный подход не является универсальным и требует индивидуальной настройки для каждой модели.

Сравнительный анализ показал, что наилучшие показатели точности достигаются при использовании модели Tree Ensemble в сочетании с методом главных компонент с числом компонент, равным 17, и глубиной дерева, равной 3. В данном случае значение метрики Ассигасу составило 97,5%, что превосходит результаты остальных рассмотренных моделей машинного обучения.

Полученные результаты подтверждают перспективность применения методов машинного обучения для выявления и анализа кибератак на устройства промышленного Интернета вещей и могут быть использованы при построении систем мониторинга и обнаружения вторжений в PoT-инфраструктуре. В дальнейшем целесообразно сосредоточиться на расширении и обновлении наборов данных, более тонкой настройке параметров моделей, а также использовании современных библиотек и инструментов машинного обучения для повышения устойчивости и эффективности систем защиты [13].

Список источников

1. Машинное обучение [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sap.com/central-asia-caucasus/products/artificial-intelligence/what-is-machine-learning.html> (дата обращения: 11.05.2025).
2. Воронина В. В., Михеев А. В., Ярушкина Н. Г., Святков К. В. Теория и практика машинного обучения: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2017. 290 с.
3. Лапина М. А., Мовзалевская В. В., Токмакова М. Е., Бабенко М. Г., Саджид Мохаммад. Применение технологий машинного обучения для обнаружения веб-атак // Вопросы кибербезопасности. 2024. № 4 (62). С. 92–103. <https://doi.org/10.21681/2311-3456-2024-4-92-103>
4. Лапина М. А., Подручный Н. В., Русанов М. А., Бабенко М. Г. Исследование методов машинного обучения для выявления сетевых атак. Труды Института системного программирования РАН. 2025. Т. 37. № 4–2. С. 147–174.
5. IoT SDN IDS Датасет [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/hebadhirar/iot-sdn-ids-dataset> (дата обращения: 11.05.2025).
6. Jolliffe I. T., Cadima J. Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 2016;374. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
7. Biau G., Scornet E. A random forest guided tour. *TEST*. 2016;25:197–227. <https://doi.org/10.1007/s11749-016-0481-7>
8. Natekin A., Knoll A. Gradient boosting machines, a tutorial. *Frontiers in Neurorobotics*. 2013;7:21. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2013.00021>
9. Song Y., Lu Y. Decision tree methods: applications for classification and prediction. *Shanghai Archives of Psychiatry*. 2015;27(2):130–135. <https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.215044>
10. Zhang S., Li X., Zong M., Zhu X., Wang R. Efficient kNN classification with different numbers of nearest neighbors. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*. 2018;29(5):1774–1785. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2017.2673241>
11. Карачанская Е. В., Соседова Н. И. Метод выявления аномалий сетевого трафика, основанный на его самоподобной структуре. *Безопасность информационных технологий*. 2019. Т. 26. № 1. <https://doi.org/10.26583/bit.2019.1.10>.
12. Балыбердин А. В., Крылов Г. О. Повышение точности выявления аномалий для систем обнаружения вторжения с помощью ансамблевого обучения. *Безопасность информационных технологий*. 2025. Т. 32. № 1. С. 153–171. <https://doi.org/10.26583/bit.2025.1.11>.
13. Лавров Б. О., Иванов М. А. Интеллектуальное обнаружение аномалий в контейнеризованных приложениях: методы, архитектура и инструменты. *Безопасность информационных технологий*. 2025. Т. 32. № 4. С. 149–164. <https://doi.org/10.26583/bit.2025.4.11>
14. KNIME Analytics Platform [Электронный ресурс]. URL: <https://www.knime.com/knime-analytics-platform> (дата обращения: 11.05.2025).

References

1. Machine Learning. Available from: <https://www.sap.com/central-asia-caucasus/products/artificial-intelligence/what-is-machine-learning.html> [Accessed 11 May 2025] (In Russ.).
2. Voronina V. V., Mikheev A. V., Yarushkina N. G., Svyatov K. V. Theory and Practice of Machine Learning. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Technical University; 2017. 290 p. (In Russ.).
3. Lapina M. A., Movzalevskaya V. V., Tokmakova M. E., Babenko M. G., Sajid Mohammad. Application of Machine Learning Technologies for Web Attack Detection. *Voprosy Kiberbezopasnosti*. 2024;(4):92–103. <https://doi.org/10.21681/2311-3456-2024-4-92-103>
4. Lapina M. A., Podruchny N. V., Rusanov M. A., Babenko M. G. Research of Machine Learning Methods for Detecting Network Attacks. *Proceedings of the Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences*. 2025;37(4–2):147–174.
5. IoT SDN IDS Dataset. Available from: <https://www.kaggle.com/datasets/hebadhirar/iot-sdn-ids-dataset> [Accessed 11 May 2025].
6. Jolliffe I. T., Cadima J. Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 2016;374. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
7. Biau G., Scornet E. A random forest guided tour. *TEST*. 2016;25:197–227. <https://doi.org/10.1007/s11749-016-0481-7>
8. Natekin A., Knoll A. Gradient boosting machines, a tutorial. *Frontiers in Neurorobotics*. 2013;7:21. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2013.00021>
9. Song Y., Lu Y. Decision tree methods: applications for classification and prediction. *Shanghai Archives of Psychiatry*. 2015;27(2):130–135. <https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.215044>
10. Zhang S., Li X., Zong M., Zhu X., Wang R. Efficient kNN classification with different numbers of nearest neighbors. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*. 2018;29(5):1774–1785. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2017.2673241>
11. Karachanskaya E. V., Sosedova N. I. A Method for Detecting Network Traffic Anomalies Based on Its Self-Similar Structure. *Information Technology Security*. 2019;26(1). <https://doi.org/10.26583/bit.2019.1.10>
12. Balyberdin A. V., Krylov G. O. Improving the Accuracy of Intrusion Detection Systems Using Ensemble Learning. *Information Technology Security*. 2025;32(1):153–171. <https://doi.org/10.26583/bit.2025.1.11>
13. Lavrov B. O., Ivanov M. A. Intelligent Anomaly Detection in Containerized Applications: Methods, Architectures, and Tools. *Information Technology Security*. 2025;32(4):149–164. <https://doi.org/10.26583/bit.2025.4.11>
14. KNIME Analytics Platform. Available from: <https://www.knime.com/knime-analytics-platform> [Accessed 11 May 2025].

Информация об авторах

Андрусенко Юлия Алексеевна – старший преподаватель, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Researcher ID: PJB-8661-2026.

Серебрянникова Кристина Юрьевна – студент, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Researcher ID: PJB-0103-2026.

Семенов Глеб Алексеевич – студент, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Researcher ID: ПИ-8176-2026

Соломянко Артем Алексеевич – студент, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Researcher ID: PJB-0124-2026.

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

Information about the authors

Andrusenko Yuliya Alekseevna – Senior Lecturer, North Caucasian Federal University, Stavropol, Researcher ID: PJB-8661-2026.

Serebrennikova Kristina Yuryevna – student, North Caucasian Federal University, Stavropol, Researcher ID: PJB-0103-2026.

Semenov Gleb Alekseevich – student, North Caucasian Federal University, Stavropol, Researcher ID: ПИ-8176-2026

Solomyanko Artem Alekseevich – student, North Caucasian Federal University, Stavropol, Researcher ID: PJB-0124-2026.

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

Научная статья
УДК 004.724.4
<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.5>



Исследование гидrolитосферных процессов участка Архызский-1 Архызского месторождения питьевых подземных вод

Екатерина Александровна Меркулова^{1*}

¹ Института компьютерных технологий и информационной безопасности, Южный федеральный университет, 344006, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42
emer@sfedu.ru

*Автор, ответственный за переписку: Екатерина Александровна Меркулова, emer@sfedu.ru

Аннотация. Рациональное использование подземных вод в условиях возрастающей рекреационной нагрузки требует детального изучения гидrolитосферных процессов. Целью работы является исследование фильтрационных характеристик и разработка математической модели для участка Архызский-1 Архызского месторождения питьевых подземных вод. Материалы и методы. Основу исследования составили опытно-фильтрационные работы, выполненные в 2024 году на скважинах № 131-Э, 131-К-1 и 131-К-бис. Обработка данных выполнялась в соответствии с методиками аппроксимации передаточных функций распределенных объектов. На основе статических коэффициентов передачи определены интегральные параметры гидравлического взаимодействия скважин: $D = 0.0135487$, $K = 0.00075576$, $K_p = 2.1019758$. Построены графики пространственного распределения коэффициентов взаимодействия. Разработана математическая модель неустановившейся фильтрации для двухслойной среды, учитывающая перетекание между пластами, упругие свойства пород и воздействие добывающих скважин. Верификация модели на полевых данных подтвердила её адекватность. Полученные результаты и разработанная модель создают научно-методическую основу для оптимизации режима эксплуатации месторождения и планирования мероприятий по рациональному природопользованию в условиях возрастающей рекреационной нагрузки на регион.

Ключевые слова: гидrolитосферные процессы, месторождение подземных вод, опытно-фильтрационные работы, математическое моделирование, фильтрационные параметры, водоносный горизонт, верификация моделей, Архыз

Для цитирования: Меркулова Е.А. Исследование гидrolитосферных процессов участка Архызский-1 Архызского месторождения питьевых подземных // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 70-77. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.5>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

© Меркулова Е.А., 2026. |

Research article

Study of hydro-lithospheric processes of the Arkhyzskiy-1 site of the Arkhyz drinking groundwater deposit |

Ekaterina Al. Merkulova¹

¹ Institute of Computer Technologies and Information Security, Southern Federal University, 105/42 Bolshaya Sadovaya Street, Rostov-on-Don, 344006, Russia
emer@sfedu.ru

*Corresponding author: **Ekaterina Al. Merkulova**, emer@sfedu.ru

Abstract. [The rational use of groundwater under conditions of increasing recreational pressure requires a detailed study of hydro-lithospheric processes. The aim of this work is to investigate filtration characteristics and develop a mathematical model for the Arkhyzskiy-1 site of the Arkhyz drinking groundwater deposit. The research is based on experimental filtration works carried out in 2024 at wells No. 131-E, 131-K-1 and 131-K-bis. Data processing was performed in accordance with methods of approximating transfer functions of distributed objects. Based on static transfer coefficients, integral parameters of hydraulic interaction between wells were determined: $D = 0,0135487$, $K = 0,00075576$, $K_p = 2,1019758$. Graphs of the spatial distribution of interaction coefficients were constructed. A mathematical model of unsteady filtration for a two-layer medium was developed, taking into account leakage between layers, elastic properties of rocks, and the impact of production wells. Model verification against field data confirmed its adequacy. The obtained results and the developed model provide a scientific and methodological basis for optimizing the field development regime and planning measures for rational environmental management under conditions of increasing recreational pressure on the region.]

Key words: hydro-lithospheric processes, groundwater deposit, experimental filtration works, mathematical modeling, filtration parameters, aquifer, model verification, Arkhyz |

For citation: Merkulova E.A. Study of hydro-lithospheric processes of the Arkhyzskiy-1 site of the Arkhyz drinking groundwater deposit. Modern Science and Innovations. 2026;(1):70–77. (In Russ.) <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.5>

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

The article was submitted 01.12.2025;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026.

Введение

Объектом исследования является участок недр Архызский-1, расположенный на территории муниципального образования Архыз Зеленчукского района Карачаево-Черкесской Республики. Село Архыз служит экономической основой курорта федерального значения, который является не только туристическим кластером, но и важным объектом использования гидроминеральных ресурсов. Сохранение и рациональное использование этих ресурсов – одна из ключевых задач региона в условиях ежегодного роста числа отдыхающих и наблюдаемого ухудшения ресурсной базы [1, 2].

В связи с этим проведены исследования на участке Архызский-1 Архызского месторождения питьевых подземных вод, результаты которых предназначены для внедрения в практическую деятельность добывающих организаций.

Целью работы является развитие теоретических основ управления геологическими объектами в условиях техногенного воздействия, повышение точности и оперативности

эксплуатационных процессов, а также обоснование условий разработки, обеспечивающих рациональное природопользование.

Изучение режима подземных вод и факторов формирования их ресурсного потенциала составляет основу гидрогеологических исследований на всех стадиях освоения месторождения [3]. Архызское месторождение было разведано и подготовлено к промышленной эксплуатации в 1981 году. Скважины заложены в долине реки Большой Зеленчук в межгорной котловине, сложенной ледниковыми и аллювиальными отложениями. На момент разведки территория представляла собой незастроенный лесной массив.

Материалы и методы

Геолого-гидрогеологическая характеристика. В литолого-стратиграфическом разрезе на глубинах 0–150 м развиты четвертичные отложения. В интервале до 110 м залегают хорошо промытые аллювиальные и голоценовые валунно-гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем. Ниже расположены практически безводные тонкодисперсные моренные отложения (пилитовая смесь)

В разрезе выделяются два водоносных горизонта: первый в интервале 10–70 м и второй – 80–110 м (рисунок 1).

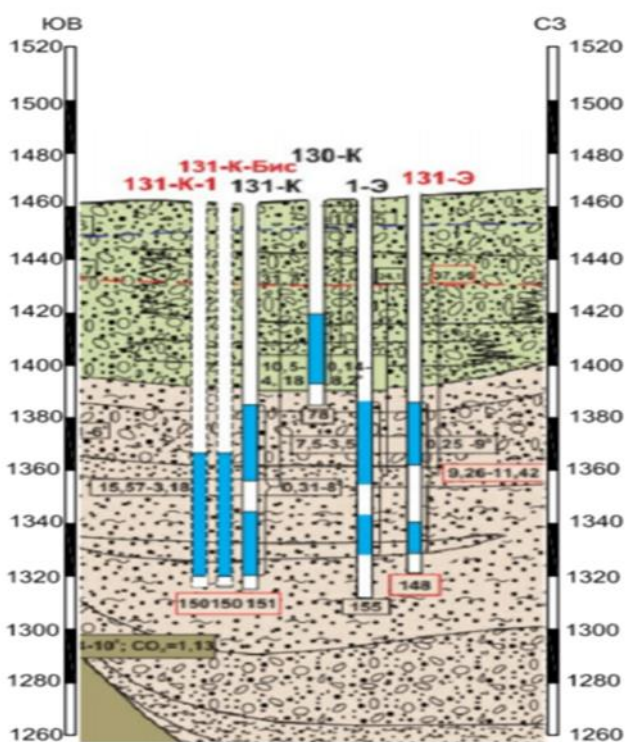


Рисунок 1. Архызское месторождение

Их изолирует водоупор из глин мощностью около 10 м (интервал 70–80 м). Гидравлическая разобщённость горизонтов подтверждена данными бурения и опробования. Основной приток воды приурочен ко второму горизонту (80–110 м), который является более защищенным от поверхностного загрязнения, в отличие от слабозащищённого первого горизонта. Оба горизонта характеризуются высокой водообильностью. Схема расположения скважин участка Архызский-1 представлена на рисунке 2.

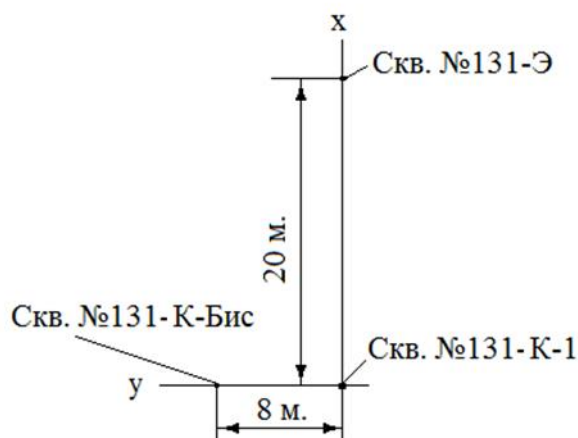


Рисунок 2. Схема расположения скважин

Методика исследований. Основу исследования составили опытно-фильтрационные работы (ОФР), проведённые в 2024 году на скважинах № 131-Э, 131-К-1 и 131-К-бис. Полученный массив данных использовался для определения фильтрационных параметров и верификации математической модели. Обработка данных выполнялась в соответствии с методиками, описанными в работах [4].

Параметры исследования рассматриваемого водоносного горизонта, используемые для описания статических характеристик гидролитосферного процесса, полученные в результате ОФР, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры исследования водоносного горизонта

Дебит скв. (м3/сут)	Понижение уровня в скв. № 131-К-1 (м.)	Понижение уровня в скв. № 131-К-1-Бис (м.)	Понижение уровня в скв. № №131-Э (м.)
600	3,76	0,55	0,38
Статические коэффициенты передачи ((понижение уровня)/дебит)			
	3,76/600= 0,00627	0,55/600= 0,000917	0,38/600= 0,000633

Результаты и обсуждение

Используя данные опытно-фильтрационных работ, в соответствии с методикой [1–4], определим коэффициенты гидравлического взаимодействия (рисунок 3) скважин

$$W_a = \frac{K}{\beta} \cdot \exp(-\beta \cdot (x^2 + (K_n \cdot y)^2)^{0.5}), \quad (1)$$

где: K , D , K_n – параметры, определяемые с использованием ОФР.

Приравнявая статические коэффициенты усиления аппроксимирующего звена (полагая $s=0$, радиус депрессионной воронки $r_0=0,25$ м.) значениям K_1 и K_2 , K_3 и полагая, что $L_1 - r_0 \approx L_1$; $L_2 - r_0 \approx L_2$, получим систему уравнений:

$$\begin{cases} K_1 = \frac{K \cdot \exp(-\beta \cdot x_0)}{\beta} \\ K_2 = \frac{K \cdot \exp(-\beta \cdot L_1)}{\beta} \\ K_3 = \frac{K \cdot \exp(-\beta \cdot K_p \cdot L_2)}{\beta}, \beta = (D)^{\frac{1}{2}} \end{cases} \quad (2)$$

Подставляя вычисленные значения, получим:

$$\begin{cases} 0,00627 = \frac{K \cdot \exp(-\beta \cdot 0,25)}{\beta} \\ 0,0000633 = \frac{K \cdot \exp(-\beta \cdot 20)}{\beta} \\ 0,000917 = \frac{K \cdot \exp(-\beta \cdot K_p \cdot 8)}{\beta}, \beta = (D)^{\frac{1}{2}} \end{cases} \quad (3)$$

Решая полученную систему, приходим к следующему результату:

$$D=0,0135487, K= 0,00075576, K_p=2,1019758.$$

Гидравлическое взаимодействия скважин описывается следующим уравнением:

$$W_a = \frac{0,000135}{\beta} \cdot \exp(-\beta \cdot (x^2 + (2,101 \cdot y)^2)^{0.5}), \quad (4)$$

$$\beta = 0,0135^{\frac{1}{2}}$$

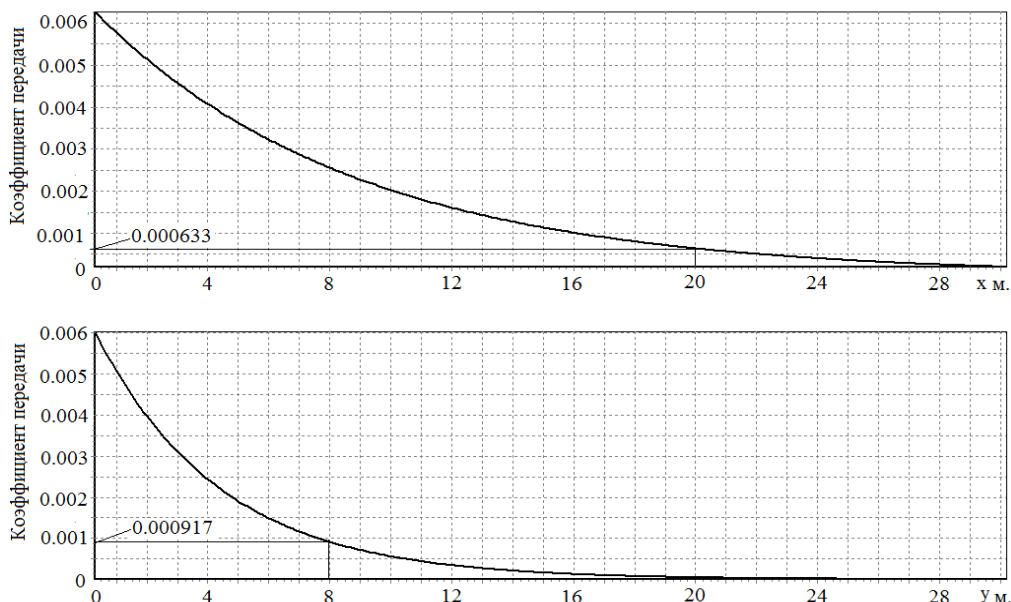


Рисунок 3. Графики коэффициентов гидравлического взаимодействия скважин по пространственным координатам x, y

Запишем уравнение (4), используя цилиндрические координаты:

$$W_a(r) = \frac{0,000135}{\beta} \cdot \exp(-\beta \cdot r), \quad (4)$$

$$\beta = 0,0135^{\frac{1}{2}}$$

$$r = (x^2 + (2,101 \cdot y)^2)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Математическая модель гидролитосферных процессов рассматриваемого месторождения может быть представлена в виде

Грунтовые воды

$$\frac{\partial h_1(x, y, z, \tau)}{\partial \tau} = k_{1,x} \frac{\partial^2 h_1(x, y, z, \tau)}{\partial x^2} + k_{1,y} \frac{\partial^2 h_1(x, y, z, \tau)}{\partial y^2} + k_{1,z} \frac{\partial^2 h_1(x, y, z, \tau)}{\partial z_1^2}$$

$$0 < x < L_x, 0 < y < L_y, 0 < z < L_{z_1},$$

Верхний пласт

$$\frac{\partial H_1(x, y, z, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{\eta_2} \left(k_{2,x} \frac{\partial^2 H_2(x, y, z, \tau)}{\partial x^2} + k_{2,y} \frac{\partial^2 H_2(x, y, z, \tau)}{\partial y^2} + k_{2,z} \frac{\partial^2 H_2(x, y, z, \tau)}{\partial z_2^2} \right) + V \cdot \delta(x_0, y_0, z_0)$$

$$0 < x < L_x, 0 < y < L_y, L_{z_1} < z < L_{z_2},$$

где: h_1 – напор в горизонте грунтовых вод;

H_2 – напор в изучаемом водоносном горизонте;

$k_{2,x}, k_{2,y}, k_{2,z}$ – коэффициенты фильтрации по пространственным координатам в водоносном горизонте,

$k_{1,x}, k_{1,y}, k_{1,z}$ – коэффициенты увнепроводности по пространственным координатам в горизонте грунтовых вод;

η_2 – упругость пласта;

$V = Q \cdot K_\phi$ – воздействие добывающей скважины на напор (Q – дебит добывающей скважины, K_ϕ – заданный коэффициент);

$\Delta(x_0, y_0, z_0)$ – функция, равная единице, если $x=x_0, y=y_0, z_1 \leq z \leq z_2$ (где x_0, y_0 – координаты добывающей скважины) и равная нулю в других случаях;

x, y, z – пространственные координаты;

τ – время.

Граничные условия между пластами задаются в виде (закону Дарси)

Грунтовые воды – верхний пласт

$$h_1(x, y, L_{z_1}, \tau) = h_1(x, y, L_{z_1}, \tau) + b_1(H_2(x, y, 0, \tau) - h_1(x, y, L_{z_1}, \tau)) \cdot \partial \tau$$

$$H_2(x, y, 0, \tau) = H_2(x, y, 0, \tau) - b_1(H_2(x, y, 0, \tau) - h_1(x, y, L_{z_1}, \tau)) \cdot \partial \tau$$

$$\frac{\partial H_2(x, y, L_{z_1}, \tau)}{\partial z} = 0$$

где b_1 – параметр перетекания.

Нижняя граница водоносного горизонта

$$\frac{\partial H_2(x, y, L_{z_1}, \tau)}{\partial z} = 0$$

Боковые грани.

$$h_1(0, y, z, \tau) = h_{1,0}; H_2(0, y, z, \tau) = H_{2,0}$$

$$\frac{\partial h_1(L_x, y, L_{z_1}, \tau)}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial H_1(L_x, y, L_{z_1}, \tau)}{\partial x} = 0$$

$$h_1(x, 0, z, \tau) = h_1(x, L_y, z, \tau) = h_{1,0}(x, y, z, \tau);$$

$$H_2(x, 0, z, \tau) = H_2(x, L_y, z, \tau) = H_{2,0}(x, y, z, \tau);$$

где: $h_{1,0}, H_{2,0}, H_{3,0}, H_{4,0}$ – начальные состояния невозмущённых грунтовых вод и пласта, которые заданы в виде:

$$h_{1,0}(x, y, z, 0) = z, 0 \leq z \leq L_{z1}$$

$$H_{2,0}(x, y, z, 0) = 32 - \frac{10 \cdot x}{L_x}, 0 \leq x \leq L_x, 0 \leq y \leq L_y, 0 \leq z \leq L_{z2}$$

Верификация модели на полевых данных ОФР 2024 года подтвердила её адекватность.

Выводы

На участке Архызский-1 выделены два высокодебитных, но гидравлически изолированных водоносных горизонта в интервалах 10–70 м и 80–110 м, разделённых региональным водоупором. Второй горизонт (80–110 м) является основным источником водоснабжения как более защищённый от поверхностного загрязнения.

По данным опытно-фильтрационных работ 2024 г. определены статические коэффициенты передачи для трёх наблюдательных скважин, которые составили 0,00627, 0,000917 и 0,000633 м/(м³/сут) для скважин № 131-К-1, 131-К-бис и 131-Э соответственно.

На основе методики обработки опытных данных получены интегральные параметры, характеризующие гидравлическое взаимодействие скважин в пласте: $D = 0,0135487$, $K = 0,00075576$, $K_p = 2,1019758$. Построены графики пространственного распределения коэффициентов взаимодействия, что позволяет визуализировать зоны влияния откачек.

Разработана математическая модель гидролитосферных процессов в виде системы уравнений неустановившейся фильтрации для двухслойной среды (грунтовые воды и эксплуатационный горизонт) с учётом перетекания между пластами (закон Дарси), упругих свойств пород и локализованного воздействия добывающих скважин. Модель дополнена соответствующими начальными и граничными условиями.

Проведённая верификация модели на массиве полевых данных подтверждает её адекватность и применимость для прогнозных расчётов изменения гидродинамического режима при эксплуатации месторождения.

Полученные результаты и разработанная модель создают научно-методическую основу для оптимизации режима эксплуатации Архызского месторождения, оценки запасов подземных вод с учётом природной защищённости горизонтов и планирования мероприятий по рациональному природопользованию в условиях возрастающей рекреационной нагрузки на регион.

Список литературы

1. Малков А.В., Першин И.М. Системы с распределёнными параметрами. Анализ и синтез: монография. М.: Научный мир, 2012. 476 с.
2. Кисловодское месторождение углекислых минеральных вод. Системный анализ, диагностика, прогноз и управление / А.В. Малков, И.М. Першин, М.И. Першин [и др.]; отв. ред. А.В. Малков. М.: Наука, 2015. 283 с.
3. Першин И.М., Шестопалов М.Ю. Проектирование распределённых систем. Теория и практика: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Пятигорск: Пятигорский институт (филиал) СКФУ, 2023. 252 с.
4. Першин И.М., Веселов Г.Е., Першин М.И. Методы аппроксимации передаточных функций распределённых объектов // Системный синтез и прикладная синергетика: сборник научных трудов VII Всероссийской научной конференции. М., 2015. С. 106–117.
5. Першин М.И. Особенности распределённых объектов. //Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Университетская наука - региону» (3-21 апреля). – Пятигорск: Изд-во ПФ СКФУ, 2017. – Т1. С. 138-143.
6. Першин И.М., Малков А.В., Криштал В.А. Построение системы управления параметрами эксплуатации системы добычи минеральной воды регионе КМВ. Современная наука и инновации, 2013. № 1 (1). С. 17-23.
7. Першин И.М., Помеляйко И.С. Системный анализ экологического состояния зоны гипергенеза курорта Кисловодска. Вестник Северо-Кавказского федерального университета, 2013. № 3 (36). С. 74-80.

8. Бондин И.А. Системный анализ гидролитосферных процессов Эссентукского месторождения минеральных подземных вод (Новоблагодарненский участок) // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2025. № 2. С. 5-15.

9. Малков А.В., Першин И.М., Першин М.И., Помеляйко И.С., Уткин В.А., Королев Б.И., Дубогрей В.Ф., Хмель В.В. Кисловодское месторождение углекислых минеральных вод. Системный анализ, диагностика, прогноз и управление Москва, Наука 2015. 283с.

10. Першин И.М., Кузьмин Н.Н., Малков А.В. Формирование целевых функций в задачах управления гидролитосферными процессами //5-я Российская мультikonференция по проблемам управления: Сборник материалов конференции «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2012), 2012. С. 622-632.

References

1. Malkov AV, Pershin IM. Sistemy s raspredelennymi parametrami. Analiz i sintez : monografiya. Moscow: Nauchnyy mir; 2012. 476 p. (In Russ.).

2. Malkov AV, Pershin IM, Pershin MI, et al. Kislovodskoe mestorozhdenie uglekislykh mineral'nykh vod. Sistemyy analiz, diagnostika, prognoz i upravlenie. Moscow: Nauka; 2015. 283 p. (In Russ.).

3. Pershin IM, Shestopalov MYu. Proektirovanie raspredelennykh sistem. Teoriya i praktika : uchebnoe posobie. 2nd ed. Pyatigorsk: Pyatigorsk Institute (branch) of NCFU; 2023. 252 p. (In Russ.).

4. Pershin IM, Veselov GE, Pershin MI. Methods for approximating transfer functions of distributed objects. In: Sistemyy sintez i prikladnaya sinergetika: sbornik nauchnykh trudov VII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. Moscow; 2015. p. 106–117. (In Russ.).

5. Pershin MI. Features of Distributed Objects.//Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference "University Science for the Region" (3-21 April). – Pyatigorsk: Publishing House of the North-Caucasus Federal University, 2017. – Vol. 1. p. 138-143.

6. Pershin I.M., Malkov A.V., Krystal V.A. Construction of the System of Management of Parameters of Operation of the System of Extraction of Mineral Water in the Region of KMV. Modern Science and Innovations, 2013. No. 1 (1). p. 17-23.

7. Pershin I.M., Pomeleyko I.S. System Analysis of the Environmental State of the Hypergenesis Zone of the Kislovodsk Resort. Bulletin of the North Caucasus Federal University, 2013. No. 3 (36). p. 74-80.

8. Bondin I.A. System Analysis of Hydro-Lithospheric Processes of the Essentuki Deposit of Mineral Groundwater (Novoblagodarnensky Site) // Vestnik of the St. Petersburg State University of Technology and Design., 2025. No. 2. p. 5-15.

9. Malkov A.V., Pershin I.M., Pershin M.I., Pomeleyko I.S., Utkin V.A., Korolev B.I., Dubogrey V.F., Khmel V.V. Kislovodsk Deposit of Carbonic Mineral Waters. System Analysis, Diagnostics, Forecast and Management Moscow, Nauka 2015. 283p.

10. Pershin I.M., Kuzmin N.N., and Malkov A.V. Formation of Target Functions in the Problems of Hydro-Lithospheric Processes Control // 5th Russian Multiconference on Control Problems: Collection of Conference Papers "Information Technologies in Management" (ITU-2012), 2012, p. 622-632.

Информация об авторах

Меркулова Екатерина Александровна, аспирант кафедры синергетики и процессов управления Института компьютерных технологий и информационной безопасности, Южный федеральный университет, 344006, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42, e-mail: emer@sfnu.ru

Вклад автора: автор осуществил сбор, обработку и интерпретацию полевых данных, выполнил математическое моделирование и верификацию, подготовил текст рукописи и утвердил окончательный вариант статьи.

Information about the author

Ekaterina A. Merkulova, Postgraduate Student, Department of Synergetics and Control Processes, Institute of Computer Technologies and Information Security, Southern Federal University, 105/42 Bolshaya Sadovaya St., Rostov-on-Don, 344006, Russia, e-mail: emer@sfnu.ru

Contribution of the author: the author collected, processed and interpreted field data, performed mathematical modeling and verification, prepared the manuscript and approved the final version of the article.

Современная наука и инновации. 2026. № 0. С. 78-98
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ
ПРОДУКТОВ

Modern Science and Innovations. 2026 ;(0):78-98
TECHNICAL SCIENCE
FOOD TECHNOLOGY PRODUCTS

Научный обзор
УДК 664.834.

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.6>



Современные методы сушки растительного сырья: аналитический обзор

Валерий Тимофеевич Казуб¹, Валерия Николаевна Оробинская^{2,3,4,*}, Сергей Владимирович Владимиров⁵, Анна Геннадьевна Кошкарова⁶, Корнийчук Владимир Григорьевич⁷

¹ Пятигорский медико-фармацевтический институт (филиал) Волгоградский государственный медицинский университет, г. Пятигорск, Россия, v.t.kazub@pmedpfarm.r

¹ v.t.kazub@pmedpfarm.r, <https://orcid.org/>

² Пятигорский институт (филиал) Северо-Кавказский Федеральный университет, г. Пятигорск, Россия, orobinskaya.val@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0320-0556>

³ ВНИИ Кукурузы, г. Пятигорск, Россия

⁴ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия

⁵ ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского» г. Донецк, ДНР, Россия, vladimirov4353@yandex.com, <https://orcid.org/0009-0009-8096-1007>,

⁶ Пятигорский медико-фармацевтический институт (филиал) Волгоградский государственный медицинский университет, г. Пятигорск, Россия

⁷ ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского» г. Донецк, ДНР, Россия, doc.12022007@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4016-4505>

*Автор, ответственный за переписку: Валерия Николаевна Оробинская, orobinskaya.val@yandex.ru

Аннотация. *Введение* В условиях растущей конкуренции в агропромышленности, особенно в растениеводстве, важно разрабатывать инновационные методы переработки сырья. Эти методы должны оптимизировать энергетические затраты, повышать качество продукции и снижать потери. Сушка — ключевой технологический процесс, применяемый на разных этапах переработки. В условиях меняющейся геополитической обстановки совершенствование сушильного оборудования становится критическим для конкурентоспособности на внутреннем и международном рынках, а также для производства высококачественной продукции, соответствующей современным стандартам.

Методы исследования. Современные исследования направлены на изучение тепловых процессов, окислительных реакций, изменений структуры и физических свойств растительного сырья. Ключевая проблема - термолабильность материалов, которая приводит к разрушению ценных компонентов при высоких температурах. Работы А. В. Лыкова и А. Ф. Буляндра заложили основы теоретических моделей и практических методов. Особое внимание уделяется кинетике переноса влаги, параметрам энергетической освещенности, спектральным характеристикам и скорости сушки. **Результаты и обсуждения.** В рамках данного исследования был проведен всесторонний анализ сушильных установок, применяемых в современной практике обработки растительного сырья. Эти установки демонстрируют значительное разнообразие конструктивных параметров, что обуславливает их классификацию по множеству критериев. Данная систематизация позволяет осуществлять детальный сравнительный анализ различных типов оборудования, что, в свою очередь, способствует углубленному пониманию технических аспектов процесса сушки и оптимизации производственных процессов.

© Казуб В.Т., Оробинская В.Н., Владимиров С.В., Кошкарова А.Г., Корнийчук В.Г., 2026.

Заключение. Совершенствование технологий сушки и разработка новых сушильных установок позволит повысить конкурентоспособность сельского хозяйства, повысить энергоэффективность и снизить экологическое воздействие.

Ключевые слова: растительное сырье, методы сушки, пневмосушильные установки, сублимационная сушка, инфракрасная сушка, вакуумная сушка, микроволновая сушка, вакуумная сушка.

Для цитирования: Казуб В.Т., Оробинская В.Н., Владимиров С.В., Кошкарова А.Г., Корнийчук В.Г. Современные методы сушки растительного сырья: аналитический обзор// Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 78-98. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.6>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

[Review]

Modern methods of drying vegetable raw materials: an analytical review

**Valery T. Kazub¹, Valeria N. Orobinskaya^{2,3,4*}, Sergey V. Vladimirov⁵, Anna G. Koshkarova⁶,
Vladimir G. Korniychuk⁷**

¹Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute (branch) Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia, v.t.kazub@pmedpfarm.r 1 v.t.kazub@pmedpfarm.r , <https://orcid.org/>?

²PYATIGORSK Institute (branch) North Caucasus Federal University, Pyatigorsk, Russia, orobinskaya.val@yandex.ru , <https://orcid.org/0000-0002-0320-0556>

³All-Russian Research Institute of Corn, Pyatigorsk, Russia

⁴Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy", Moscow, Russia

⁵Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky, Donetsk, DPR, Russia, vladimirov4353@yandex.com , <https://orcid.org/0009-0009-8096-1007>

⁶Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute (branch) Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia

⁷Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky, Donetsk, DPR, Russia, doc.12022007@mail.ru , <https://orcid.org/0009-0009-4016-4505> |

*Corresponding author: **Valeria Nikolaevna Orobinskaya**, orobinskaya.val@yandex.ru

Abstract. Introduction. In the context of growing competition in the agro-industry, especially in crop production, it is important to develop innovative methods of raw material processing. These methods should optimize energy costs, improve product quality, and reduce losses. Drying is a key technological process used at different stages of processing. In the changing geopolitical environment, improving drying equipment becomes critical for competitiveness in domestic and international markets, as well as for producing high-quality products that meet modern standards. **Research methods.** Modern research focuses on studying thermal processes, oxidative reactions, and changes in the structure and physical properties of plant raw materials. The key challenge is the thermolability of materials, which leads to the destruction of valuable components at high temperatures. The works of A. V. Lykov and A. F. Bulyandra laid the foundations for theoretical models and practical methods. Special attention is paid to the kinetics of moisture transfer, energy illumination parameters, spectral characteristics, and drying rates. **Results and discussions.** This study provides a comprehensive analysis of drying units used in modern plant processing practices. These units exhibit a wide range of design parameters, leading to their classification based on various criteria. This systematization allows for a detailed comparative analysis of different types of equipment, which in turn contributes to a deeper understanding of the technical aspects of the drying process and the optimization of production processes. **Conclusion.** Improving drying technologies and developing new drying units will increase the competitiveness of agriculture, improve energy efficiency, and reduce environmental impact.

Key words: plant raw materials, drying methods, freeze-drying units, sublimation drying, infrared drying, vacuum drying, microwave drying, and vacuum drying

For citation: Kazub V.T., Orobinskaya V.N., Vladimirov S.V., Koshkarova A.G., Korniychyuk V.G. Modern methods of drying vegetable raw materials: an analytical review. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):78-98. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.6>

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

The article was submitted 01.12.2025;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026.

Введение. Конкуренция в растениеводческой отрасли, ставит перед производителями и исследователями поиск инновационных методов переработки сырья, с целью снижения энергетических затрат, повышения качества готовой продукции и минимизацию потерь.

Метод сушки - один из ключевых технологических процессов в сельском хозяйстве, применяемый на различных стадиях (этапах) переработки. В условиях изменения геополитической ситуации в современном мире, совершенствование сушильного оборудования, конкурентоспособного как на внутреннем, так и на внешнем рынках, критически важно для производства продукции высшего качества.

Материалы и методы исследований. Современные исследования процесса сушки растительного сырья связаны с тепловыми процессами, сопровождаемыми окислительными реакциями, изменением структуры и физических свойств, а также образованием кристаллогидратов негативно влияющих на пищевую ценность сырья. Одной из главных причин негативных эффектов является термолабильность растительного сырья, разрушение ценных компонентов при высоких температурах.

Разработка технологий сушки направлена на максимальное сохранение свойств и ценности исходного сырья.

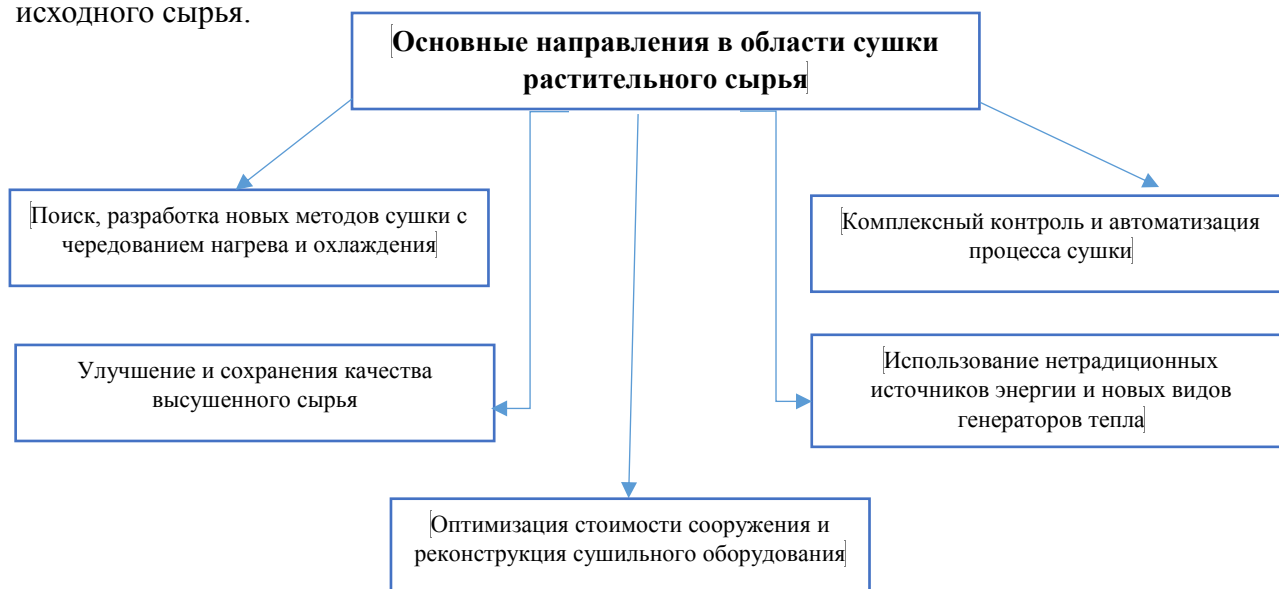


Рисунок 1. Основные направления в области сушки растительного сырья

Выбор методов сушки влажных материалов основывается на тщательном анализе кинетики переноса и удаления влаги. Особое внимание уделяется оптимизации энергетической освещенности, спектральным характеристикам материалов, скорости сушки и спектральному распределению излучения.

Основополагающие теоретические исследования распределения влаги в капиллярно-пористых материалах, таких как сельскохозяйственные культуры, были проведены А. В. Лыковым и А. Ф. Буляндра. Эти исследования получили дальнейшее развитие в трудах их учеников и других ученых.

Тепловые методы сушки, такие как конвективная, кондуктивная и радиационная сушка, реализуемые в различных конструктивных исполнениях сушильных установок, позволяют существенно интенсифицировать процессы удаления влаги. Однако эти методы характеризуются высокой энергоемкостью, что требует разработки технологий, направленных на повышение энергоэффективности при сохранении качества продукции и экологической чистоты производства.

Основные задачи процесса сушки в агропромышленном комплексе включают:

- Интенсификацию сушки для сокращения времени производственного цикла.
- Поддержание максимально допустимой и стабильной температуры на заданном уровне.
- Разработку энергосберегающего сушильного оборудования.
- Оптимизацию производственных процессов с учетом экономических и экологических аспектов.

Таким образом, совершенствование технологий сушки растительного сырья является ключевым фактором повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции на мировом рынке.

Современные теоретические и практические исследования процесса сушки растительного сырья выявляют комплекс физико-химических и биохимических явлений, сопровождающих термическую обработку. В частности, тепловые процессы индуцируют окислительные реакции, структурные модификации и образование кристаллогидратов, что приводит к снижению пищевой ценности конечного продукта. Ключевой проблемой, детерминирующей эти нежелательные изменения, является недостаточное внимание производителей сушильного оборудования и технологов к феномену термолабильности растительных материалов.

Термолабильность представляет собой комплекс физико-химических свойств сырья, характеризующихся его склонностью к деструктивным изменениям под воздействием повышенных температур. Эти изменения включают деградацию ценных биологически активных компонентов, таких как витамины, ферменты и антиоксиданты, а также ухудшение органолептических и текстурных характеристик продукта. В связи с этим, разработка и внедрение методов, минимизирующих термическое воздействие и сохраняющих исходные свойства сырья, приобретают первостепенное значение.

За последние десятилетия в области исследования и оптимизации процессов сушки растительного сырья достигнут значительный прогресс, включающий:

1. Разработку инновационных методов, основанных на альтернативном циклическом режиме нагрева и охлаждения. Эти методы позволяют более эффективно управлять термодинамическими процессами, обеспечивая снижение термического стресса и минимизацию негативных эффектов термической обработки.

2. Внедрение современных систем контроля и автоматизации, обеспечивающих высокую точность управления параметрами процесса и воспроизводимость результатов. Эти системы также предоставляют возможность оперативного реагирования на динамические изменения условий окружающей среды и характеристик сырья.

3. Разработка дифференцированных подходов к сохранению качества различных сельскохозяйственных культур. Эти подходы учитывают биотехнические особенности каждой культуры, включая оптимальные температурные режимы и скорость нагрева, что позволяет минимизировать деградацию ценных компонентов.

4. Исследование и внедрение нетрадиционных источников энергии, таких как солнечная и геотермальная энергия, а также разработка новых типов теплогенераторов, способствуют

снижению энергетических затрат и повышению экологической устойчивости сушильных установок.

5. Оптимизация затрат на проектирование и реконструкцию сушильного оборудования является ключевым фактором для повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

В современной агротехнологической практике представлено множество методов удаления влаги и типов установок для искусственной сушки продукции и растительного сырья. Одним из наиболее распространенных и экономически доступных подходов является естественная сушка, базирующаяся на использовании солнечной радиации и естественных конвективных механизмов теплообмена. Этот метод отличается низкими затратами на проектирование и строительство сушильных установок, что делает его привлекательным для определенных экономических условий.

Тем не менее, естественная сушка обладает рядом существенных ограничений. Во-первых, она позволяет достигать лишь равновесной влажности сырья, что существенно ограничивает возможности получения высококачественной продукции с высоким энергетическим потенциалом. Во-вторых, продукция, высушенная данным методом, часто характеризуется низким уровнем чистоты и потенциальным наличием загрязнений. Несмотря на простоту организации технологического процесса и относительно низкие капитальные затраты на оборудование, в условиях крупномасштабного промышленного производства, естественная сушка демонстрирует низкую экономическую эффективность и уступает по качеству конечного продукта более современным технологиям.

Результаты исследований и их обсуждение. Растительное сырье представляет собой сложную систему коллоидных капиллярно-пористых тел, обладающих многослойной микроструктурой. В процессе сушки наблюдается значительная усадка, что оказывает существенное влияние на анализ кривой сушки. Эластичные стенки капилляров подвергаются обратимому увеличению объема при увлажнении и уменьшению при сушке, что способствует более эффективному подводу влаги к поверхности за счет трансформации капилляров в конические структуры с узкими концами, направленными к поверхности материала.

При оптимальных условиях, включающих низкую температуру теплоносителя, низкую скорость движения воздуха и достаточную влажность, многие растительные материалы демонстрируют двухпериодную кинетику сушки. Однако существуют исключения, такие как ягоды, орехи, некоторые сорта яблок, хлеб и другие, для которых характерен однопериодный процесс сушки с доминированием периода падающей скорости сушки и одновременным увеличением температуры материала. В этом случае различие между температурой материала и теплоносителя составляет 1-2 градуса, что указывает на преобладание диффузионных процессов над процессами влагообмена.

Динамика процесса сушки определяется не только режимными параметрами и характеристиками материала, но и его начальной влажностью, степенью и формой нарезки. Перед началом сушки необходимо проводить тщательное исследование клеточного строения сырья, особенно его наружной оболочки. Это позволяет оптимизировать параметры процесса, минимизировать потери качества продукта и обеспечить более эффективное управление процессом сушки.

В современной практике обработки растительного сырья активно применяются разнообразные сушильные установки, которые классифицируются на множество конструктивных параметров. Такая систематизация позволяет проводить детальный анализ и сравнение различных типов оборудования, что, в свою очередь, способствует более глубокому пониманию технических нюансов процесса сушки и оптимизации производственных операций.

Классификация сушильных установок приведена на рис.2.

Установки для сушки кускового и зернистого сырья в плотном и разрыхленном слое представляют собой высокотехнологичное оборудование, предназначенное для эффективного удаления влаги из различных типов материалов. Процесс сушки в плотном слое

подразумевает обработку сырья при его компактном расположении, что обеспечивает интенсивный теплообмен и равномерное испарение влаги. К данному типу установок относятся: туннельные и камерные.

Туннельные: ленточные (рис. 3а), конвейерные (рис. 3б). Камерные: шкафные, вагонеточные (с передвижными вагонетками).



Рисунок 2. Классификация сушильных установок

Пневмосушильные установки.

Пневмосушильные установки (пневматические сушилки) - высокоэффективные технологические системы, предназначенные для дегидратации мелкодисперсного растительного сырья (муки и крахмала), работающие на принципе принудительной циркуляции влажного материала в потоке нагретого воздуха или продуктов сгорания, что обеспечивает равномерное и интенсивное испарение влаги. Метод сушки характеризуется высокой скоростью процесса и минимальным тепловым воздействием на обрабатываемый материал с сохранением исходных физико-химических свойств и биологической активности сырья. Виды пневмосушильных установок:

1. Пневматические трубы, процесс осуществляется за счет противоточного движения газа и материала, при этом газ является одновременно сушильным и транспортирующим агентом. Метод обеспечивает эффективное удаление влаги из материала за счет интенсивной циркуляции газовой среды.

2. Циклонные и вихревые сушилки. Устройства характеризуются цилиндрическим корпусом, внутри которого размещены различные отражательные перегородки. Сырье вводится в поток газа тангенциально, что способствует образованию вихревых потоков, способствующих более равномерному распределению влаги по всему объему материала.

3. Двухступенчатые пневматические сушилки с рециркуляцией материала, используемые для обработки трудновысушиваемых материалов, требуют увеличенной продолжительности сушки. Принцип работы заключается в многократной рециркуляции материала через сушильную камеру, что позволяет более эффективно удалять влагу и достигать заданной степени сухости.

4. Кольцевые сушилки. В этих установках труба может образовывать замкнутый контур, по которому мелкодисперсный материал циркулирует до достижения необходимой влажности. Время пребывания материала в сушилке варьируется в зависимости от размера частиц, что позволяет оптимизировать процесс сушки для различных типов материалов [8].

В научных исследованиях Брагинец С.В., Бахчевников О.Н., Кузьменко Д.А. проанализированы современные пневмосушильные установки, используемые в России и за рубежом [8, 9, 10, 11].

В пневматических сушильных системах процесса дегидратации материалов осуществляется посредством их транспортировки в вертикальном направлении в восходящем потоке нагретого газа, что позволяет эффективно удалять влагу из предварительно диспергированного материала [10, 11]. Примером является разработанная отечественными учеными Селиверстовым А.А., Тимофеевым И.Е., Шестаковым Е.А., Шестаковым С.А. пневматическая сушильная установка (рис. 4) [13].

Таким образом, пневматические сушильные установки демонстрируют высокую эффективность, простоту в эксплуатации и компактность, что делает их привлекательными для применения в процессах сушки и транспортировки мелкодисперсного растительного сырья. В этой связи следует отметить, что в данной области активно используются специализированные технологии и оборудование, разработанные под руководством А. Charuis и М. Prescorpe.

В рамках их научной деятельности была разработана и тщательно специфицирована конструкция пневматической сушилки (рис.5) для маниоки, что позволило провести комплексные экспериментальные исследования, направленные на оптимизацию геометрии сушильной трубы и установление рациональных параметров процесса. Результаты этих исследований имеют существенное значение для повышения эффективности и улучшения качества сушки растительного сырья [27, 28, 29].

Вихревая сушка представляет собой усовершенствованную модификацию пневматической технологии, направленную на интенсификацию процесса дегидратации [8, 9, 10, 11].

В данной конфигурации интенсификация достигается за счет создания вихревого движения газообразной среды-теплоносителя в рабочей камере, а также посредством дополнительного механического измельчения и диспергирования материала с использованием роторного элемента. Эти меры способствуют более эффективному удалению связанной влаги из обрабатываемого материала, что подтверждается результатами исследований [11].

В работах Tan, X.; Jiang, W.; Su, J.; Yu, F. в аналитическом обзоре рассмотрены современные технологии сушки на примере получения высушивания апельсиновой цедры и приведен сравнительный анализ технологий сушки: сушки горячим воздухом (СГВ) и сублимационным методом сушки.

Конвективная сушка остаётся наиболее распространённым методом в промышленной практике. Это обусловлено простотой конструктивных решений сушильных установок и высокой эффективностью передачи тепловой энергии через конвекционные процессы. Конвективный подход характеризуется универсальностью и надёжностью, что делает его востребованным на предприятиях пищевой промышленности, обеспечивая стабильное качество конечного продукта.

Сушка горячим воздухом (СГВ) - недорогой метод обезвоживания растительного сырья при температуре 60–80°C, недостатком является ухудшение органолептических свойств и снижение питательной ценности. В процессе конвективной сушки ключевыми параметрами, определяющими эффективность и качество конечного продукта, являются температура сушильного агента, толщина слоя и плотность материала. Одним из существенных недостатков данного метода является относительно низкая величина коэффициента теплоотдачи от сушильного агента к поверхности материала. В капиллярно-пористых телах конвективная составляющая теплопереноса значительно уступает кондуктивной в процессе сушки, что обусловлено особенностями микроструктуры этих материалов [2]. Следует отметить, что волокнистые материалы растительного происхождения обладают низкой теплопроводностью и классифицируются как хорошие теплоизоляционные материалы с коэффициентом теплопроводности $\lambda=0,053\div 0,11$ Вт/(м·°C). При данном методе сушки в тёмных сортах чая и при производстве апельсиновой цедры высокие температуры увеличивают содержание полифенолов и флавоноидов [31].

Сублимационная сушка (СС) сохраняет качество благодаря замораживанию и сублимации льда в вакууме. Этот метод исключает термическое разложение, но требует специализированного оборудования и длительного времени (до 22 часов для черники и 72 часов для кожуры манго). Предварительная обработка сокращает время, но не всегда подходит для промышленного применения.

Необходимо разрабатывать более эффективные технологии для сокращения времени и стоимости сублимационной сушки, чтобы удовлетворить растущий спрос на качественные обезвоженные продукты.

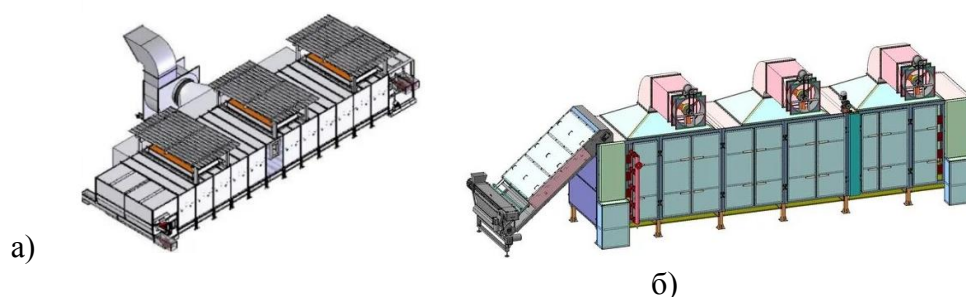


Рисунок 3. Примеры конструкций некоторых сушильных установок
3а –ленточные; 3б - конвейерные

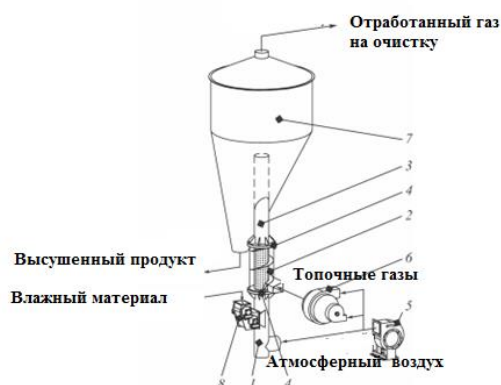


Рисунок 4. Пример пневматической сушилки 1 – нижняя секция; 2 – средняя секция; 3 – верхняя секция; 4 – теплоизоляционная вставка; 5 – вентилятор; 6 – топка; 7 – разгрузочное устройство; 8 – питатель

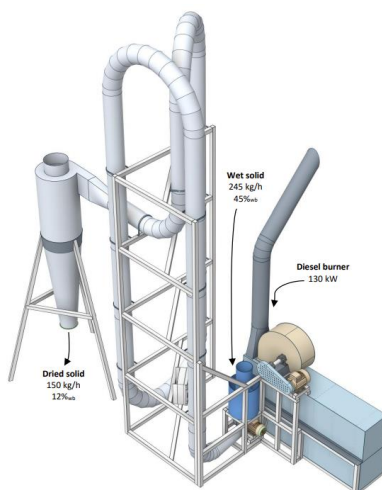


Рисунок 5. Пневматическая сушилка для маниока (M. Precorre)

В последние десятилетия метод распылительной сушки получил широкое распространение в технологии переработки растительного сырья, особенно в контексте производства функциональных напитков с добавлением нутрицевтиков, что позволяет значительно увеличить срок хранения продуктов, расширить ассортимент функциональных продуктов питания и эффективно утилизировать сельскохозяйственные отходы [14, 15].

Механизм распылительной сушки основан на диспергировании жидкого сырья в аэрозольное состояние с образованием мельчайших капель. Эти капли быстро подвергаются процессу десублимации, взаимодействуя с нагретым воздушным потоком, температура которого на входе варьируется в диапазоне 140–200 °С, а на выходе снижается до 40–90 °С [85]. В результате происходит образование сухих частиц с контролируемым уровнем остаточной влажности и заданным гранулометрическим составом, что обеспечивает получение порошкообразных продуктов высокого качества.

Однако при применении данного метода к фруктовым сокам, содержащим высокое количество низкомолекулярных углеводов (фруктоза, глюкоза, сахароза) и органических кислот, возникают определенные технологические трудности. В частности, наблюдается тенденция к образованию липких и комковатых агломератов, что негативно сказывается на качестве конечного продукта и его функциональных свойствах.

Таким образом, несмотря на очевидные преимущества распылительной сушки как технологии переработки пищевых продуктов, существует ряд факторов, требующих дальнейшего изучения и оптимизации для достижения более высоких стандартов качества и эффективности производства.

В последние годы наблюдается интеграция инновационных методов сушки с традиционными технологиями для повышения эффективности, экономичности и качества обработки пищевых продуктов. Особое внимание уделяется микроволновой (МВС) и инфракрасной (ИС) сушке, которые демонстрируют значительную результативность в различных аспектах применения.

Микроволновая сушка представляет собой метод, основанный на воздействии высокочастотного электромагнитного излучения на молекулы воды (обычно в диапазоне от 2450 до 9150 МГц), который приводит к ускоренному испарению влаги и значительному сокращению времени процесса. Однако МВС имеет ограничения, такие как потенциальная деградация цвета и питательных веществ.

Для преодоления этих недостатков микроволновую сушку комбинируют с другими методами, такими как конвективная сушка и вакуумная обработка. Например, при сушке ломтиков груши, использование микроволнового излучения в сочетании с конвективной

сушкой, существенно сокращает время обработки, но приводит к нежелательным изменениям цвета. В то же время применение МВС в условиях вакуума для плодов сохионга (*Prunus peralensis*), при сниженной мощности излучения и повышенном уровне вакуума, позволяет сохранить цвет, антоцианы, антиоксидантную активность (измеряемую по активности нейтрализации свободных радикалов) и фенольные компоненты. Низкое содержание кислорода в вакууме минимизирует процессы окисления, что повышает пищевую ценность конечного продукта.

Современные тенденции в области дегидратации пищевых продуктов характеризуются активным внедрением технологий, основанных на инфракрасном излучении. Этот метод демонстрирует значительные преимущества, включая эффективность и способность сохранять клеточную структуру и органолептические свойства продукции. Инфракрасная сушка, использующая осмотический механизм эвакуации влаги, минимизирует термическое повреждение и позволяет сохранить высокий уровень биоактивных компонентов.

Инфракрасная сушка основывается на использовании инфракрасного излучения (в спектральном диапазоне от 700 до 1000 нм). Этот метод обеспечивает равномерное распределение тепла, снижает энергопотребление и ускоряет процесс сушки по сравнению с традиционными технологиями. ИС особенно эффективна для сублимационной обработки.

Применение ИС в солнечных сушилках демонстрирует высокую эффективность. Например, использование инфракрасного нагрева для сушки ананасов повышает скорость испарения влаги до 0,95 кг воды на кг сухого вещества в час, улучшает коэффициент диффузии влаги до $2,59 \times 10^{-10}$ м²/с и сохраняет качественные характеристики, такие как цвет, содержание фенолов и антиоксидантную активность. Исследования также показывают, что ИС улучшает структурную целостность и хрустящие свойства ломтиков банана, оптимизирует сушку клубничных снеков и повышает качество ломтиков батата, несмотря на возможные изменения цвета и твердости при повышении температуры в середине процесса.

Особое внимание следует уделить способности инфракрасной сушки обеспечивать высокую степень сохранности питательных веществ, что делает её предпочтительным методом для обработки овощей и фруктов. Оптимальная настройка температурных параметров и продолжительности процесса позволяет достичь максимальной биологической ценности высушенных продуктов, а также обеспечивает возможность их последующего регидратирования до практически оригинального объема, что открывает новые перспективы в области функциональных ингредиентов.

На кафедре технологии и организации производства продуктов питания имени А.Ф. Коршуновой ФГБОУ ВО ДонНУЭТ была создана ИК сушильная установка, представленная на рисунке 6.

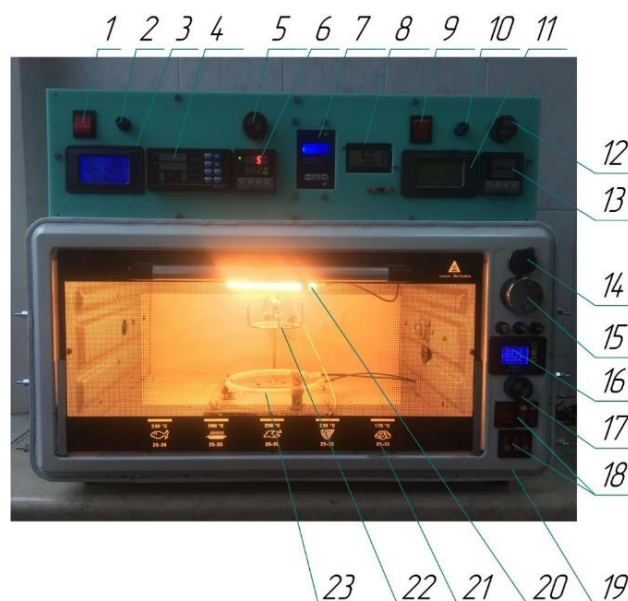


Рисунок 6. Инфракрасная сушильная установка:

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

Процесс дегидратации абрикосов представляет собой многофакторную кинетическую систему, включающую две четко разграниченные фазы: фазу постоянной скорости и фазу убывающей скорости. Начальная стадия, включающая прогрев материала до равновесной температуры, практически не визуализируется на кинетических графиках, так как изменения влагосодержания в этот период минимальны. Критическая точка перехода от фазы постоянной скорости к фазе убывающей скорости определяется уровнем влагосодержания абрикос и составляет примерно 15–20% рисунок 7[33, 34].

Сравнительный анализ показывает, что при использовании инфракрасного (ИК) нагрева продолжительность дегидратации сокращается до 9000 секунд, что значительно меньше по сравнению с конвективной сушкой в замкнутом контуре, где процесс занимает 18000 секунд. Применение ИК нагрева позволяет сократить время сушки на 50%, что свидетельствует о его высокой эффективности при прочих равных условиях.

Модификация размеров кусков абрикосов с $10 \times 10 \times 20$ мм до $5 \times 5 \times 10$ мм при неизменных параметрах приводит к снижению времени сушки на 25%. Этот эффект можно объяснить увеличением удельной поверхности материала, что способствует интенсификации массопереноса влаги.

Изменение температуры при ИК нагреве с 50°C до 70°C уменьшает время сушки на 55%, что указывает на нелинейную зависимость между температурой и скоростью дегидратации. Повышение температуры с 60°C до 70°C приводит к дополнительному сокращению времени сушки на 45%, подтверждая значимость температурного фактора для оптимизации процесса.

Полученные результаты являются основой для определения оптимальных параметров дегидратации абрикосов и разработки и проектирования сушильных установок. На основании полученных данных можно заключить, что для минимизации времени сушки абрикос и обеспечения высокого качества конечного продукта целесообразно использовать сушильные аппараты с инфракрасным нагревом. Рекомендуется обрабатывать материал при минимально возможных размерах кусков (порядка $5 \times 5 \times 10$ мм) и температуре около 60°C , что позволит достичь максимальной эффективности процесса дегидратации.



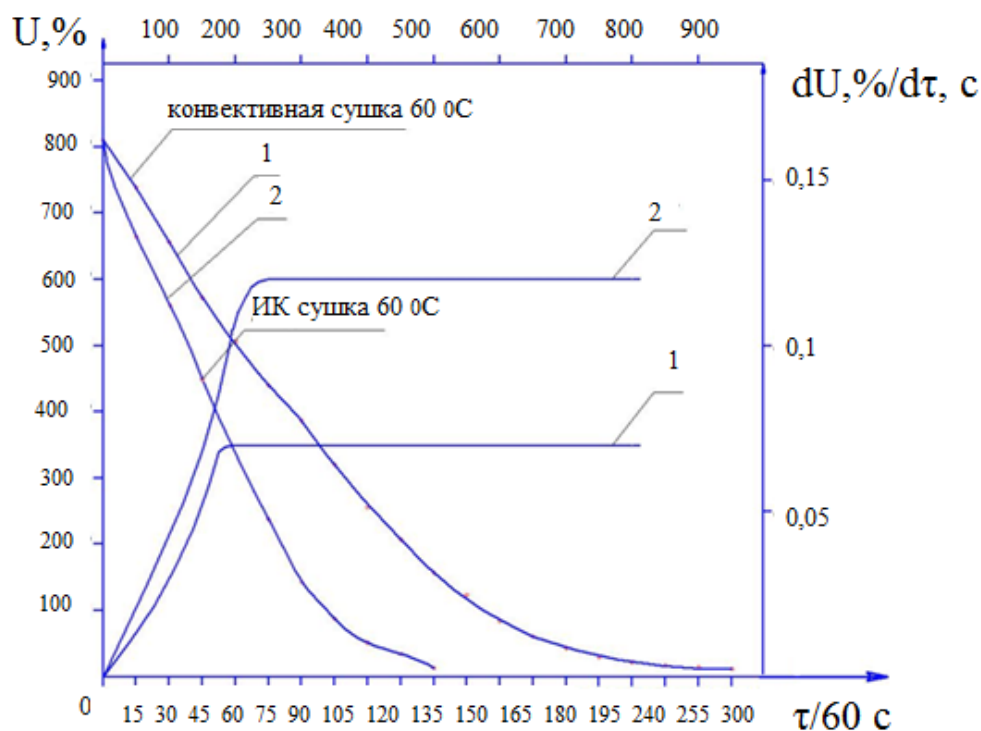


Рисунок 7. Кинетическая кривая сушки плодового сырья (абрикос) $U\% = (m_v / m_{св}) \times 100$, где:
 m_v - масса влаги в продукте; $m_{св}$ – масса сухих веществ в продукте; где: $dU = U_i - U_{i-1}$, $d\tau = \tau_i - \tau_{i-1}$

Этот метод обеспечивает быстрое и равномерное испарение влаги, сохраняет эстетический вид, высокое содержание питательных веществ и способность к дегидратации. ИК-сушка является перспективным направлением для переработки ягод, учитывая необходимость сохранения их целостности, вкусовых характеристик и высокого содержания антиоксидантов.

Интеграция микроволновой и инфракрасной сушки с другими методами обработки значительно повышает эффективность и качество пищевых продуктов. Эти технологии открывают новые возможности для сохранения питательных веществ, улучшения органолептических свойств и повышения экономической эффективности процессов переработки.

Павленко Т.Г. предложил альтернативный метод вакуумной сушки растительного сырья с высокой эффективностью и сохранностью биологически активных соединений, отличающейся оптимизацией производственного процесса. Вакуумная сушка обеспечивает значительное снижение теплозатрат за счёт проведения процесса при низких температурах, не превышающих 50°C . Это позволяет ускорить обезвоживание сырья, минимизируя термическое разрушение ценных соединений. В результате сохраняется большая часть биологически активных веществ, что делает данный метод предпочтительным для промышленного применения. Благодаря герметичности вакуумной камеры обеспечивается стерильность. Для реализации технологического процесса вакуумной сушки целесообразно задействовать комплекс специализированного оборудования, включающий участок подготовки сырья, оснащённый серийно выпускаемым оборудованием как отечественных, так и зарубежных производителей, а также участок сушки, функционирующий на основе метода вакуумной дегидратации. Вакуумные сушильные установки характеризуются относительно высокой стоимостью, но значительно снижают эксплуатационные затраты, сокращая потребление тепловой энергии на 25–40% [2].

Вакуумная сушка осуществляется при температуре материала в диапазоне $40\text{--}50^\circ\text{C}$, при разрежении 5-20 кПа, что способствует эффективному удалению влаги и минимизации термического воздействия на образец [3, 4].

Наиболее эффективными являются комбинированные двухступенчатые конвективно-вакуумно-импульсные сушилки. Время пребывания материала в сушильной камере определяется точкой критического влагосодержания. При незначительных изменениях влагосодержания в растительных материалах в процессе сушки возможно использование исключительно вакуум-импульсной ступени, особенно для растительных материалов, не имеющих выраженного первого периода сушки (например, стебли и листья), а также материалы, подверженные потере биологически активных веществ (БАВ) вследствие окисления. Эти факторы актуализируют необходимость поиска инновационных конструкторских и технологических решений для модернизации вакуум-импульсной сушилки и других видов сушки.

Сушка растительного материала посредством вакуумного метода, при давлении ниже атмосферного, позволяет достичь эффекта кипения жидкости в порах растительной матрицы при температуре ниже 100°C , температура кипения жидкости в условиях вакуума является функцией глубины разрежения среды. Это явление обусловлено тем, что в условиях пониженного давления точка кипения жидкости снижается, что делает возможным её испарение при более низких температурах [5, 6, 7].

Вакуумная сушка (ВС) представляет собой метод обезвоживания, основанный на снижении давления в рабочей камере. Этот процесс позволяет значительно уменьшить температуру кипения воды и обеспечить испарение влаги при субкритических температурах. Вакуумная среда характеризуется низкой концентрацией кислорода, что минимизирует окислительные процессы и предотвращает потемнение продуктов, сохраняя их биологическую ценность и органолептические свойства.

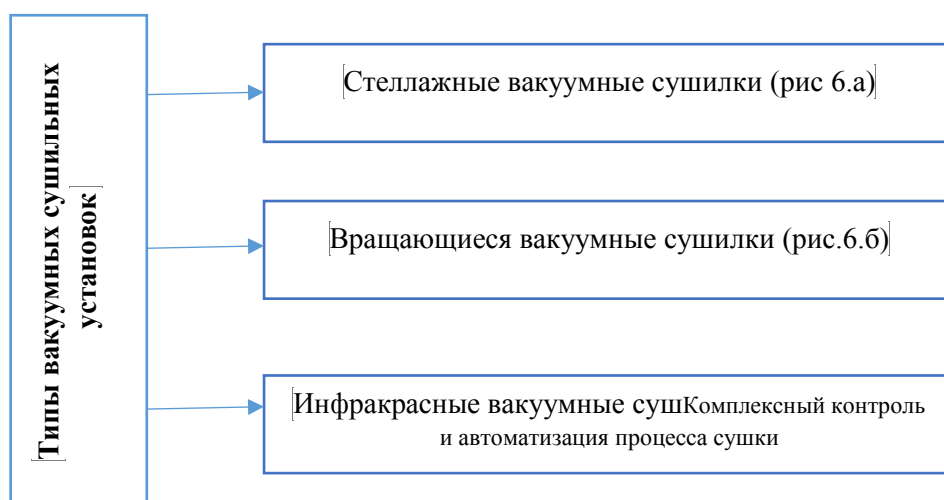


Рисунок 8. Типы сушильных вакуумных установок [25]



а)



б)



в)

Рисунок 9. Внешний вид вакуумных сушильных установок [25, 26] а) внешний вид стеллажной вакуумной сушильной установки; б) внешний вид вакуумной вращающейся сушильной установки; в) внешний вид инфракрасной вакуумной сушильной установке: 1 – сушильная камера; 2 – ящик автоматизированного управления; 3 – водокольцевой вакуумный насос; 4 – резервуар с водой

В сфере вакуумной сушки растительного сырья широко применяются специализированные вакуумные сушильные установки, функционирующие при пониженном давлении. Эти устройства обеспечивают оптимальные условия для удаления влаги из различных материалов, минимизируя термическое разрушение и сохраняя биоактивные компоненты. Основные типы вакуумных сушилок представлены на рис.7 и рис.8..

Стеллажные вакуумные сушилки представляют собой камеры с полками, на которых размещаются лотки или контейнеры с материалом. Нагрев может осуществляться как через стенки камеры, так и непосредственно через полки, что позволяет эффективно контролировать температурный режим. Этот тип сушилок особенно эффективен для обработки крупных партий сырья, обеспечивая равномерное распределение тепла и предотвращая локальные перегревы.

Вращающиеся вакуумные сушилки характеризуются цилиндрической формой и механизмом вращения, что обеспечивает равномерное перемешивание материала и его равномерное воздействие тепловым агентом. Эти устройства особенно актуальны для порошкообразных и кристаллических веществ, где необходимо предотвратить образование комков и обеспечить однородность продукта.

Инфракрасные вакуумные сушилки представляют собой передовой метод низкотемпературной сушки, основанный на использовании инфракрасного излучения. Эти установки функционируют в условиях глубокого вакуума, что позволяет значительно снизить температуру сушки без ущерба для качества продукта. Данный метод особенно эффективен для обработки чувствительных к нагреву материалов, таких как пищевые продукты и лекарственные растения, а также их экстракты. Инфракрасное излучение проникает в материал на молекулярном уровне, обеспечивая глубокую дегидратацию при сохранении ценных биоактивных компонентов.

Однако длительная экспозиция продуктов к условиям низкого давления может привести к их необратимой деформации вследствие структурных напряжений. Для решения этой проблемы активно исследуется импульсная вакуумная сушка (ИВС), которая предполагает периодическое изменение уровня вакуума в процессе сушки. Этот подход способствует более равномерному распределению давления и минимизации механических напряжений в материале.

Импульсная вакуумная сушка также вызывает эффект «туннелирования», который изменяет микропористую структуру пищевой матрицы. Этот процесс улучшает равномерность испарения влаги, снижая риск локальной пересушки или недосушки и, как следствие, минимизирует вероятность деформации. Кроме того, капиллярные каналы, образующиеся в материале в результате пульсации давления, эффективно удаляют влагу, предотвращая локальные изменения объема и значительно снижая риск структурных повреждений.

Комплексное применение этих механизмов делает импульсную вакуумную сушку особенно эффективной для сохранения структурной целостности термочувствительных материалов. В последние годы этот метод успешно применяется для сушки различных

продуктов, включая цитрусовые (лимон, апельсин), а также ягоды (облепиха) и сухофрукты (зизифус).

Например, исследования, проведенные командой Сюй и др., продемонстрировали влияние различных параметров вакуумной сушки на качество долек горького апельсина (*Citrus aurantium* L.). В эксперименте использовались различные уровни вакуумного давления (20, 15 и 10 кПа) и соотношения времени вакуума и атмосферного давления (5:10, 5:15 и 5:20 минут). Результаты показали, что резкие перепады давления (например, 10 кПа при соотношении 5:20 минут) приводят к значительной деградации цвета ($\Delta E = 10,39$) и повышению индекса потемнения ($BI = 32,73$ для кожуры), что свидетельствует о возможных структурных напряжениях. Оптимальные условия были достигнуты при давлении 10 кПа и соотношении времени вакуума и атмосферного давления 5:15 минут, что позволило минимизировать потери качества и обеспечить максимальную эффективность сушки.

Чрезмерные колебания давления за пределами этого диапазона могут приводить к структурным повреждениям, включая вздутие или разрушение баллона, о чем свидетельствуют повышенные значения ΔE и BI в экстремальных условиях. Эти результаты подчеркивают важность оптимизации параметров вакуумной сушки для сохранения качества и структурной целостности продуктов.

Исследования, проведенные Ю.В. Родионовым, Д.В. Никитиным, О.А. Зориной и др., показали преимущество использования комбинированных технологий на примере высушивания цветной капусты сорта «Франсуаза». Для реализации экспериментальных исследований применялась двухступенчатая конвективно-вакуумно-импульсная сушильная установка, состоящая из конвективной сушилки с псевдооживленным слоем на первой ступени и вакуумного шкафа на второй ступени обеспечивает эффективное удаление влаги из обрабатываемых материалов посредством конвективного теплообмена и последующего вакуумного воздействия, что позволяет достичь требуемой степени обезвоживания с минимальными потерями качества [30, 31, 32].

Одним из приоритетных направлений сушки растительного сырья является предварительная обработка озоном.

Предварительная обработка озоном (O_3) представляет собой передовой метод дегидратации пищевых продуктов, демонстрирующий высокую эффективность и улучшающий качество конечного изделия. Механизм действия озона базируется на окислительных реакциях, которые инициируют разрушение клеточных стенок и мембран патогенных микроорганизмов, что существенно снижает их количественное содержание. Этот аспект делает озон особенно ценным для дезинфекции пищевых продуктов перед сушкой. Исследования подтверждают его способность значительно снижать уровень бактерий, энтеробактерий, колиформных бактерий, дрожжей и мицелиальных грибов [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

Кроме того, озон обладает уникальной детоксицирующей способностью в отношении остатков пестицидов, что значительно повышает безопасность сушеных продуктов. Например, Baе, J.; Lee, D.; Oh, K.; Jeong, D.; Lee, D.; Kim, J. (2023) продемонстрировали снижение содержания диметоморфа и тиаметоксама в сушеном красном перце на 57,9% после предварительной обработки озоном.

Озон также оказывает влияние на микроструктуру поверхности пищевых продуктов, увеличивая диффузию влаги и ускоряя процессы дегидратации. Однако эффективность его применения зависит от таких факторов, как концентрация озона, продолжительность обработки и характеристики обрабатываемого материала.

В отличие от традиционных методов дезинфекции, таких как хлорирование, озон обеспечивает более высокий уровень безопасности пищевой продукции, не оставляя вредных остаточных веществ.

Примером успешного применения озона является обработка апельсиновой цедры. Deng, L.; Mujumdar, A.; Zhang, Q. и соавторы (2019) показали, что обработка апельсиновой цедры озоном в концентрации 4–40 мг/л в течение 2 часов перед конвективной сушкой при

температуре 40–60 °С приводит к значительному снижению содержания фенолов (с 9,81 до 6,89–8,05 мг галловой кислоты на 1 г). Однако высокая реакционная способность озона может вызывать деградацию чувствительных нутриентов, таких как белки и фенольные соединения, а также изменять органолептические свойства сушеных продуктов. Это подчеркивает необходимость достижения оптимального баланса между эффективностью дегидратации и сохранением биологически активных соединений.

Исследования также выявили, что озон улучшает эффективность сушки и сохранение цвета яблок, а также повышает антиоксидантную активность лимонной цедры, хотя и вызывает окислительное потемнение. Эти данные свидетельствуют о двойственной природе озона: с одной стороны, он ускоряет процессы дегидратации, с другой может оказывать негативное влияние на качество продукции.

Важно отметить, что озон является нестабильным при комнатной температуре и должен генерироваться непосредственно на месте использования. Длительное воздействие озона может представлять опасность для здоровья, вызывая респираторные заболевания, поэтому необходимо строго соблюдать меры предосторожности и регламентировать его применение.

Заключение. Технологии сушки растительного сырья и продуктов его переработки представляют собой критически важные процессы, обеспечивающие стабильность и высокое качество конечных продуктов. В последние десятилетия значительное внимание уделяется инновационным методам, таким как импульсно-вакуумная сушка, которые значительно повышают эффективность этих технологий. Эти усовершенствования особенно актуальны для продукции, требующей высокой степени сохранности биологически активных компонентов,

Методы термической сушки, включая распылительную сушку, обладают высокой скоростью, однако высокие температуры могут привести к деградации термолабильных соединений и изменению цветности продукта. В отличие от этого, распылительная сушка демонстрирует более высокую степень сохранения цвета, фитохимических веществ и антиоксидантной активности, хотя и требует значительных временных и энергетических ресурсов. Предварительная обработка сырья озоном значительно повышает эффективность этих процессов и способствует сохранению биологически активных соединений.

Для цитрусовых продуктов, таких как цитрусовый чай и снеки, особенно эффективна распылительная сушка, позволяющая сохранить аромат и нутриенты. Сублимационная сушка остается предпочтительным методом для максимального сохранения питательных веществ. В зависимости от конкретной области применения, используются различные специализированные методы сушки: микроволновая сушка для извлечения эфирных масел, распылительная сушка для обеспечения оптимальной растворимости порошков, гибридная сушка для сохранения качества снеков и конвективная сушка для переработки выжимок в промышленных масштабах.

Перспективные научные исследования направлены на разработку методов сушки, обеспечивающих максимальное сохранение фитохимических веществ. Эти достижения могут существенно расширить ассортимент продуктов на основе растительного сырья, повысить их питательную ценность и коммерческую привлекательность, открывая новые возможности для мирового рынка функциональных продуктов питания и фармацевтики.]

Список источников

1. Росабоев, А. Т. Способы технологического процесса сушки материалов / А. Т. Росабоев, Д. Х. Игамбердиев. // Молодой ученый. – 2016. – № 8. – С. 289-291.
2. Павленко Т.Г. Применение вакуумной сушилки растительного сырья в сельском хозяйстве для сокращения энергетических затрат// Физика и современные технологии в АПК: Материалы X Международной молодежной конференции молодых ученых, студентов и школьников. – Орёл: Издательство «Картуш», 2019. С.329-334.
3. Филоненко, Г.К. Сушка пищевых растительных материалов / Г.К. Филоненко. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 440 с.

4. Родионов Ю.В., Данилин С.И., Зорин А.С., Зорина О.А., Талыков В.А. Вакуумная сушка растительных материалов // Наука в центральной России Science in the Central Russia. 2024. Т. 69, № 3. С. 7-15. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-3-7-15>
5. Popova I.V. Conditions for combined convective vacuum-pulse drying of plant products / Yu.V. Rodionov, S.A. Shcherbakov, V.M. Dmitriev, V.G. Only, S.S. Hanuni // Issues of modern science and practice. University of V.I. Vernadsky. T.2. No. 4(14), TSTU 2008, Pp. 21-25.
6. Rodionov, Yu.V. Comparative analysis of the effectiveness of sublimation and two-stage convective vacuum-pulse drying / Yu.V. Rodionov., I.V. Popova, D.A. Shatsky // Proceedings of the international technical seminar: to the 100th anniversary of A.V. Lykova. Voronezh, 2010. Pp. 160- 167.
7. Skripnikov Yu.G. Innovative technologies for drying vegetable raw materials / Yu.G. Skripnikov, M.A. Mitrokhin, E.P. Larionova, Yu.V. Rodionov, A.S. Zorin // Questions of modern science and practice. University named after IN AND. Vernadsky. 2012. No. 3 (41) P. 371-376.
8. Брагинец С.В., Бахчевников О.Н., Кузьменко Д.А. Пневматические и вихревые сушилки для обезвоживания мелкодисперсного растительного сырья // Вестник КрасГАУ. 2025. № 8. С. 239–257. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-8-239-257.
9. Dorfeshan M., Mehrzad S. Pneumatic and flash drying // Particulate Drying. Boca Raton: CRC Press. 2023. P. 47–61. DOI: 10.1201/9781003207108.
10. Borde I., Levy A. Pneumatic and flash drying // Handbook of Industrial Drying. Boca Raton: CRC Press, 2006. P. 350–365. DOI: 10.1201/9781420017618.
11. Borde I., Levy A. Pneumatic and flash drying // Handbook of Industrial Drying. Boca Raton: CRC Press, 2015. P. 381–392. DOI: 10.1201/b17208.
12. Dorfeshan M., Mehrzad S. Pneumatic dryers // Drying Technology in Food Processing. Woodhead Publishing, 2023. P. 157–173. DOI: 10.1016/B978-0-12-819895-7.00019-5.
13. Патент РФ № 2011131360/06, 26.07.2011. Пневматическая сушилка / А.А. Селиверстов, И.Е. Тимофеев, Е.А. Шестаков, С.А. Шестаков // Патент России. № 2476792. 2013. Бюл. № 6.
14. Tan, X.; Jiang, W.; Su, J.; Yu, F. Recent Advances in Drying Technologies for Orange Products. Foods 2025, 14, 3051. <https://doi.org/10.3390/foods1417305>
15. Bozkir, H. Effects of hot air, vacuum infrared, and vacuum microwave dryers on the drying kinetics and quality characteristics of orange slices. J. Food. Process. Eng. 2020, 43, e13485.
16. Jiao, Y.; Tang, H.; Yan, Z.; Wu, Z.; Zhang, D.; Yu, Z.; Chen, Y.; Ni, D. Effect of different drying methods on quality of orange dark tea. J. Food Meas. Charact. 2024, 18, 3244–3254.
17. Liu, Y.; Zhang, Z.; Hu, L. High efficient freeze-drying technology in food industry. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2022, 62, 3370–3388.
18. Deng, L.; Mujumdar, A.; Zhang, Q.; Yang, X.; Wang, J.; Zheng, Z.; Gao, Z.; Xiao, H. Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes—A comprehensive review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2019, 59, 1408–1432.
19. Agnihotri, V.; Borse, K.; Bhandarkar, H.; Subramaniam, V.; Bhardwaj, S. Efficacy of Ozone to Reduce Total Viable Count, Yeast and Mould Count, Coliform Count and Enterobacteriaceae Count in Raw Onion and Dehydrated Onion Products. Plant Arch. 2018, 18, 2811–2821.
20. Bae, J.; Lee, D.; Oh, K.; Jeong, D.; Lee, D.; Kim, J. Photochemical advanced oxidative process treatment effect on the pesticide residues reduction and quality changes in dried red peppers. Sci. Rep. 2023, 13, 4444.
21. Pandiselvam, R.; Rathnakumar, K.; Nickhil, C.; Charles, A.; Falsafi, S.; Rostamabadi, H.; Sofia, A.; Aydar, A.; Priya, V.; Malik, S.; et al. Ozone-Based Oxidation Treatment to Enhance Food Drying Rate and Quality: Mechanisms, Current Knowledge, and Future Outlook. Food Bioprocess Technol. 2025, 18, 5038–5057.
22. Botondi, R.; Barone, M.; Grasso, C. A Review into the Effectiveness of Ozone Technology for Improving the Safety and Preserving the Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables. Foods 2021, 10, 748.
23. Fonteles, T.; Nascimento, R.; Rodrigues, S.; Fernandes, F. Effects of ozone pretreatment on drying kinetics and quality of Granny Smith Apple dried in a fluidized bed dryer. In Proceedings of the 21st International Drying Symposium (IDS), Valencia, Spain, 11–14 September 2018; pp. 789–794.

24. Zhang, D.; Jiang, B.; Luo, Y.; Fu, X.; Kong, H.; Shan, Y.; Ding, S. Effects of ultrasonic and ozone pretreatment on the structural and functional properties of soluble dietary fiber from lemon peel. *J. Food Process. Eng.* 2022, 45, e13916.

25. Лифенцева Л. В., Расщепкин А. Н., Неверов Е. Н., Короткий И. А., Короткая Е. В. Оптимизация технологии вакуумной сушки сельскохозяйственного сырья растительного происхождения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (208). С. 82–89.

26. Савенков Д.Н., Щербаков А.А., Мехралиев Р.Э., Сердюк В.А. Инфракрасная сушка с применением конвекционно-вакуумной технологии для высушивания продуктов растительного происхождения// Инженерный вестник Дона, №11 (2021) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/7282

27. Precorre M. Scaling out energy-efficient pneumatic drying technology in Tanzania. *RTB Working Paper*, 2021. 31 p.

28. Precorre M., Tran T., Chapuis A., et al. Improved energy performance of small-scale pneumatic dryers used for processing cassava in Africa // *Biosystems Engineering*. 2016. Vol. 151. P. 510–519. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2016.10.001.

29. Chapuis A., Lancement C., Giraldo F., et al. Extensive experimental validation of a model for pneumatic drying of cassava starch // *Drying Technology*. 2023. Vol. 41, N 1. P. 122–136. DOI: 10.1080/07373937.2022.2087668

30. Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Зорина О.А., Кольцов В.А., Рыбин Г.В., Скоморохова А.И. Вакуумные технологии производства порошков и экстрактов из овощей, плодов и ягод для функциональных продуктов питания // Наука в центральной России Science in the central Russia. 2023. Т. 61, № 1. С. 55-65. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-1-55-65>

31. Никифоров, В. Е. Разработка экспериментальной установки вакуумной сушки пресованных растительных материалов. / В. Е. Никифоров, Л. А. Никитин. Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2020. – № 1 (7). – С. 23–26. 3

32. Никифоров, В. Е. Управление и режим вакуумно-импульсной сушки пресованных растительных материалов / Никифоров, В. Е., Никитин, Л. А. Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2021. – № 2 (12). – С. 19–22.

33. Антонова В.А., Корнийчук В.Г., Владимиров С.В., Османова Ю.В. Кинетика процесса сушки абрикосов в сушилке с инфракрасным нагревом // Научно-теоретический журнал «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания». – выпуск № 2, 2024.. – Воронеж, 2024. – С.223-230.

34. 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>

References

1. Rosaboyev, A. T. Methods of the technological process of drying materials / A. T. Rosaboyev, D. Kh. Igamberdiev. // *Young Scientist*. – 2016. – No. 8. – Pp. 289-291.

2. Pavlenko T.G. Application of a vacuum dryer of plant raw materials in agriculture for reducing energy costs// *Physics and modern technologies in the agro-industrial complex: Materials of the X International youth conference of young scientists, students and schoolchildren*. – Oryol: Kartush Publishing House, 2019. Pp. 329-334.

3. Filonenko, G.K. *Drying of Food Plant Materials* / G.K. Filonenko. – Moscow: Food Industry, 1971. – 440 p.

4. Rodionov Yu.V., Danilin S.I., Zorin A.S., Zorina O.A., Talykov V.A. Vacuum Drying of Plant Materials // *Science in the Central Russia Science in the Central Russia*. 2024. Vol. 69, No. 3. Pp. 7-15. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-3-7-15>

5. Popova I.V. Conditions for combined convective vacuum-pulse drying of plant products / Yu.V. Rodionov, S.A. Shcherbakov, V.M. Dmitriev, V.G. Only, S.S. Hanuni // *Issues of modern science and practice*. University of V.I. Vernadsky. T.2. No. 4(14), TSTU 2008, Pp. 21-25.

6. Rodionov, Yu.V. Comparative analysis of the effectiveness of sublimation and two-stage convective vacuum-pulse drying / Yu.V. Rodionov., I.V. Popova, D.A. Shatsky // Proceedings of the international technical seminar: to the 100th anniversary of A.V. Lykova. Voronezh, 2010. Pp. 160- 167.
 7. Skripnikov Yu.G. Innovative technologies for drying vegetable raw materials / Yu.G. Skripnikov, M.A. Mitrokhin, E.P. Larionova, Yu.V. Rodionov, A.S. Zorin // Questions of modern science and practice. University named after IN AND. Vernadsky. 2012. No. 3 (41) P. 371-376.
 8. Braginets S.V., Bakhchevnikov O.N., Kuzmenko D.A. Pneumatic and vortex dryers for dewatering fine vegetable raw materials // Bulletin of KrasGAU. 2025. No. 8. pp. 239-257. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-8-239-257.
 9. Dorfeshan M., Mehrzad S. Pneumatic and flash drying // Particulate Drying. Boca Raton: CRC Press. 2023. P. 47–61. DOI: 10.1201/9781003207108.
 10. Borde I., Levy A. Pneumatic and flash drying // Handbook of Industrial Drying. Boca Raton: CRC Press, 2006. P. 350–365. DOI: 10.1201/9781420017618.
 11. Borde I., Levy A. Pneumatic and flash drying // Handbook of Industrial Drying. Boca Raton: CRC Press, 2015. P. 381–392. DOI: 10.1201/b17208.
 12. Dorfeshan M., Mehrzad S. Pneumatic dryers // Drying Technology in Food Processing. Woodhead Publishing, 2023. P. 157–173. DOI: 10.1016/B978-0-12-819895-7.00019-5.
 13. Patent of the Russian Federation No. 2011131360/06, 26.07.2011. Pneumatic dryer / A.A. Seliverstov, I.E. Timofeev, E.A. Shestakov, S.A. Shestakov // Patent of Russia. No. 2476792. 2013. Byul. No. 6.
- Tan, X.; Jiang, W.; Su, J.; Yu, F. Recent Advances in Drying Technologies for Orange Products. *Foods* 2025, 14, 3051. <https://doi.org/10.3390/foods1417305>
15. Bozkir, H. Effects of hot air, vacuum infrared, and vacuum microwave dryers on the drying kinetics and quality characteristics of orange slices. *J. Food. Process. Eng.* 2020, 43, e13485.
 16. Jiao, Y.; Tang, H.; Yan, Z.; Wu, Z.; Zhang, D.; Yu, Z.; Chen, Y.; Ni, D. Effect of different drying methods on quality of orange dark tea. *J. Food Meas. Charact.* 2024, 18, 3244–3254.
 17. Liu, Y.; Zhang, Z.; Hu, L. High efficient freeze-drying technology in food industry. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2022, 62, 3370–3388.
 18. Deng, L.; Mujumdar, A.; Zhang, Q.; Yang, X.; Wang, J.; Zheng, Z.; Gao, Z.; Xiao, H. Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes—A comprehensive review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2019, 59, 1408–1432.
 19. Agnihotri, V.; Borse, K.; Bhandarkar, H.; Subramaniam, V.; Bhardwaj, S. Efficacy of Ozone to Reduce Total Viable Count, Yeast and Mould Count, Coliform Count and Enterobacteriaceae Count in Raw Onion and Dehydrated Onion Products. *Plant Arch.* 2018, 18, 2811–2821.
 20. Bae, J.; Lee, D.; Oh, K.; Jeong, D.; Lee, D.; Kim, J. Photochemical advanced oxidative process treatment effect on the pesticide residues reduction and quality changes in dried red peppers. *Sci. Rep.* 2023, 13, 4444.
 21. Pandiselvam, R.; Rathnakumar, K.; Nickhil, C.; Charles, A.; Falsafi, S.; Rostamabadi, H.; Sofia, A.; Aydar, A.; Priya, V.; Malik, S.; et al. Ozone-Based Oxidation Treatment to Enhance Food Drying Rate and Quality: Mechanisms, Current Knowledge, and Future Outlook. *Food Bioprocess Technol.* 2025, 18, 5038–5057.
 22. Botondi, R.; Barone, M.; Grasso, C. A Review into the Effectiveness of Ozone Technology for Improving the Safety and Preserving the Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables. *Foods* 2021, 10, 748.
 23. Fonteles, T.; Nascimento, R.; Rodrigues, S.; Fernandes, F. Effects of ozone pretreatment on drying kinetics and quality of Granny Smith Apple dried in a fluidized bed dryer. In Proceedings of the 21st International Drying Symposium (IDS), Valencia, Spain, 11–14 September 2018; pp. 789–794.
 24. Zhang, D.; Jiang, B.; Luo, Y.; Fu, X.; Kong, H.; Shan, Y.; Ding, S. Effects of ultrasonic and ozone pretreatment on the structural and functional properties of soluble dietary fiber from lemon peel. *J. Food. Process. Eng.* 2022, 45, e13916.
 25. Lifentseva L. V., Splavkin A. N., Neverov E. N., Korotkoi I. A., Korotkaya E. V. Optimization of vacuum drying technology for agricultural raw materials of plant origin // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2022. No. 2 (208). pp. 82-89.

26. Savenkov D.N., Shcherbakov A.A., Mehraliev R.E., Serdyuk V.A. Infrared drying using convection-vacuum technology for drying plant products // Engineering Bulletin of the Don, No. 11 (2021) ivdon.ru/magazine/archive/n11y2021/7282
27. Precoppe M. Scaling out energy-efficient pneumatic drying technology in Tanzania. RTB Working Paper, 2021. 31 p.
28. Precoppe M., Tran T., Chapuis A., et al. Improved energy performance of small-scale pneumatic dryers used for processing cassava in Africa // Biosystems Engineering. 2016. Vol. 151. P. 510–519. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2016.10.001.
29. Chapuis A., Lancement C., Giraldo F., et al. Extensive experimental validation of a model for pneumatic drying of cassava starch // Drying Technology. 2023. Vol. 41, N 1. P. 122–136. DOI: 10.1080/07373937.2022.2087668.
30. Rodionov Yu.V., Nikitin D.V., Zorina O.A., Koltsov V.A., Rybin G.V., Skomorokhova A.I. Vacuum technologies for the production of powders and extracts from vegetables, fruits and berries for functional food products // Science in central Russia. Science in central Russia. 2023. Vol. 61, No. 1. Pp. 55-65. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-1-55-65>
31. Nikiforov, V. E. Development of an experimental installation for vacuum drying of pressed plant materials. / V. E. Nikiforov, L. A. Nikitin. Bulletin of Vologda State University. Series: Technical Sciences. – 2020. – № 1 (7). – Pp. 23-26.
32. Nikiforov, V. E. Control and mode of vacuum pulse drying of pressed plant materials / Nikiforov, V. E., Nikitin, L. A. Bulletin of Vologda State University. Series: Technical Sciences. – 2021. – № 2 (12). – Pp. 19-22.
33. Antonova V.A., Korniyuchuk V.G., Vladimirov S.V., Osmanova Yu.V. Kinetics of the drying process of apricots in a dryer with infrared heating // Scientific and theoretical journal "Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex-healthy food products". – Issue No. 2, 2024.. Voronezh, 2024. Pp. 223-230.
34. 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>

Информация об авторах

Казуб Валерий Тимофеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой физики и математики Пятигорского медико-фармацевтического университета (филиал) Волгоградского государственного медицинского университета, v.t.kazub@pmedpfarm.ru, +79283618759, ORCID: ?

Оробинская Валерия Николаевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Отдела планирования и организации научно-исследовательской работы, доцент кафедры Технологии продуктов питания и товароведения Пятигорский институт (филиал) Северо-Кавказский Федеральный университет, orobinskaya.val@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-0320-0556

Владимиров Сергей Владимирович, 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, ORCID: 0009-0009-8096-1007

Корнийчук Владимир Григорьевич, 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, ORCID: 0009-0009-4016-4505

Кошкарлова Анна Генадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры физики и математики Пятигорского медико-фармацевтического университета (филиал) Волгоградского государственного медицинского университета, Пятигорского медико-фармацевтического университета (филиал) Волгоградского государственного медицинского университета, ORCID: ?

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

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors

Kazub Valery Timofevich, doctor of technical sciences, professor, head of the department of physics and mathematics, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical University (branch) Volgograd State Medical University, v.t.kazub@pmedpfarm.ru , +79283618759, ORCID: ?

Orobinskaya Valeria Nikolaevna, candidate of technical sciences, senior researcher at the department of planning and organization of research, associate professor at the department of food technology and commodity science Pyatigorsk Institute (branch) Sevro-Kavkaz Federal University, orobinskaya.val@yandex.ru , ORCID: 0000-0002-0320-0556

Vladimirov Sergey Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department of technology and organization of food production named after A.F. Korshunova, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranosky, vladimirov4353@yandex.ru , ORCID: 0009-0009-8096-1007

Korniychuk Vladimir Grigorievich, candidate of technical sciences, 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 , ORCID: 0009-0009-4016-4505

Koshkarova Anna Genadyevna, candidate of technical sciences, associate professor, department of physics and mathematics, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical University (branch) Volgograd State Medical University, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical University (branch) Volgograd State Medical University, ORCID: ?

Contribution of the authors: all authors have made an equal contribution to the preparation of the publication.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Научная статья

УДК 613.287.58

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.7>

Исследование возможности применения биологически активных компонентов в технологии йогурта

Голик Тамара Николаевна^{1*}, Абакумова Елена Анатольевна²,
Лодыгин Алексей Дмитриевич³

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

¹ t.bakholdina@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6160-8031>

² abacum0ffa@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7610-0951>

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

*Автор, ответственный за переписку: Тамара Николаевна Голик, t.bakholdina@yandex.ru.

Аннотация. Обоснована актуальность использования функциональных ингредиентов в технологии йогурта. Исследованы физико-химические и органолептические показатели образцов йогурта с добавлением витамина С и рутина. Для оптимизации рецептуры йогурта экспериментально обоснован выбор вкусо-ароматических наполнителей. Получены органолептические профили опытных образцов йогурта с добавлением наполнителей. В результате всех проведенных экспериментов для создания трехслойного молочного десерта был выбран образец йогурта с внесением 5 % закваски, функциональным наполнителем в количестве витамин С и рутин 50:50. Для улучшения органолептических свойств и дальнейшего сочетания в десерте были выбраны смесь подсластителей в количестве 3 % и вкусо-ароматический наполнитель «Банан» – 0,3 %. Результаты исследований подтвердили возможность использования йогурта, обогащенного витамином С и рутином, для изготовления трехслойного молочного десерта.

Ключевые слова: биойогурт, аскорбиновая кислота, рутин, заквасочная культура, биологически активная добавка, кисломолочный продукт с функциональными свойствами.

Для цитирования: Голик Т. Н., Абакумова Е. А., Лодыгин А. Д. Исследование возможности применения биологически активных компонентов в технологии йогурта // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 99-107. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.6>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.02.2026;
одобрена после рецензирования 01.03.2026;
принята к публикации 01.04.2026.

Research article

Study of the possibility of using biologically active components in yogurt technology

Tamara N. Golik^{1*}, Elena A. Abakumova², Aleksei D. Lodygin³

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

¹ t.bakholdina@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6160-8031>

² abacum0ffa@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7610-0951>

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

© Голик Т.Н., Абакумова Е.А., 2026

*Corresponding author: Tamara Nikolaevna Golik, t.bakholdina@yandex.ru.

Abstract. The relevance of using functional ingredients in yogurt technology is substantiated. The physicochemical and organoleptic properties of yogurt samples with added vitamin C and rutin were studied. To optimize the yogurt recipe, the choice of flavor fillers was experimentally substantiated. Organoleptic profiles of experimental yogurt samples with the addition of fillers were obtained. Based on all the experiments, a yogurt sample with a 5% starter culture and a functional filler in the amount of vitamin C and rutin in a 50:50 ratio was selected for the creation of a three-layer milk dessert. A mixture of sweeteners at a level of 3% and a flavor filler "Banana" at 0.3% were selected to improve the organoleptic properties and further combination in the dessert. Results of research proved the feasibility of using yogurt enriched with vitamin C and rutin for the production of a three-layer dairy dessert.

Keywords: bioyogurt, ascorbic acid, rutin, starter culture, dietary supplement, fermented milk product with functional properties.

For citation: Golik T. N., Abakumova E. A., Lodygin A. D. Study of the possibility of using biologically active components in yogurt technology // Modern Science and Innovation. 2026. No. 1. P. 99-107. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.7>

Conflict of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

The article was received by the editors 01.02. 2026;
approved after peer review 01.03. 2026;
accepted for publication 01.04. 2026.

Введение / Introduction

Современное понимание питания и установление физиологических норм потребления энергии и нутриентов является результатом комплексной работы специалистов из множества дисциплин. К ним относятся диетологи, биохимики, микробиологи и технологи. Кроме того, активно развиваются новые научные направления, такие как нутригеномика, нутригенетика, нутриметабомика и протеомика, которые исследуют молекулярные механизмы трансформации компонентов пищи на уровне генов. Современное рациональное питание обеспечивает нормальный рост и развитие детского организма, способствует профилактике заболеваний, продлению жизни, созданию условий для повышения способности организма противостоять неблагоприятным воздействиям окружающей среды.

Специалисты подчеркивают особую важность обогащения пищевых продуктов антиоксидантами, витаминно-минеральными премиксами, пищевыми источниками, богатыми биологически и физиологически активными веществами, дефицит которых приводит к нарушению пищевого статуса, а недостаточное потребление витаминов и витаминоподобных веществ снижает адаптационный потенциал человека, и выступает фактором риска развития многих алиментарно-зависимых заболеваний

Среди огромного разнообразия пищевых продуктов наиболее ценными в пищевом и биологическом отношении являются молоко и молочные продукты, ценность которых определяется богатым и сбалансированным составом его компонентов и высокой усвояемостью всех пищевых веществ [4, 7, 8].

Кисломолочные продукты, в том числе йогурты в диетическом и лечебном питании по своим функциональным свойствам занимают первое место. Они содержат все составные части молока в более усвояемом виде. Российский рынок йогуртов постоянно развивается, повышается интерес потребителей к обогащенным и функциональным йогуртам [9].

Сегодня йогурт отнюдь не является конечным продуктом, как это было 10 – 15 лет назад. Он стал основой, начальной точкой мира возможностей.

Йогурт производится в виде прекрасного продукта с фруктовыми добавками, как газированный напиток, как полезный завтрак, содержащий мюсли и витамины. На его основе

вырабатывается мороженое и даже, появилось йогуртное масло. Не только увеличивается количество йогуртных продуктов, но и улучшается их качество.

Для повышения пищевой ценности и функциональных свойств йогуртов в их состав вводят различные наполнители и добавки, особенно те, которые повышают их лечебно-профилактическое действие. Использование пищевых добавок и наполнителей, богатых пищевыми волокнами, которыми являются пектины, микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ), растительные камеди, овощные и плодово-ягодные добавки позволяют придать йогуртам дополнительные функциональные свойства [3].

Для повышения функциональных свойств йогуртов в их состав вводят различные компоненты, которые повышают их профилактическое действие [5]. Использование пищевых добавок, в состав которых входят витамины, биофлавоноиды и антиоксиданты позволяют придать йогуртам дополнительные функциональные свойства.

Современное разнообразие функциональных компонентов, применяемых при производстве йогуртов, указывает на широкие возможности создания их широкого ассортимента, сбалансированного состава, а также продуктов функционального целевого назначения. Индустрия пищевых ингредиентов открыла практически неограниченные возможности перед производителями молочных продуктов с новыми потребительскими свойствами - питательной ценностью, сбалансированностью составных элементов, вкусом, запахом, консистенцией, сроком хранения, лечебными и диетическими показателями.

В последние годы значительно возрос интерес к функциональным пищевым продуктам, обогащенным биологически активными компонентами, способными оказывать положительное влияние на здоровье человека. Особое место в этой категории занимают кисломолочные продукты, в частности йогурт, который благодаря своим пробиотическим свойствам и высокой пищевой ценности служит идеальной основой для введения дополнительных функциональных ингредиентов [2, 6].

Разработка новых видов пробиотических кисломолочных продуктов с усиленными функциональными свойствами является актуальной задачей, учитывая их значительную долю на рынке здорового питания. Одним из перспективных направлений является внедрение в рецептуры биологически активных веществ, таких как антиоксиданты, которые способствуют не только поддержанию микробиома, но и укреплению здоровья в целом. Использование аскорбиновой кислоты (витамин С) и рутина (витамин Р) позволяет создавать витаминизированные кисломолочные напитки, способные восполнить суточную потребность в этих витаминах и наделить продукт дополнительными полезными свойствами, в частности, выраженной антиоксидантной активностью.

Материалы и методы / Materials and methods

Для выработки йогурта использовали молоко коровье массовой долей жира 2,5 %; йогуртную закваску. Функциональный наполнитель:

➤ Аскорбиновая кислота, порошок. Относится к группе неферментных антиоксидантов, активизирует биосинтез кортикоидных гормонов, ответственных за адаптивные реакции организма, обуславливая антистрессорное влияние, тормозит процессы перекисного окисления липидов, с чем связан его мембраностабилизирующий эффект, имеет капилляроукрепляющий эффект, который реализуется путем того, что витамин С существенно влияет на формирование коллагеновых волокон сосудов, кожи, костной ткани и зубов, способствует усвоению железа и нормализует процессы кроветворения, участвует в окислительно-восстановительных реакциях, функционировании иммунной системы. Физиологическая потребность для взрослых – 100 мг/сутки. Физиологическая потребность для детей – от 30 до 90 мг/сутки.

➤ Рутин, порошок. Рутин, как и другие биофлавоноиды, обладает укрепляющим стенки капилляров действием (повышение резистентности), снижает проницаемость стенок капилляров. Существенная роль в механизме действия принадлежит антиоксидантным свойствам, в частности, способности тормозить свободнорадикальные процессы перекисного

окисления липидов, что способствует снижению риска развития сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, радиопротекторным свойствам.

Биофлавоноиды потенцируют и усиливают действие витамина С. Совместное воздействие рутина и витамина С увеличивает капилляроукрепляющее действие.

Адекватный уровень потребления флавонолов и их гликозидов для взрослых составляет 30 мг в пересчете на рутин. Верхний допустимый уровень флавонолов и их гликозидов для взрослых составляет 100 мг в сутки в пересчете на рутин.

В ходе экспериментов были использованы следующие методы исследований:

- Определение титруемой кислотности по ГОСТ 3624–92.
- Определение активной кислотности по ГОСТ 32892-2014.
- Определение плотности по ГОСТ Р 54758-2011.
- Метод определения молочнокислых микроорганизмов по ГОСТ ГОСТ 32901-2014.
- Органолептическая оценка по ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011 и ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011.
- Определение кинематической вязкости. Кинематическую вязкость определяли на вискозиметре Гепплера с падающим шариком типа «С» фирмы TermoHaakeEN 29001 (DIN/ISO 9001). Пересчет кинематической вязкости на динамическую переводили в соответствии с формулой $\eta = k(p_1 - p_2)t$; где k = индивидуальная постоянная шарика (МПа см³/г), p_1 = плотность шарика г/см³, p_2 = плотность образца при температуре измерения г/см³, t = время падения шарика в секунду.

Результаты исследований и обсуждения / Results and discussion

В рамках работы изготавливали образцы кисломолочного продукта, обогащённого комплексом аскорбиновой кислоты, и рутина. Методика получения йогурта состоит из нескольких этапов: на первом этапе смешивали образцы пастеризованного молока с массовой долей жира 2,5 % с комплексной заквасочной культурой (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, *Lactobacillus casei*). Затем в систему вводили биологически активные вещества: аскорбиновую кислоту и рутин в соотношении: 25:25, 50:50 и 100:100 мг. Образцы кисломолочного продукта помещали в термостат при температуре 42 ± 2°C.

По окончании процесса сквашивания у полученных образцов кисломолочного продукта исследовали физико-химические свойства и оценивали органолептические характеристики. После окончания сквашивания образцы выдерживали при температуре (6 – 8) °C в течение 24 часов, после чего определяли их физико-химические показатели (таблица 1).

Таблица 1 – Физико-химические и органолептические показатели образцов йогурта с добавлением витамина С и рутина

№ образца	Кол-во витаминов С и рутина мг: мг	Титруемая кислотность, °Т	pH	Плотность, ρ , г/см ³	Динамическая вязкость, η , МПа×с	Органолептические свойства
Контроль	-	93±1	5,6±0,5	1,065±0,05	67,23±0,5	Запах кисломолочный, цвет белый, консистенция вязкая, вкус чрезмерно кислый
1	25:25	97±1	5,3±0,5	1,065±0,05	67,41±0,5	Запах кисломолочный, цвет белый, консистенция плотная, тянущаяся, вкус чрезмерно кислый
2	50:50	105±1	5,2±0,5	1,070±0,05	76,78±0,5	Запах кисломолочный, цвет белый, консистенция плотная, тянущаяся, вкус чрезмерно кислый
3	100:100	107±1	4,8±0,5	1,070±0,05	76,91±0,5	Запах кисломолочный, цвет белый, консистенция

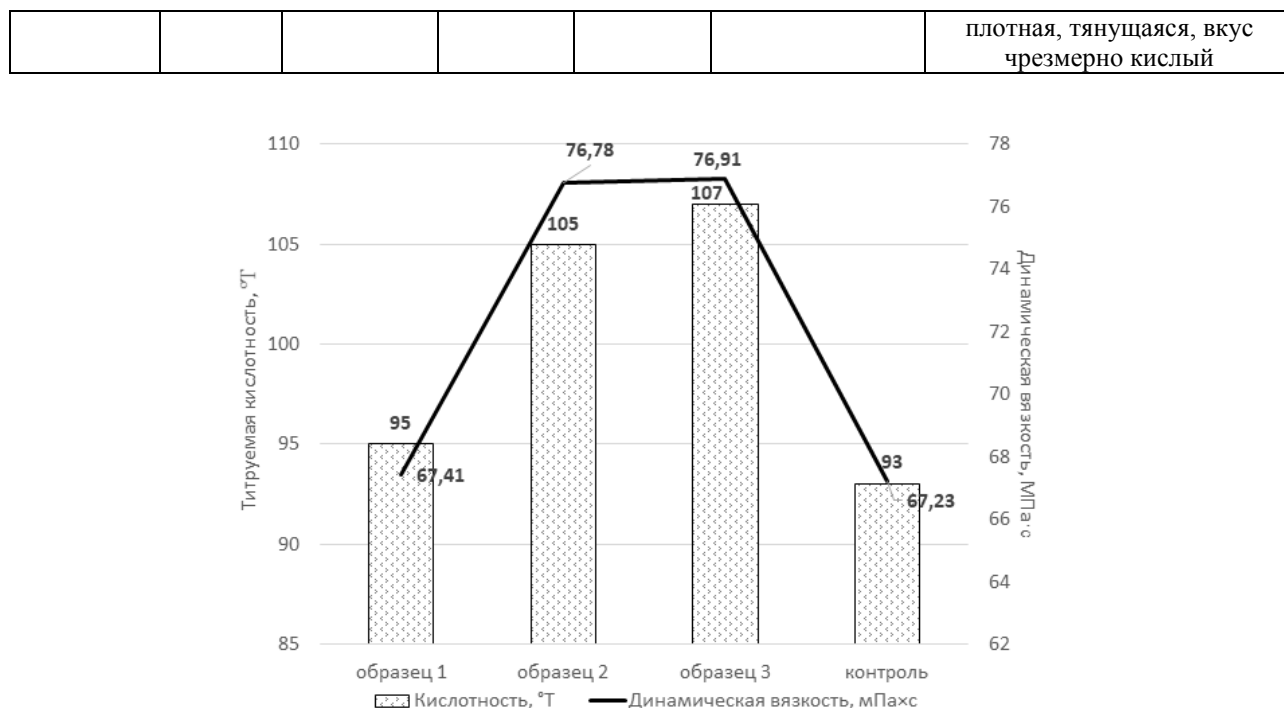


Рисунок 1. Зависимость титруемой кислотности и динамической вязкости образцов йогурта от дозы вносимых функциональных компонентов: витамина С и рутина

В свете реализации принципов здорового питания активного развития требует производство биологически полноценных продуктов с функциональными свойствами. Одной из проблем человечества стало потребление сахарозы, увеличившееся вдвое за последние полвека, что привело к стремительно возросшему количеству случаев развития у людей коронарных сердечных заболеваний, ожирения и сахарного диабета.

Эта проблема затронула все слои населения, независимо от социальной и профессиональной принадлежности, возраста, образу жизни, места проживания и пола. Диабет – это хроническая болезнь, развивающаяся в тех случаях, когда поджелудочная железа не вырабатывает достаточно инсулина, или, когда организм не может эффективно использовать вырабатываемый им инсулин. Диетотерапия является одним из главных методов лечения при любом типе заболевания. Первоочередная ее цель – снижение гипергликемии и сохранение уровня сахара в нужных границах. Для этих целей при производстве продуктов питания применяются заменители сахара – низкокалорийные подслащивающие вещества растительного происхождения, к которым относится, например, стевиозид, изомальт, сироп топинамбура и др.

Таким образом, в рамках реализации стратегии обеспечения населения продуктами питания, оказывающими благоприятное воздействие на здоровье человека, а также учитывая мировую проблему избыточного потребления сахара, особую актуальность приобретает разработка продуктов питания, в том числе питьевых йогуртов, на основе натуральных сахарозаменителей.

При проведении эксперимента использовали молоко, пастеризованное с массовой долей жира 2,5 %. Для сквашивания вносили йогуртовую закваску (5 %), в качестве функционального компонента – витамин С и рутин в количестве 50:50 мг.

В качестве подслащивающих веществ использовали смесь инулина, эритрита и сукралозы в количестве от 2 до 5 % от объема продукта. В таблице 2 представлена бальная оценка образцов кисломолочных продуктов с использованием подсластителей.

Таблица 2 – Бальная органолептическая оценка образцов с использованием подсластителей

Показатель	Образец 1 – 2%	Образец 2 – 2,5%	Образец 3 – 3%	Образец 4 – 4%	Образец 5 – 5%

Цвет	5	5	5	5	5
Вкус	2	3	5	2	2
Запах	5	5	5	5	5
Консистенция	5	5	5	5	5
Послевкусие	2	3	5	3	2

По данным таблицы был построен вкусовой профиль образцов (рисунок 2).

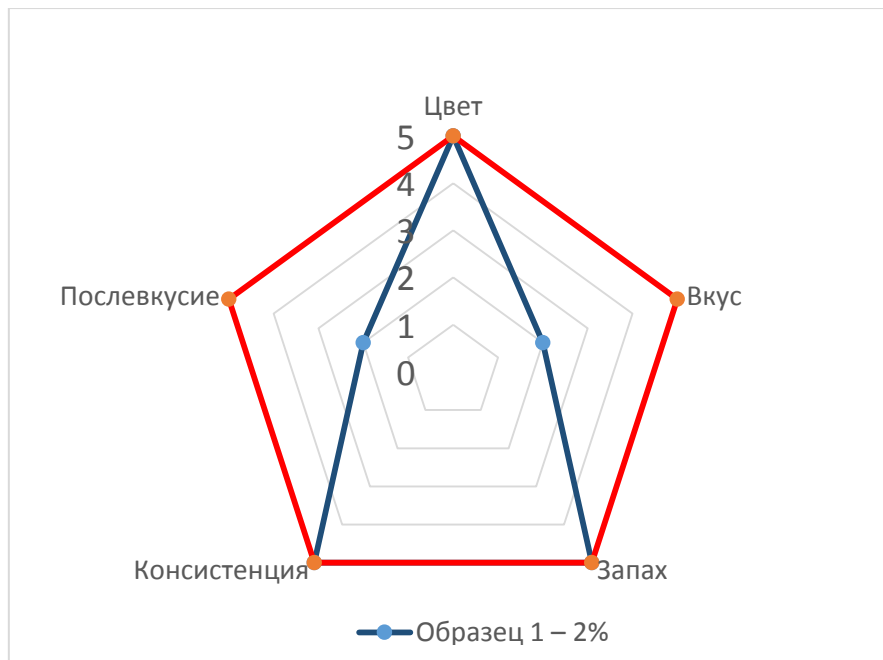


Рисунок 2– Вкусовой профиль образцов

По полученным данным следует, что внесение смеси подсластителей более чем 3 % делает продукт чрезмерно сладким, а снижение дозы – наоборот не дает нужной сладости. Свой выбор остановили на образце с 3 % подсластителя. Вносимые вкусовые компоненты не оказывает значительного влияния на физико-химические показатели продукта. Процесс сквашивания проходит быстро, кислотность достигает оптимума за 4 часа, образуется хороший сгусток.

Увеличение потребления йогурта объясняется как растущей популярностью фруктовых и/или ароматизированных йогуртов. В настоящее время существует множество ингредиентов, применяемых в технологии йогурта, изменяющих вкус, цвет и текстуру, например, фруктовые наполнители, натуральные и/или искусственные ароматизаторы и красители.

Фруктовых вкусов, постоянно пользующихся большим спросом много. Одним из самых популярных является вкус клубники, банана, цитрусовых, ягодных, так же в последнее время набирают популярность необычные вкусы типа карамельного или орехового.

С целью оптимизации органолептических характеристик кисломолочного продукта, на следующем тапе проводили исследование влияния вкусо-ароматических наполнителей на показатели йогурта с витамином С и рутином.

Для исследования использовали молоко, пастеризованное с массовой долей жира 2,5 %. Для сквашивания вносили йогуртовую закваску (5 %), в качестве функционального компонента – витамин С и рутин в количестве 50:50 мг и 3 % смеси подсластителей.

Для оптимизации рецептуры йогурта использовали вкусо-ароматические наполнители «Апельсин», «Карамель» и «Банан» в количестве 0,3 % от объема продукта.

Результаты эксперимента с использованием вкусо-ароматических наполнителей приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика йогуртов с применением вкусо-ароматических наполнителей

Показатель	Образцы, с подсластителями		
	Образец 1 «Апельсин»	Образец 2– «Карамель»	Образец 3 «Банан»
Цвет	Светло-оранжевый	Кремовый	Светло-желтый
Вкус	Цитрусовый, яркий,	Сладкий, не выраженный	Банановый
Запах	Цитрусовый	Не выраженный	Банановый
Консистенция	Однородная, в меру вязкая	Однородная, в меру вязкая	Однородная, в меру вязкая
Послевкусие	Цитрусовое	Приторное	Легкий привкус банана

В таблице 4 представлена бальная оценка образцов с использованием вкусо-ароматических наполнителей.

Таблица 4 – Бальная органолептическая оценка образцов с использованием вкусо-ароматических наполнителей

Показатель	Образец 1 «Апельсин»	Образец 2– «Карамель»	Образец 3 «Банан»
Цвет	4	3	5
Вкус	3	3	5
Запах	5	5	5
Консистенция	4	4	5
Послевкусие	4	4	5

По данным таблицы был построен органолептический профиль образцов (рисунок 3).

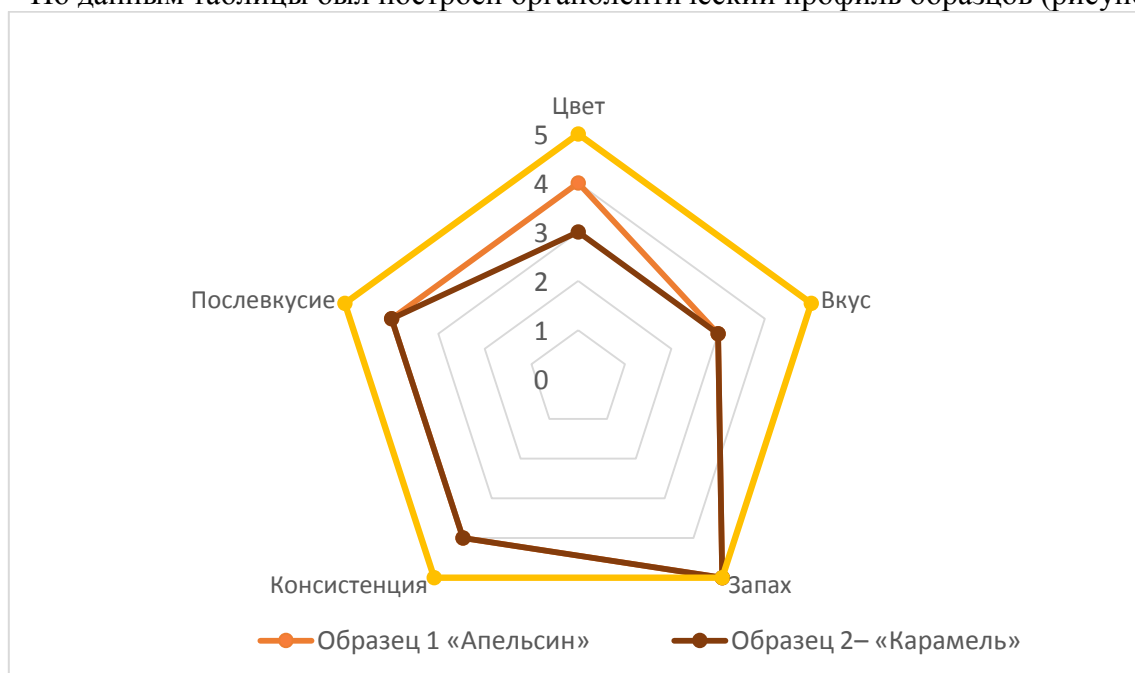


Рисунок 3 – Органолептическая оценка образцов йогурта со вкусо-ароматическими наполнителями

Добавить???? из диаграммы видно

Заключение

В ходе исследования было установлено, что во всех образцах с кислотообразование происходило активно, продукт сквашился за 4 часа, с образованием сгустка. По данным органолептической оценки образец с наполнителем «Банан» получил лучшие баллы. Вкус

образца был мягким, в меру сладким, не оставлял неприятного послевкуся и хорошо сочетался с кисломолочным вкусом самого йогурта.

В результате всех проведенных экспериментов для создания трехслойного молочного десерта был выбран образец йогурта с внесением 5 % закваски, функциональным наполнителем в количестве витамин С и рутин 50:50. Для улучшения органолептических свойств и дальнейшего сочетания в десерте были выбраны смесь подсластителей в количестве 3 % и вкусо-ароматический наполнитель «Банан» – 0,3 %.

Список источников

1. Артюхова, С. И. Биотехнология производства сливочного биодесерта для функционального питания/ Артюхова С. И., Закирова Д. Р.// Международный журнал экспериментального образования. – 2017 – № 5 – С. 29–29.
2. Душелюбова, А. В. Разработка функционального йогурта «Айвенго» / А. В. Душелюбова, О. П. Серова, И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина. – Молодой ученый. – 2016. – № 18, – С. Т.1. 80 – 84.
3. Кудрявцева, Т.А. Кисломолочный продукт, обогащенный магнием // Т.А. Кудрявцева, - Молочная промышленность. - 2012. - № 2. - С. 65-66.
4. Мартинчик, А.Н. Фактическое потребление населением России витаминов-антиоксидантов / А.Н. Мартинчик, А.К. Батурич, Э.А. Мартинчик, Е.В. Пескова, М.И. Старовойтов // Вопросы питания, 2005, №4, с.9-13.
5. Патент «Способ получения йогурта, обогащенного витамином Е» № RU 2626529C1 Авторы: Кролевец Александр Александрович (RU) Патентообладатели: Кролевец Александр Александрович Опубликовано: 2017.07.28
6. Патент «Способ производства кисломолочного напитка с антиоксидантными свойствами» № RU2805556C1. Авторы: Фаткуллин Р. И., Науменко Н. В., Калинина И. В., Екатерина Е. Н. Патентообладатели: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» ФGAOU VO «ЮУрГУ (НИУ)». Опубликовано: 19.10.2023
7. Пилат, Т.А. Биологически активные добавки к пище (теория, производство, применение) / Т.А. Пилат, А.А. Иванов. - М.: Аввалон, 2002. -710 с.
8. Поздняковский, В.М. Гигиенические основы питания, качества и безопасность пищевых продуктов/ В.М. Поздняковский. - 5-е изд. испр. и доп. - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. - 455 с.
9. Покровский В.И., Романенко Г.А., Княжев В.А. и др./ Политика здорового питания/ Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2002. - 344с.
10. Тамим, А.Й. Йогурт и аналогичные кисломолочные продукты: научные основы и технологии: Пер. с англ. под науч. ред. Л.А. Забодаловой. / А.Й Тамим, Р.К. Робинсон – Санкт-Петербург: Профссия. – 2003. – 664 с.

References

1. Artyukhova, S. I. Biotechnology of production of creamy biodessert for functional nutrition/ Artyukhova S. I., Zakirova D. R.// International journal of experimental education. - 2017 - No. 5 - pp. 29-29.
2. Dushelyubova, A. V. Development of functional yogurt "Ivanhoe" / A. V. Dushelyubova, O. P. Serova, I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina. - Young scientist. - 2016. - No. 18, - P. T. 1. 80 - 84.
3. Kudryavtseva, T. A. Fermented milk product enriched with magnesium // T. A. Kudryavtseva, - Dairy industry. - 2012. - No. 2. - pp. 65-66.
4. Martinchik, A.N. Actual consumption of antioxidant vitamins by the Russian population / A.N. Martinchik, A.K. Baturin, E.A. Martinchik, E.V. Peskova, M.J. Starovoytov // Nutrition Issues, 2005, No. 4, pp. 9-13.
5. Patent "Method for producing yogurt enriched with vitamin E" No. RU 2626529C1 Authors: Krolevets Alexander Alexandrovich (RU) Patent Holders: Krolevets Alexander Alexandrovich Published: 2017.07.28
6. Patent "Method for producing a fermented milk drink with antioxidant properties" No. RU2805556C1. Authors: Fatkullin R. I., Naumenko N. V., Kalinina I. V., Ekaterina E. N. Patent Holders: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "South Ural State University (National Research University)" FGAOU VO "SUSU (NRU)". Published: 19.10.2023
7. Pilat, T. A. Biologically active food supplements (theory, production, application) / T. A. Pilat, A. A. Ivanov. - Moscow: Avvalon, 2002.-710 p.

8. Pozdnyakovsky, V. M. Hygienic foundations of nutrition, quality and safety of food products / V. M. Pozdnyakovsky. - 5th ed. corr. and add. - Novosibirsk: Siberian University Press, 2007.- 455 p.

9. Pokrovsky V.I., Romanenko G.A., Knyazhev V.A., et al. / Healthy Nutrition Policy / Novosibirsk: Siberian University Publishing House, 2002. - 344 p.

10. Tamim, A.I., Yogurt and Similar Fermented Milk Products: Scientific Foundations and Technologies: Trans. from English. edited by L.A. Zabodalova. / A.I. Tamim, R.K. Robinson - St. Petersburg: Profsiya. - 2003. - 664 p.

Информация об авторах

Голик Тамара Николаевна – аспирант кафедры прикладной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова, Северо-Кавказский федеральный университет, +79620058602, t.bakholdina@yandex.ru.

Абакумова Елена Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова, Северо-Кавказский федеральный университет, +79283275807, abacum0ffa@yandex.ru.

Лодыгин Алексей Дмитриевич – 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, +79288263918, allodygin@yandex.ru

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

Information about the authors

Tamara N. Golik – PhD student of applied biotechnology department, Faculty of Food Engineering and Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov North-Caucasus Federal University, +79620058602, t.bakholdina@yandex.ru.

Elena A. Abakumova – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of Applied Biotechnology, Faculty of Food Engineering and Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov North-Caucasus Federal University, +79283275807, abacum0ffa@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.

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

[Научная статья]
УДК 664.3<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.8>**Биотехнология использования биологически активных добавок
для профилактики сахарного диабета****Владимир Всеволодович Садовой^{1*}, Татьяна Викторовна Щедрина², Алла Смалиевна
Хамицаева³, Ирина Александровна Трубина⁴, Тимур Шамильевич Шалтумаев², Лимарева
Наталья Сергеевна²**¹ Белгородский университет кооперации, экономики и права, Ставропольский институт кооперации(филиал)
(д. 36, ул. Голенева, Ставрополь, 355008, Россия)vsadovoy@yandex.ru: <https://orcid.org/0000-0002-0182-9318>² Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорский институт (филиал) (д. 56, пр. 40 лет Октября,
Пятигорск, 357500, Россия) tany1812@yandex.ru: <https://orcid.org/0000-0001-5201-7961>³ Горский государственный аграрный университет (д. 37, ул. Кирова, Владикавказ, 362040, Россия)allahamicaeva@mail.ru: <https://orcid.org/0000-0002-3894-9620>⁴ Ставропольского государственного аграрного университета (д. 12, пер. Зоотехнический, Ставрополь, 355017,
Россия) stgau.75@mail.ru: <https://orcid.org/0009-0003-8644-1404>*Автор, ответственный за переписку **Владимир Всеволодович Садовой** vsadovoy@yandex.ru

Аннотация. По данным Международной федерации диабета, 537 миллионов взрослого населения страдают диабетом, что составляет около 10% этой возрастной группы. К 2030 году число страдающих сахарным диабетом может вырасти до 643 миллионов. Диабет 2 типа связан с инсулинорезистентностью клеток, что приводит к гипергликемии. Инсулин транспортируется в клетки через инсулиновый рецептор с участием тирозинкиназы. Некоторые нутриенты, включая лецитин, витамин В₁ и витамин РР, снижают инсулинорезистентность у людей с ожирением и диабетом 2 типа. На основании анализа меню диабетиков, используемого в лечебно-профилактических учреждениях, установлен дефицит в питании лецитина, витаминов В₁ и РР. Методом компьютерной химии установлено, что инсулиновый рецептор, глюкоза, инсулин и лецитин акцепторы электронов. Молекулярным докингом доказано, что не только инсулин и инсулиново-глюкозный комплекс, но и лецитин существенно активизирует инсулиновый рецептор и способствует проникновению глюкозы через клеточную оболочку. С помощью ланжевенновской динамики обосновано использование недостающих в питании биологически активных витаминов (В₁ и РР) и лецитина в продуктах, предварительно прошедших тепловую обработку. На модельном лабораторном образце вареной колбасы показана возможность использования витаминов В₁ и РР, и лецитина в рецептурах продуктов питания, подвергающихся термической обработки.

Ключевые слова: биологически активные добавки, сахарный диабет, лецитин, приложение NureChem, витамин В₁, витамин РР, молекулярный докинг, инсулиновый рецептор, инсулин, глюкоза.

Для цитирования: Садовой В.В., Щедрина Т.В., Хамицаева А.С., Трубина И.А., Шалтумаев Т.Ш., Лимарева Н.С. Биотехнология использования биологически активных добавок для профилактики сахарного диабета // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С.108-116. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.8>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 14.01.2026;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;

принята к публикации 01.03.2026.

[Research article]

Biotechnology of using biologically active supplements for the prevention of diabetes mellitus

Vladimir V. Sadovoy^{1*}, Tatiana V. Shchedrina², Alla S. Khamitsaeva³, Irina Al. Trubina⁴, Timur Sh. Shaltumaeva², Limareva Natalia Sergeevna²

¹ Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Stavropol Institute of Cooperation (branch) (36 Goleneva Street, Stavropol, 355008, Russia) vsadovoy@yandex.ru: <https://orcid.org/0000-0002-0182-9318>

² North Caucasus Federal University, Pyatigorsk Institute (branch) (56, 40 Let Oktyabrya Avenue, Pyatigorsk, 357500, Russia) tany1812@yandex.ru: <https://orcid.org/0000-0001-5201-7961>

³ Gorsky State Agrarian University (37 Kirova Street, Vladikavkaz, 362040, Russia) allahamicaeva@mail.ru: <https://orcid.org/0000-0002-3894-9620> ⁴ Stavropol State Agrarian University (12 Per. Zootechnical, Stavropol, 355017, Russia) stgau.75@mail.ru: <https://orcid.org/0009-0003-8644-1404>

*Corresponding author Vladimir V. Sadovoy, edwardyanukyan@mail.ru

Abstract. According to the International Diabetes Federation, 537 million adults have diabetes, which is about 10% of this age group. By 2030, the number of people with diabetes could increase to 643 million. Type 2 diabetes is associated with insulin resistance in cells, which leads to hyperglycemia. Insulin is transported into cells through the insulin receptor, which involves tyrosine kinase. Some nutrients, including lecithin, vitamin B1, and vitamin PP, reduce insulin resistance in people with obesity and type 2 diabetes. Based on an analysis of the diabetic menu used in medical and preventive institutions, a deficiency of lecithin, vitamins B1, and PP in the diet was established. Using computational chemistry, it was determined that the insulin receptor, glucose, insulin, and lecithin are electron acceptors. Molecular docking has proven that not only insulin and the insulin-glucose complex, but also lecithin, significantly activate the insulin receptor and promote the penetration of glucose through the cell membrane.

Key words: dietary supplements, diabetes mellitus, lecithin, HyperChem application, vitamin B1, vitamin PP, molecular docking, insulin receptor, insulin, glucose

© Садовой В.В., Щедрина Т.В., Хамицаева А.С., Трубина И.А., Шалтумаев Т.Ш., Лимарева Н.С., 2026

For citation: Sadovoy V.V., Shchedrina T.V., Khamitsaeva A.S., Trubina I.A., Shaltumaev T.Sh., Limareva N.S. Biotechnology of using biologically active supplements for diabetes prevention. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):108-116. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.8>

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

The article was submitted 14.01.2026;

approved after reviewing 01.02.2026;

accepted for publication 01.03.2026.

Введение. Сведения Международной федерации диабета (IDF) свидетельствуют, что в возрасте 20 до 79 лет этим заболеванием в мире болеют 537 миллионов (этой возрастной категории около 10%). Согласно прогнозам, IDF количество диабетиков в 2030 году увеличится до 643 миллионов. Диабет типа 2 характеризуется достаточной выработкой инсулина поджелудочной железой, однако клетки организма не способны перерабатывать этот гормон в надлежащем объеме [1]. Сахарный диабет 1 и 2 типов характеризуется нарушенным обменом веществ, что способствует увеличению концентрации глюкозы в крови.

Транспортировка вырабатываемого поджелудочной железой инсулина в клетку для осуществления синтеза гликогена происходит через инсулиновый рецептор тирозинкиназой [2]. Некоторые биологически активных компоненты способствуют повышению способности организма усваивать клетками инсулин. Имеются данные, что такие эссенциальные

компоненты, кал лецитин, витамины В₁ и РР оказывают профилактическое действие для граждан, страдающих ожирением и сахарным диабетом 2 типа [3, 4].

Особая роль в снижении инсулиновых потребностей у диабетиков отводится биологически активной добавке (БАД) лецитину. Кроме того, при диабете и регулярном употреблении он способен предохранять печень от жирового перерождения. Лецитин обнаружен в составе клеточных мембранных стенок, он проявляет высокие эмульгирующие свойства, является переносчиком и растворителем холестерина, хорошо восстанавливает клетки печени и легких, стабилизирует желчевыделение, принимает участие в функциональной деятельности мозга [5]. Организм человека синтезирует только ¼ часть от требуемой суточной нормы лецитина, недостаток этого биологически активного компонента составляет как минимум 5 – 6 г в сутки [6]. Внутренние органы человеческого организма ввиду недополученного необходимого количества лецитина изнашиваются.

Цель. Исследование наиболее эффективных способов профилактики и лечения диабета с использованием в рационе питания рецептуры продуктов, обогащённых БАДами. Исследовать варианты использования лецитина в питании при включении его в рецептуры мясных изделий. В исследовании учесть, что мясопродукты подвергаются тепловой обработке (до 72°C в центре продукта). Исследование механизма действия исследуемых биологически активных добавок, оценка их эффективности, так как до конца данный механизм не изучен, целесообразность проведения исследования с использованием компьютерной химии и разработка рекомендаций по использованию в питании изучаемых БАДов.

Целью представленных исследований являлось практическое и теоретическое обоснование использования в рецептурных композициях профилактических пищевых продуктов дефицитных биологически активных добавок (витаминов В₁, РР и лецитина,) и выполнить оценку антидиабетических свойств мясопродуктов после тепловой обработки.

Материалы и методы исследований. С помощью метода с использованием компьютерной химии, моделирования метода компьютерного докинга для достижения указанной цели предусмотрено решение следующих задач:

- осуществить анализ использования эссенциальных компонентов в суточном рационе питания для лиц с сахарным диабетом;
- изучить основные квантово-химические характеристики инсулина, инсулинового рецептора, лецитина, глюкозы и витаминов В₁ и РР;
- используя молекулярный докинг исследовать механизм взаимодействия инсулина с инсулиновым рецептором и лецитином;
- выполнить моделирование и определить молекулярные свойства при тепловой обработке витаминов В₁, РР и лецитина;
- на модельных образцах вареной колбасы «Диабетической» исследовать изменения количественного содержания используемых БАДов после тепловой обработки в готовом изделии.

В качестве объектов исследований были использованы витамин В₁ (производитель АО «Химфарм»), витамин РР (ГОСТ 8736-85), лецитин (фирма производитель ООО «ЮВИКС ФАРМ»), жилованное мясное сырье (Продукция мясной промышленности ГОСТ 33102-2014).

Витамины (В₁ и РР) количественно определяли по ГОСТ Р 55482-2013 [7]. Содержание лецитина в модельных образцах мясопродуктов контролировали до и после термической обработки по ГОСТ 32052-2013 [8]. Изготовление модельных колбасных изделий («Диабетической» высшего сорта вели по ТИ ГОСТ 23670-2019.

Для оценки достоверности полученных результатов и прогнозирования системы с целью оптимизации использовали приложения Statistic Neural Networks v. 4 и Statistica v.12 b. Изучение структур и свойств БАДов и анализ процесса тепловой обработки вели в пакете Nupur Chem v. 8.01. Для моделирования межмолекулярного взаимодействия был использован пакет AutoDock. Для изучения геометрически оптимизированных структур молекул инсулина

и инсулинового рецептора использовали информационный ресурс Protein Data Bank банк (PDB) из сети интернет [10, 11].

Результаты исследований и их обсуждение. Выполнен анализ компонентного состава суточного рациона питания для лиц с сахарным диабетом [9], в результате выявлен недостаток в употреблении витамина В₁ в количестве 0,42 – 0,55 и РР 4,46 – 5,26 мг/сут, нехватка лецитина составляет 4 – 5 г/сут. Согласно норме потребления животного белка и учета недостатка, в дефицитных БАДов, разрабатываемая рецептурная композиция должна содержать на 100 г продукта лецитина 2 – 2.5 г, витаминов В₁ 0,21 – 0, 28, РР 1,73 – 2,13 мг.

Для обоснования эффективности использования в питании профилактических БАДов целесообразно на молекулярном уровне изучить изменение молекулярных характеристик (в том числе энергетического состояния комплексных соединений) инсулинового рецептора и инсулина в присутствии фосфотидилхолина. Проведем анализ молекулярных свойств и других квантово-химических показателей инсулинового рецептора совместно с инсулином, а также инсулином, лецитином и глюкозой. На начальном этапе исследований целесообразно методами молекулярной механики оценить основные квантово-механические показатели исследуемы молекулярных структур.

Поскольку основным компонентом лецитина является фосфолипид фосфотидилхолин, то и основные молекулярные свойств определяем, анализируя эту структуру [12]. Определение основных параметров молекулярных свойств проводилось после геометрической оптимизации структуры с помощью блока молекулярной механики. На базе Оптимизированных структур с учетом минимизации потенциальной энергии системы составлены поверхности электростатического потенциала (ЭСП) молекул инсулина, инсулинового рецептора, фосфотидилхолина и глюкозы полученные результаты приведены на рис. 1.

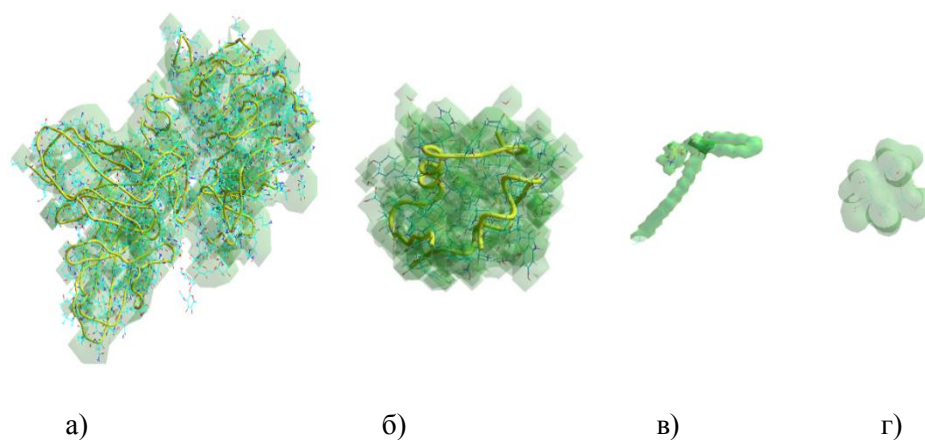


Рисунок 1. Распределение электростатического потенциала на поверхности молекул инсулинового рецептора (а), инсулина (б), фосфотидилхолин, (в) и глюкозы (г) «Составлено авторами»

Известно, что поверхность ЭСП можно охарактеризовать как индекс молекулярной реакционной способности, положительно и отрицательно заряженные области характеризуют электрофильные (ЭФА) и нуклеофильные (НФА) направления атак. Следует иметь ввиду, что направление (ЭФА и НФА) на ЭСП поверхности не всегда совпадает со значением величины зарядов атомов. В то же время считают, показатели поверхности ЭСП более информативны, чем поверхность распределения заряда при оценке химических реакций.

Используя компьютерную химию (приложение HyperChem) после выполнения процедуры геометрической оптимизации определены методами квантовой механики характеристики молекул, участвующих в метаболизме инсулина соединений (таб. 1).

Таблица 1. Молекулярные характеристики инсулина, глюкозы, инсулинового рецептора и фосфотидилхолина

Показатели	Инсулин	Глюкоза	Инсулиновый рецептор	Фосфотидилхолин
Потенциальная энергия, ккал/моль	-470,5	10,7	-3301,1	24,8
Дипольный момент, Дебай	31,7	2,4	64,3	0,0
Среднеквадратичный (RMS) градиент, ккал/(Å×моль)	0,089	0,047	0,137	0,049

Количественное значение потенциальной энергии молекулярной системы характеризует удерживание в упаковке компонентов структуры, зависит от положения атомов и их зарядов. Чем меньше величина потенциальной энергии системы, тем стабильнее упаковка структуры. Значения потенциальной энергии фосфотидилхолина и глюкозы (24,8 и 10,7 ккал/моль соответственно) обусловлено менее стабильной структурой этих молекул.

Для систем электронейтральных дипольный момент представляет собой вектор из центра тяжести отрицательного заряда в центр тяжести положительного. Наиболее сбалансированным по величине дипольного момента является фосфотидилхолин ($D = 0$ Дебай).

Среднеквадратичный градиент позволяет оценить энергетические характеристики молекулы на величину в 1Å, его используют для определения эффективности оптимизации геометрии структур. Невысокий показатель RMS градиента для изучаемых молекул (табл. 1) свидетельствует о корректно выполненной процедуре оптимизации геометрии.

Для оценки механизма взаимодействия инсулина с инсулиновым рецептором и влияния на энергетические характеристики комплексных соединений фосфотидилхолина и глюкозы использовано приложение молекулярного докинга (рис. 2) – метода компьютерной химии, позволяющего определить выгодную по отношению друг к другу ориентацию молекул и оценить потенциальную энергию комплексных соединений.

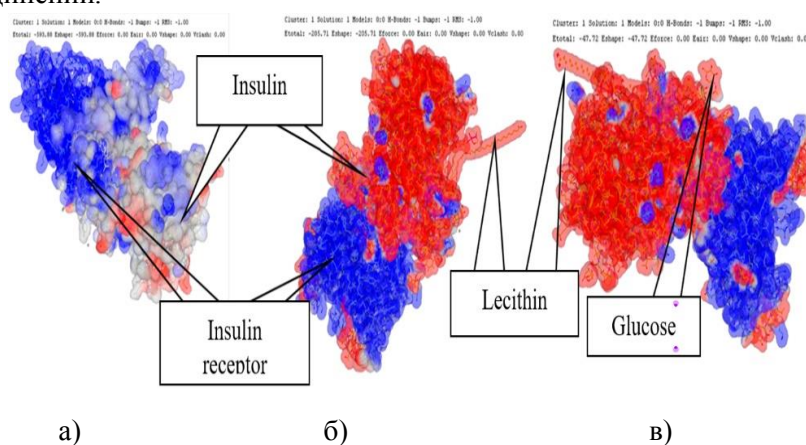


Рисунок 2. Моделирование методом компьютерного докинга взаимодействия инсулина и инсулинового рецептора (а); инсулина, инсулинового рецептора и фосфотидилхолина (б); инсулина, инсулинового рецептора и фосфотидилхолина инсулина, инсулинового рецептора, фосфотидилхолина и глюкозы (в) * «Составлено авторами»

На рис. 2 синим цветом обозначен положительный электростатический потенциал, красным – отрицательный.

Установленный недостаток в суточном рационе питания лецитина, витаминов РР и В₁ может быть компенсирован за счет использования этих эссенциальных ингредиентов в рецептурах пищевых продуктов. Одно из направлений – включение исследуемых БАДов в рецептуры мясопродуктов. Оценку изменения количества БАДов в процессе термической обработки осуществляли с использованием броуновской динамики в модуле компьютерной программы Periodic boundary conditions. Моделирование процесса температурной обработки

вели с учетом стабилизации потенциальной энергии системы, которая остается постоянной в заданном промежутке времени.

В ячейке периодичности с помощью ланжевеновской динамики изучено изменение энергетических характеристик фосфотидилхолина, витаминов В₁ и РР при температуре 72°C (температура в центре продукт характеризующая кулинарную готовность мясных изделий).

Результаты исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2. Исследование потенциальной энергии фосфотидилхолина, витаминов В₁ и РР в процессе тепловой обработки

Исследуемые БАДы	Ккал/моль	
	Потенциальная энергия при тепловой обработке до 72°C	Энергия активации
Фосфотидилхолин	425	432
Витамин В ₁	22	324
Витамин РР	19	18

Полученные результаты (табл. 2) свидетельствуют о хорошей устойчивости изучаемых молекулярных структур (фосфотидилхолина и витамина В₁) при используемых технологических режимах, поскольку энергия активации выше потенциальной энергии при тепловой обработке (для фосфотидилхолина – 432 > 425; для витамина В₁ – 324 > 22 ккал/моль). Для витамина РР эти показатели отличаются незначительно.

В химический состав мясных изделий включены различные ингредиенты (белки, липиды, минеральные вещества и др.), в связи с этим целесообразно изучить изменения количественного содержания этих добавок по окончании процесса технологической обработки (в готовом продукте).

Выполним экспериментальную оценку количественного изменения содержания дефицитных БАДов после технологической обработки в готовом изделии – колбасе вареной «Диабетической» в/с (табл. 3).

Таблица 3. Динамика изменения количественного содержания дефицитных БАДов в колбасе вареной «Диабетической» $q \leq 0,05$

Объект исследований	Лецитин, %	Витамин В ₁ , мг/%	Витамин РР, мг/%
Фарш	2,5	0,28	2,10
Готовый продукт	2,6	0,30	1,95

Полученные результаты (табл. 3) свидетельствуют о незначительных количественных изменениях всех биологически активных добавок. Наиболее сильно изменилось содержание витамина РР (с 2,10 до 1,85 мг/%), что вполне обосновано ввиду нестойкости этого соединения.

Таким образом по результатам проведенных исследований и выполненного визуального анализа поверхностей электростатического потенциала инсулина, инсулинового рецептора, фосфотидилхолина и глюкозы можно сделать вывод, что все эти химические ингредиенты являются акцепторами электронов (рис. 1).

При визуальном анализе результатов стыковки методом молекулярного докинга инсулина и инсулинового рецептора (рис. 2а) отмечено изменение цвета поверхности молекул и снижение электростатического потенциала инсулина. Потенциальная энергия комплексного соединения увеличивается с -3771,6 (изначальная сумма потенциальной энергии двух молекул) до -593,0 ккал (табл. 1). Увеличение потенциальной энергии системы является показателем повышения реакционной способности комплекса.

Добавление к инсулиново-рецепторному комплексу фосфотидилхолина (рис. 2б) способствует росту активности системы, поскольку потенциальная увеличивается еще на 387,3 ккал (-593,0+205,7).

Включение в органический комплекс глюкозы (несмотря на то, что глюкоза проникает в клетку через транспортер GLUT 4) также приводит к активации матрикса (рис. 2в) потенциальная энергия системы увеличивается до -47,7 ккал. Следовательно, все рассматриваемые химические ингредиенты не способствуют образованию комплексных соединений с низкой активностью, что, по всей вероятности, приводит к активации инсулинового рецептора, транспортирующего инсулин в живую клетку.

Следует также отметить, что не один из рассматриваемых химических ингредиентов не выталкивается за пределы сайта молекулярной структуры. По материалам проведенных исследований можно констатировать существенную роль фосфотидилхолина в изменении энергетических характеристик инсулинового рецептора.

Моделирование в броуновской динамике термической обработки исследуемых БАДов (табл. 2) выявило, более высокие значения энергии активации молекул витамина В₁ и фосфотидилхолина (324 и 432 ккал/моль) по сравнению со значениями потенциальной энергии этих молекул во время термической обработки (22 и 425 ккал/моль соответственно), что характеризует устойчивость этих молекул к температурному воздействию. Установлено, что структура витамина РР менее устойчива, поскольку при термической обработке потенциальная энергия молекулы (19 ккал/моль) выше, но незначительно, энергии активации (18 ккал/моль), что может способствовать снижению количественного содержания витамина РР в готовом продукте.

Результаты исследований на модельных образцах колбасы «Диабетической» показали снижение в готовом продукте количества витамина РР с 2,10 до 1,95 мг/%, однако известно, что этот витамин при термической обработке не образует токсичных соединений, поэтому недостаток в готовом продукте может быть компенсирован за счет увеличения количества этой добавки в основной рецептуре продукта. Небольшое увеличение содержания лецитина и витамина В₁ может быть обусловлено потерей влаги продукта в процессе технологического изготовления продукта.

Заключение. В данной статье представлено исследование наиболее эффективных способов профилактики и лечения диабета с использованием для организации питания продуктов, обогащённых БАДами. Целью исследования были варианты использования лецитина при включении его в рецептуры мясных изделий В основу анализа положено исследование механизма действия исследуемых биологически активных добавок, оценка их эффективности с использованием компьютерной химии, разработка рекомендаций для использования в питании изучаемых БАДов

В рамках этого подхода стало практическое и теоретическое обоснование использования в рецептурных композициях профилактических пищевых продуктов дефицитных биологически активных добавок (витаминов В₁, РР и лецитина), выполнена оценка антидиабетических свойств мясопродуктов после тепловой обработки. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего развития теоретических моделей и экспериментальных исследований в области рецептурных композиций для профилактических пищевых продуктов. Исследование и анализ структуры питания диабетиков выявил недостаток в дефицитных эссенциальных химических соединениях таких, как витамины В₁, РР и лецитин. С учетом норм потребления мясопродуктов рассчитано требуемое количество внесения в состав рецептуры витамина РР 1,73 – 2,13 мг, витамина В₁ 0,21 – 0,28 мг, лецитина 2 – 2,5 г на 100 г основного сырья.

С использованием компьютерной химии после геометрической оптимизации изучены молекулярные свойства инсулина, инсулинового рецептора, фосфотидилхолина и глюкозы. Молекулярным докинггом выполнен анализ возможности образования комплексных соединений инсулинового рецептора с инсулином, фосфотидилхолином и глюкозой. Установлено, что фосфотидилхолин играет существенную роль в активации инсулинового рецептора, потенциальная энергия комплекса повышается на 387,3 ккал.

В модуле броуновской динамики (в ячейке периодичности) исследовано количественное изменение В₁, РР и фосфотидилхолина в процессе термической обработки до 72°C (с учетом использования в качестве добавки при производстве мясопродуктов). Проведены лабораторные экспериментальные исследования оценки целостности использованных дефицитных БАДов в модельной рецептуре колбасы «Диабетической» в/с. В результате подтверждена целесообразность использования витаминов В₁, РР и лецитина в качестве добавки при производстве мясопродуктов.

Список источников

1. https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.5c2d1c28-633d5fc1-603a9366-74722d776562/https/worldpopulationreview.com/country-rankings/diabetes-rates-by-country Показатели заболеваемости диабетом по странам в 2022 году [Accessed 18 June 2025].
2. Ward C.W., Lawrence M.C. Ligand-induced activation of the insulin receptor: a multi-step process involving structural changes in both the ligand and the receptor. *BioEssays: journal*. 2009. April (vol. 31, no. 4). Pp. 422- 434. doi:10.1002/bies.20080021
3. Sadovoy V.V., Shchedrina T.V., Khamitsaeva A.S., Trubina I.A. 2024 The neural network development of food formulations and evaluation of the quality characteristics of finished products. *Journal Modern Science and Innovations*. 2024. № 1 (45). С. 71-79.
4. Sadovoy V.V., Shchedrina T.V., Trubina I.A., Morgunova A.V. and Franko E.P. Cooked 2021 sausage enriched with essential nutrients for the gastrointestinal diet. *Journal of Foods and Raw Materials* 9(2) 345–353
5. Ших Е.В., Петунина Н. А. 2012 Роль микронутриентов в терапии и профилактике осложнений сахарного диабета. *РМЖ (Русский медицинский журнал)*. 2012. Т. 20. №13. С. 646-649.
6. Алиев А С, Гусейнов А К, Струговщик Ю С, Алиева М У, Врубель М Е 2014 Клиническая фармакология лецитина // *Успехи современного естествознания*. 2014. 11-3. С.129-130
7. ГОСТ Р 55482-2013 Мясо и мясные продукты. Метод определения содержания водорастворимых витаминов
8. ГОСТ 32052-2013 Добавки пищевые Лецитины Е322. Общие технические условия
9. Ebina Y., Ellis L. The human insulin receptor cDNA: the structural basis for hormone-activated transmembrane signalling. *Cell : journal. - Cell Press*, 1985. April (vol. 40, no. 4). Pp. 747-758. doi:10.1016/0092-8674(85)90334-4
10. Zhu, Z., Zheng, Z., Wang, H. et al. X-ray crystallography reveals insulin lisargine structure and mechanisms of glucose regulation. *Sci Rep* 15, 32846 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-07243-8>
11. Narayana, Takeshi; Riezman, Howard (May 2018). "Understanding the diversity of membrane lipid composition". *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. 2017. 19 (5). Pp. 281-296. doi:10.1038/nrm.2017.138

References

1. https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.5c2d1c28-633d5fc1-603a9366-74722d776562/https/worldpopulationreview.com/country-rankings/diabetes-rates-by-country Diabetes incidence rates by country in 2022
2. Ward C.W., Lawrence M.C. Ligand-induced activation of the insulin receptor: a multi-step process involving structural changes in both the ligand and the receptor. *BioEssays: journal*. 2009. April (vol. 31, no. 4). Pp. 422- 434. doi:10.1002/bies.20080021
3. Sadovoy V.V., Shchedrina T.V., Khamitsaeva A.S., Trubina I.A. 2024 The neural network development of food formulations and evaluation of the quality characteristics of finished products. *Journal Modern Science and Innovations*. 2024. № 1 (45). С. 71-79.

4. Sadovoy V V, Shchedrina T V, Trubina I A, Morgunova A V and Franko E P Cooked 2021 sausage enriched with essential nutrients for the gastrointestinal diet. *Journal of Foods and Raw Materials* 9 (2) 345–353
5. Ших Е. В. Петунина Н.А. 2012 The role of micronutrients in the therapy and prevention of complications of diabetes mellitus. *BC (Russian Medical Journal)* 13 646
6. Aliyev A. S, Huseynov A. K, Strugovshchik Yu. S, Aliyeva M. U, Vrubel M. E. 2014 *Clinical Pharmacology of Lecithin//Successes of Modern Natural Science*. 2014. 11-3. 129-130
7. GOST R 55482-2013 MEAT AND MEAT PRODUCTS Method for determining the content of water-soluble vitamins
8. GOST 32052-2013 Food additives LECITHINS Ye322 General specifications
9. Ebina Y., Ellis L. The human insulin receptor cDNA: the structural basis for hormone-activated transmembrane signalling. *Cell : journal. - Cell Press*, 1985. April (vol. 40, no. 4). Pp. 747-758. doi:10.1016/0092-8674(85)90334-4
10. Zhu, Z., Zheng, Z., Wang, H. et al. X-ray crystallography reveals insulin lisargine structure and mechanisms of glucose regulation. *Sci Rep* 15, 32846 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-07243-8>
11. Harayama, Takeshi; Riezman, Howard (May 2018). "Understanding the diversity of membrane lipid composition". *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. 2017. 19 (5): 281-296. doi:10.1038/nrm.2017.138. Rosetta: rendezvous with a comet. Available from: <https://rosetta.esa.int> [Accessed 15 June 2015].

Информация об авторах

Владимир Всеволодович Садовий – доктор технических наук, профессор кафедры товароведения и технологии общественного питания, Ставропольский институт кооперации (филиал), Белгородский университет кооперации, экономики и права, +79188639013, <https://orcid.org/0000-0002-0182-9318>, vsadovoy@yandex.ru

Татьяна Викторовна Щедрина – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения, Пятигорский институт (филиал), Северо-Кавказский федеральный университет, +789283730813, <https://orcid.org/0000-0001-5201-7961>, tany1812@yandex.ru

Алла Смалиевна Хамицаева – доктор технических наук, профессор кафедры технологии продуктов питания, Горский государственный аграрный университет, +79034833663, <https://orcid.org/0000-0002-3894-9620>, allahamicaeva@mail.ru

Трубина Ирина Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры производства и переработки сельскохозяйственной продукции Ставропольского государственного аграрного университета, 355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический 12, +7-962-441-91-74, ORCID: 0009-0003-8644-1404, stgau.75@mail.ru

Шалтумаев Тимур Шамильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения, Пятигорский институт (филиал), Северо-Кавказский федеральный университет, +789283731632, tshaltumaev@ncfu.ru

Лимарева Наталья Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения, Пятигорский институт (филиал), Северо-Кавказский федеральный университет, +79187448964, nlimareva@ncfu.ru

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

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors

Vladimir V. Sadovoy – Dr. Sci. (Techn.), Professor of the Department of Commodity Science and Public Catering Technology, Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Stavropol Institute of Cooperation (branch), +79188639013, <https://orcid.org/0000-0002-0182-9318>, vsadovoy@yandex.ru

Tatiana V. Shchedrina – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of Food Technology and Commodity Science, North-Caucasus Federal University, Pyatigorsk Institute (branch), +79283730813, <https://orcid.org/0000-0001-5201-7961>, tany1812@yandex.ru

Alla S. Khamitsaeva – Dr. Sci. (Techn.), Professor of the Department of Food Technology, Gorsky State Agrarian University, +79034833663, <https://orcid.org/0000-0002-3894-9620>, allahamicaeva@mail.ru

Irina A. Trubina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production and Processing of Agricultural Products, Stavropol State Agrarian University, 355017, Stavropol Territory, Stavropol, lane. Zootechnical 12, +7-962-441-91-74, ORCID: 0009-0003-8644-1404, stgau.75@mail.ru

Timur Sh. Shaltumaev - Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of Food Technology and Commodity Science, North-Caucasus Federal University, Pyatigorsk Institute (branch), +789283731632, tshaltumaev@ncfu.ru

Natalia S. Limareva - Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of Food Technology and Commodity Science, North-Caucasus Federal University, Pyatigorsk Institute (branch), +79187448964, nlimareva@ncfu.ru

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

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

[Научная статья]

УДК 79.8; 579.083.13; 577.117.3; 579.22
<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.9>

Исследование видового состава дрожжевых грибов Восточной Антарктиды и возможности их использования для получения меланина

Екатерина Александровна Грибанова^{1*}, Владимир Петрович Курченко², Игорь Иосифович Азарко³, Владислав Евгеньевич Мямин⁴, Наталья Владимировна Дудчик⁵, Игорь Владимирович Ржепаковский⁶, Алексей Дмитриевич Лодыгин⁷

^{1, 2, 3, 4} Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

⁵ Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Беларусь

^{6, 7} Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

¹ lika-den98@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-1562-4218>

² kurchenko@tut.by; <https://orcid.org/0000-0002-4859-2389>

³ azarko@bsu.by

⁴ vladmiamin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6379-2207>

⁵ n_dudchik@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5877-9307>

⁶ irzhepakovskii@ncfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2632-8923>

⁷ allodygin@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8460-2954>

*Автор, ответственный за переписку: Екатерина Александровна Грибанова, lika-den98@mail.ru

Аннотация. В статье представлены материалы исследования видовой принадлежности дрожжевых грибов Восточной Антарктиды, проведенные на основе сравнительного анализа генетических последовательностей, кодирующих 18S рРНК и особенностей метаболизма углеводов. Анализ взаимосвязи филогенетических и физиологических параметров метаболизма пентоз, гексоз и дисахаридов позволил идентифицировать из 21 изолята дрожжей 2 штамма из отдела Ascomycota и 19 штаммов из отдела Basidiomycota. Согласно результатам анализа аскомицетные дрожжи эффективно метаболизируют весь исследуемый спектр углеводов. Для различных видов базидиомицетов характерны межродовые и внутривидовые отличия в субстратной специфичности метаболизма углеводов. В качестве вторичного метаболита у аскомицетных дрожжей *Dothiora* sp. БИМ У-383 содержится меланиновый пигмент. Выделенный меланин проявлял антиоксидантную, генопротекторную и антибактериальную активности.

Ключевые слова: идентификация, дрожжи, углеводный обмен, кластерный анализ, меланин.

Для цитирования: Грибанова Е. А., Курченко В. П., Азарко И. И., Мямин В. Е., Дудчик Н. В., Ржепаковский И. В., Лодыгин А. Д. Исследование видового состава дрожжевых грибов Восточной Антарктиды и возможности их использования для получения меланина // Современная наука и инновации. 2026. № 0. С. 118-134. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.8>

Финансирование: Работа выполнена при поддержке проекта, финансируемого БРФФИ № 20231168 («Продукция биологически активных веществ психрофильными дрожжами, выделенными из образцов почв Восточной Антарктиды»).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

Research article

A study of the species composition of yeast fungi in East Antarctica and the possibility of using them to produce melanin

Ekaterina A. Gribanova^{1*}, Vladimir P. Kurchenko², Igor I. Azarko³, Vladislav E. Myamin⁴, Natal'ya V. Dudchik⁵, Igor V. Rzhepakovsky⁶, Alexey D. Lodygin⁷

^{1, 2, 3, 4} Belarusian State University, Minsk, Belarus

⁵ Republican Unitary Enterprise, "The Scientific and Practical Center of Hygiene", Minsk, Belarus

^{6, 7} North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

¹ lika-den98@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-1562-4218>

² kurchenko@tut.by; <https://orcid.org/0000-0002-4859-2389>

³ azarko@bsu.by

⁴ vladmiamin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6379-2207>

⁵ n_dudchik@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5877-9307>

⁶ irzhepakovskii@ncfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2632-8923>

⁷ allodygin@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8460-2954>

*Corresponding author: Ekaterina Aleksandrovna Gribanova, lika-den98@mail.ru.

Abstract. This article presents data from a study of the species affiliation of yeast fungi in East Antarctica, conducted using a comparative analysis of genetic sequences encoding 18S rRNA and carbohydrate metabolism characteristics. Analysis of the relationships between phylogenetic and physiological parameters of pentose, hexose, and disaccharide metabolism enabled the identification of 21 yeast isolates, including 2 strains from the Ascomycota phylum and 19 strains from the Basidiomycota phylum. According to the analysis, ascomycetous yeasts efficiently metabolize the entire range of carbohydrates studied. Different basidiomycete species exhibit intergeneric and intraspecific differences in the substrate specificity of carbohydrate metabolism. The ascomycetous yeast *Dothiora* sp. BIM Y-383 contains the melanin pigment as a secondary metabolite. The isolated melanin exhibited antioxidant, genoprotective, and antibacterial activity.

Key words: identification, yeast, carbohydrate metabolism, cluster analysis, melanin.

© Грибанова Е. А., Курченко В. П., Азарко И. И., Мямин В. Е., Дудчик Н. В., Ржепаковский И. В., Лодыгин А. Д., 2026

For citation: Kurchenko V. P., Gribanova E. A., Azarko I. I., Myamin V. E., Dudchik N. V., Rzhepakovsky I. V., Lodygin A. D. A study of the species composition of yeast fungi in East Antarctica and the possibility of using them to produce melanin. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):118-134. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.9>

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

The article was submitted 01.12.2025;

approved after reviewing 01.02.2026;

accepted for publication 01.03.2026.

Введение. Антарктида характеризуется экстремальными климатическими условиями, при этом самая низкая зарегистрированная температура составляет минус 90 °С. Примерно 98 % континента покрыто льдом и снегом, а прибрежные летние температуры обычно колеблются от 5 °С до 35 °С [1]. Известно, что большинство форм жизни в Антарктиде обитают в этих свободных ото льда и снега областях. Географическая изоляция и экстремальные факторы окружающей среды обуславливают интерес к изучению эндемичных микроорганизмов Антарктиды [2]. Микобиота Восточной Антарктиды характеризуется разнообразием экологических адаптационных механизмов, включающим такие признаки, как наличие пигментации, мицелиально-дрожжевой диморфизм, меристематический тип роста

[3–7]. Наличие эндемичных видов подтверждает уникальность биоты континента, в то же время регистрируются случаи биполярного эндемизма, которые свидетельствуют о вероятных процессах миграции или конвергентной эволюции между полярными экологическими системами Антарктиды и Арктики [8]. Исследование микобиоты Антарктиды вносит существенный вклад в понимание механизмов выживания микроорганизмов в экстремальных климатических условиях, а также открывает перспективы для поиска уникальных продуцентов биоактивных соединений с широким потенциалом применения.

В последние годы российскими и белорусскими антарктическими экспедициями выявлено большое разнообразие микобиоты в Восточной Антарктиде, которая нуждается в таксономической идентификации [9]. Ранее для видовой идентификации дрожжевых грибов широко использовались морфологические, физиологические и биохимические признаки. В настоящее время интенсивно развивается их филогенетическая систематика, основанная на сходстве нуклеотидных последовательностей участков генов, для которых характерна высокая консервативность [10]. Такие генетические маркеры позволяют выявить филогенетическое сходство на различных таксономических уровнях. В настоящее время предложено использовать наиболее информативные консервативные маркеры с митохондриальной и хромосомной локализацией [11]. Первичную информацию о филогенетических связях дрожжевых грибов можно получить, исследуя генетическую последовательность фрагментов гена 18S рРНК. Использование расшифрованных генетических последовательностей дрожжевых грибов позволяет построить филогенетические деревья, отражающие их родство и эволюционные связи [12]. Вместе с тем молекулярно-генетические методы имеют ряд недостатков при идентификации видов дрожжевых грибов, которые могут быть восполнены при описании физиологических, морфологических, цитологических, биохимических и экологических признаков.

При исследовании изолятов дрожжевых грибов Восточной Антарктиды актуальным является использование комплексного подхода при описании молекулярно-генетических, физиологических и биохимических особенностей дрожжей. Такой многоуровневый подход позволяет осуществлять детальный анализ состава микобиоты и её потенциала для практического использования. В связи с этим проведена филогенетическая классификация изолятов дрожжей, исследована их субстратная специфичность в метаболизме углеводов, а также биосинтез меланина, который является важным фактором в адаптации к экстремальным условиям среды обитания. Исследование видовой специфичности биохимических процессов, обеспечивающих адаптацию к условиям обитания создают предпосылки практического использования дрожжевых грибов.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследований использовали 21 штамм дрожжей, выделенных из образцов мелкозема Восточной Антарктиды (станция Молодежная, полевая база Гора-Вечерняя (Земля Эндерби), горы Принс-Чарльз (Земля Мак-Робертсона)). Образцы были отобраны участниками Белорусских антарктических экспедиций в период 2012–2017 гг. По результатам идентификации культуры дрожжей были депонированы в Белорусскую коллекцию непатогенных микроорганизмов Института микробиологии НАН Беларуси. Нуклеотидные последовательности фрагментов генов 18S рРНК депонированы в базу данных Генбанк НЦБИ (GenBank: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) [9].

Источники выделения дрожжей: гиполиты, Земля Эндерби, холмы Ларсеманн: *M. parantarcticus* БИМ У-380, *M. parantarcticus* БИМ У-365, *L. fragarium* БИМ У-364, *Leucosporidium* sp. БИМ У-363; эндолиты, Земля Эндерби, холмы Ларсеманн: *Naganishia* sp. БИМ У-379, *Mycochaetophora* sp. БИМ У-382; гиполиты, Земля Эндерби, холмы Тала: *Cystobasidium* sp. БИМ У-368, *Cystobasidium* sp. БИМ У-366, *Dothiora* sp. БИМ У-383, *Solicocozyma* sp. БИМ У-373, *Rh. glutinis* БИМ У-369, *Sp. phaffii* БИМ У-378, *Sp. phaffii* БИМ У-367, *Sp. phaffii* БИМ У-374, *Sp. phaffii* БИМ У-370, *Sp. phaffii* БИМ У-371, *Sp. phaffii* БИМ У-372; вода небольшого пруда в скальной ванне, Земля Эндерби, холмы Тала, мыс возле бухты

Лазурная: *Glaciozyma* sp. БИМ У-381; гиполиты, Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз: *Rh. glutinis* БИМ У-376, *Rh. glutinis* БИМ У-375, *Leucosporidium* sp. БИМ У-377.

Исследование утилизации углеводов в полужидкой питательной среде

Исследование проводили с использованием полужидкой питательной среды Хью-Лейфсона с модификациями (пептон 2 г, NaCl 5 г, K₂HPO₄ 0,3 г, MgSO₄ 0,7 г, KH₂PO₄ 1 г, (NH₄)₂SO₄ 3 г, CaCl₂ 0,04 г, углевод 2 %, агар-агар 0,25 % на 1 литр среды) (далее среда Хью-Лейфсона). В качестве вносимого в среду углевода использовали пентозу (ксилозу), гексозы (глюкозу, галактозу, фруктозу и рамнозу), дисахариды (лактозу, мальтозу и сахарозу). Для контроля скорости их расщепления и синтеза органических кислот в питательную среду вносили кислотно-основной индикатор бромкрезоловый пурпурный в количестве 0,03 г/л (CAS 115-40-2). Этот индикатор позволяет определить границу перехода окраски от жёлтой к пурпурной в диапазоне pH от 5,2 до 6,8. Микробиологическим контролем чистоты среды и отсутствия самопроизвольного закисления среды в ходе длительного культивирования выступала полужидкая питательная среда Хью-Лейфсона без внесения микроорганизмов.

Построение тепловых карт. С использованием программного обеспечения ClustVis 2.0 (<http://biit.cs.ut.ee/clustvis/>) построены тепловые карты при помощи пакета pheatmap R (версии 0.7.7) [13]. Тепловая карта визуализирует время достижения кислотности культуральной среды до pH 5,2 при метаболизме различных пента-, гекса- и дисахаридов. В ней использовали фиолетовый цвет, отражающий отсутствие ассимиляции углеводов дрожжами за указанное время и сохранение значения кислотности культуральной среды pH 6,8. Оттенки коричневого и серого цвета отражают время, за которое дрожжи ассимилируют углеводы с образованием кислых продуктов метаболизма до значений pH 5,2. С увеличением времени необходимого для достижения показателей кислотности среды культивирования до pH 5,2 интенсивность коричневого цвета в тепловой карте уменьшается. Строки в тепловой карте представляют различные штаммы дрожжей, а столбцы – исследованные углеводные субстраты.

Для выделения и очистки меланина из сублимированного мицелия проводилась его щелочная экстракция, затем меланин осаждали 0,1М HCl, доводя раствор до pH 2. Образовавшийся хлопьевидный осадок коричневого цвета отделяли центрифугированием в течение 10 минут при 10 тыс об/мин и промывали водой до pH 7,0. Полученный меланин сублимировали и использовали для определения его парамагнитных свойств, а также для снятия электронных спектров [14].

Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) меланинов проводилась на стационарном спектрометре «RadioPan» SE/X-2543 (RadioPAN, Польша) в X-диапазоне с частотой модуляции поляризующего магнитного поля 100 кГц и амплитудой модуляции от 0,05 до 0,5 мТл при комнатной температуре. Для контроля добротности резонатора и настройки фазы использовался кристалл рубина, закрепленный в резонаторе. Индукция постоянного магнитного поля измерялась датчиком ядерного магнитного резонанса (ЯМР), а частота сверхвысокочастотного электромагнитного излучения — частотомером. Максимальная мощность СВЧ в резонаторе 200 мВт. Считывание кинетики насыщения сигнала ЭПР проводилось в диапазоне изменения мощности СВЧ-излучения от 0,5 до 30 дБ. По результатам ЭПР рассчитывалось количество парамагнитных центров в сублимированных образцах мицелия дрожжей, осадках, полученных после экстракции меланина, синтетического меланина (Sigma M8631) (*Sigma-Aldrich*, Великобритания) и выделенного меланина из мицелия *Dothiora* sp. БИМ У-383 в N спин/г [15].

Спектрофотометрический анализ меланинов. С использованием спектрофотометра UV-VIS РВ 2201 (Solar, Беларусь) регистрировали спектры поглощения полученных экстрактов из сублимированного мицелия и щелочных растворов синтетического меланина [14].

Антиоксидантная активность меланинов анализировалась АВТС методом, описанным ранее [16]. Путем растворения катиона радикала АВТС⁺ в 20 мл Трис-HCl буфера (20 mM, pH 8,0) осуществляли приготовление рабочего раствора, к 1,98 мл которого добавляли 0,02 мл раствора меланина в концентрации 10 мг/мл в 0,1 М NaOH. После 3-минутного

инкубационного периода измеряли оптическую плотность при 734 нм с помощью УФ-спектрофотометра SF-102 (Interfotofizika, Москва, Россия). В качестве стандартного эталона использовали раствор тролокса, а в качестве отрицательного контроля — дистиллированную воду. Активность поглощения ABTS выражали в mM эквивалентов тролокса (mM TE).

Антимутагенную активность определяли в модифицированном тесте Эймса [17,18]. В качестве тест-моделей использовали индикаторные штаммы *Salmonella typhimurium* TA 98 и *S. typhimurium* TA 100, ауксотрофные по гистидину и биотину. В качестве прямых мутагенов использовали этидиум бромид в концентрации 10 мкг/чашку для *S. typhimurium* TA 98, азид натрия – 10 мкг/чашку для *S. typhimurium* TA 100. Антимутагенную активность оценивали в ряду концентраций гидролизатов в 3 повторностях. Для проверки статистической значимости результатов проводили расчет по методу множественных сравнений Даннетта. Уровень снижения мутирования (I_m , %) рассчитывали по формуле:

$$I_m = \frac{N_1 - N_2}{N_1} \cdot 100 \%$$

где N_1 – число ревертантов в позитивном контроле, N_2 – число ревертантов в опыте.

Изучение антимикробной активности образцов меланина диффузионным методом. Исследование антибактериальной активности меланина (0,1 мг/мл в 0,1 М NaOH) проводили в отношении штаммов санитарно-значимых бактерий и грибов: *Escherichia coli* ATCC 11229, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 и *Candida albicans* ATCC 10231. Положительным контролем для оценки антибактериальной активности служил раствор ампициллина (Amp) 40 мг/мл, а для оценки антифунгальной активности – раствор нистатина (Nys) 40 мг/мл [16].

Статистическая обработка полученных результатов была выполнена в программном обеспечении Microsoft Office Excel 2016. Полученные данные были представлены в виде средних арифметических значений трех повторов экспериментов.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенная видовая идентификация микроорганизмов, выделенных из различных экосистем Восточной Антарктиды, показала достаточно высокое разнообразие обнаруживаемых дрожжей. Всего из 10 исследуемых образцов выделен 21 изолят культивируемых психрофильных и психротолерантных дрожжей [19].

Первичную молекулярно-генетическую идентификацию исследуемых изолятов дрожжевых грибов Восточной Антарктиды проводили, используя секвенирования высоконсервативных участков фрагментов генов 18S рРНК. Согласно результатам молекулярно-генетической идентификации, исследованные штаммы относятся к царству Fungi и принадлежат к двум отделам: *Ascomycota* (2 штамма дрожжей) и *Basidiomycota* (19 штаммов дрожжей). К первому отделу относятся представители родов *Dothiora* (1 штамм) и *Mycochaetophora* (1 штамм). Ко второму отделу — представители родов *Moesziomyces* (2 штамма), *Leucosporidium* (3 штамма), *Naganishia* (1 штамм), *Rhodotorula* (3 штамма), *Sporobolomyces* (6 штаммов), *Cystobasidium* (2 штамма), *Solicoccozyma* (1 штамм), *Glaciozyma* (1 штамм). На основании сходства нуклеотидных последовательностей их 18S рРНК построена дендрограмма, отражающая их филогенетическое родство (рис. 1) [9]. Различия между консервативными участками 18S рРНК генов прямо соответствуют степени эволюционного расстояния между исследуемыми дрожжами.

Анализ дендрограммы, построенной на основе выравнивания фрагментов гена 18S рРНК показывает разделение исследуемой группы дрожжей на два кластера. Первый кластер состоит из двух подкластеров. В первый подкластер входят базидиомицетовые дрожжи трех родов (*Moesziomyces*, *Naganishia*, *Cystobasidium*), а также род *Mycochaetophora*, который относится к отделу аскомицетов. Второй подкластер, имеющий значительное удаление от первого, представлен родами *Solicoccozyma* sp. БИМ Y-373 и *Glaciozyma* sp. БИМ Y-381, которые относятся к базидиомицетам, и представителем аскомицетовых дрожжевых грибов *Dothiora* sp. БИМ Y-383. Во второй кластер вошли базидиальные дрожжи трех родов: *Rhodotorula*, *Leucosporidium*, *Sporobolomyces*.

Проведенный филогенетический анализ показывает, что существуют определенные генетические различия между исследуемыми штаммами дрожжей. Современные подходы в систематике дрожжевых грибов подразумевают использование комплекса молекулярно-генетических, физиологических и биохимических методов для описания их видовой характеристики. Важное место в систематике дрожжей занимают физиологические признаки, такие как способность к сбраживанию и аэробной ассимиляции различных углеводов [20]. Изучение способности дрожжей к ассимиляции различных углеводов в аэробных условиях культивирования позволяет определить перспективные штаммы для практического использования.

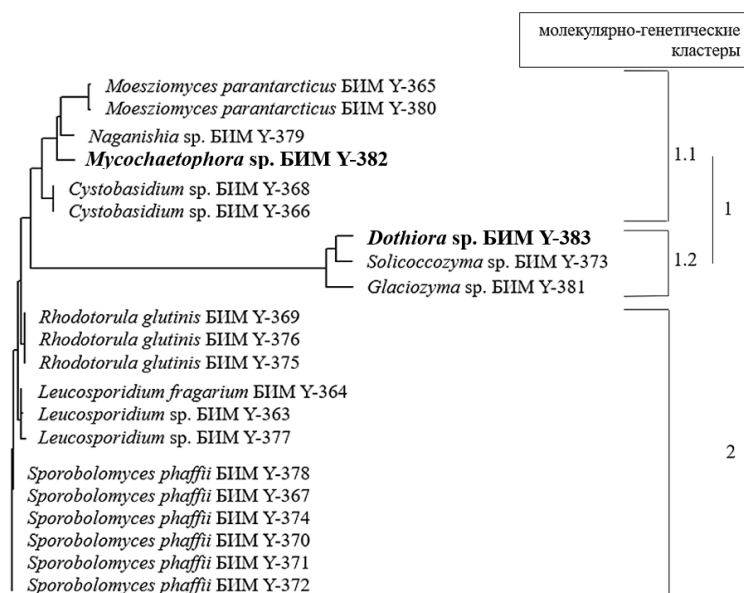


Рисунок 1. Дендрограмма, построенная на основе выравнивания фрагментов гена 18S рРНК антарктических штаммов дрожжей / Dendrogram constructed based on the alignment of 18S rRNA gene fragments of Antarctic yeast strains

Физиологические особенности метаболизма углеводов дрожжами

Для исследования особенностей метаболизма углеводов различными штаммами антарктических дрожжей использовались субстраты, представленные в таблице 1. Определена субстратная специфичность в метаболизме углеводов штаммами дрожжей в полужидких питательных средах Хью-Лейфсона с добавлением различных гексоз, пентоз и дисахаридов, и кислотно-основного индикатора бромкрезолового пурпурного (CAS 115-40-2). При увеличении содержания в культуральной жидкости органических кислот окраска индикатора меняется с фиолетовой на желтую при достижении рН 5,2. Измерялось также время накопления органических кислот для достижения этого показателя кислотности.

Анализ результатов показывает, что штаммы дрожжей, входящие в различные молекулярно-генетические кластеры, представленные на рисунке 1, с различной скоростью метаболизируют различные пентозы, гексозы и дисахариды.

Брожение *ксилозы* имеет свои особенности, связанные с тем, что оно начинается с восстановления ее до ксилита с помощью фермента ксилоредуктазы (К.Ф. 1.1.1.307). Затем ксилит окисляется ксилитдегидрогеназой (К.Ф. 1.1.1.10) до ксилулозы, которая фосфорилируется ксилулокиназой (КФ 2.7.1.17) с образованием ксилулозо-5-фосфата. Последний вступает в реакции пентозофосфатного пути метаболизма углеводов. При аэробном окислении ксилозы 5 из 7 родов исследуемых штаммов дрожжей, входящих в первый молекулярно-генетический кластер, с высокой скоростью снижали кислотность культуральной среды до рН 5,2. Штаммы дрожжей этого кластера имеют значительные межродовые отличия.

Таблица 1 – Изменение кислотности среды Хью-Лейфсона при метаболизме углеводов дрожжами, входящими в разные молекулярно-генетические кластеры, в аэробных условиях культивирования в течение 504 часов / Changes in the acidity of the Hugh-Leifson medium during carbohydrate metabolism by yeasts belonging to different molecular genetic clusters under aerobic cultivation conditions for 504 hours

Углеводы (2 %)		Молекулярно-генетические кластеры штаммов дрожжей (рисунок 1)																				
		1 кластер									2 кластер											
		1 подкластер					2 подкластер															
		<i>M. parantarcticus</i> БИМ Y-380	<i>M. parantarcticus</i> БИМ Y-365	<i>Naganishia</i> sp. БИМ Y-379	<i>Mycochaetophora</i> sp. БИМ Y-382	<i>Cystobasidium</i> sp. БИМ Y-368	<i>Cystobasidium</i> sp. БИМ Y-366	<i>Dothiora</i> sp. БИМ Y-383	<i>Solicosozyma</i> sp. БИМ Y-373	<i>Glaciozyma</i> sp. БИМ Y-381*	<i>Rh. glutinis</i> БИМ Y-369	<i>Rh. glutinis</i> БИМ Y-376	<i>Rh. glutinis</i> БИМ Y-375	<i>L. fragarium</i> БИМ Y-364	<i>Leucosporidium</i> sp. БИМ Y-363	<i>Leucosporidium</i> sp. БИМ Y-377	<i>Sp. phaffii</i> БИМ Y-378	<i>Sp. phaffii</i> БИМ Y-367	<i>Sp. phaffii</i> БИМ Y-374	<i>Sp. phaffii</i> БИМ Y-370	<i>Sp. phaffii</i> БИМ Y-371	<i>Sp. phaffii</i> БИМ Y-372
пентозы	ксилоза	96	144	144	144	504	504	96	264	1004	504	312	264	504	504	480	504	504	504	504	504	504
гексозы	глюкоза	144	144	12	144	24	12	48	12	12	48	24	24	24	144	24	48	24	48	24	24	12
	галактоза	168	168	504	72	216	480	384	168	1004	504	480	480	504	504	504	504	504	504	504	504	384
	фруктоза	168	120	288	120	504	504	120	288	1004	504	120	120	288	168	504	504	504	504	504	288	504
	рамноза	504	504	504	168	504	504	168	504	1004	504	48	144	504	504	504	504	504	504	504	504	504
дисахариды	лактоза	144	144	504	240	504	504	288	504	1004	504	504	504	384	504	504	504	504	504	504	504	168
	мальтоза	120	120	168	120	504	504	96	168	1004	120	72	72	120	120	168	120	168	120	120	120	504
	сахароза	120	120	72	120	504	504	72	120	1004	120	72	72	120	120	120	120	96	120	120	120	168
среда без углеводов		504	504	504	504	216	504	48	144	144	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	144

Примечание: желтым цветом обозначено снижение показателей кислотности среды ниже значений 5,2 в процессе культивирования; фиолетовым цветом – отсутствие изменений pH среды при культивировании дрожжей; цифрами обозначены часы культивирования; штамм *Glaciozyma* sp. БИМ Y-381 является строгим психрофилом с очень медленными темпами роста, поэтому его культивировали в течение 1004 часов.

Так, для *M. parantarcticus* БИМ Y-380, *M. parantarcticus* БИМ Y-365, *Naganishia* sp. БИМ Y-379, *Mycochaetophora* sp. БИМ Y-382, входящих в первый подкластер, характерно эффективное использование ксилозы в метаболизме. Вместе с тем дрожжи *Cystobasidium* sp. БИМ Y-368 и *Cystobasidium* sp. БИМ Y-366 не ассимилировали ксилозу.

Представители дрожжей второго подкластера первого молекулярно-генетического кластера значительно различаются по способности метаболизировать ксилозу. Так, штамм *Glaciozyma* sp. БИМ Y-381 не снижает кислотность среды культивирования. В то же время значение pH 5,2 культуральной жидкости при выращивании штаммов *Dothiora* sp. БИМ Y-383 и *Solicoccozyma* sp. БИМ Y-373 достигается после 96 и 264 часов культивирования соответственно. У 3 штаммов дрожжей *Rh. glutinis* БИМ Y-376, *Rh. glutinis* БИМ Y-375, *Leucosporidium* sp. БИМ Y-377, входящих во второй молекулярно-генетический кластер, процесс ассимиляции ксилозы был малоэффективен. Об этом свидетельствует более длительное время культивирования для синтеза органических кислот. У 9 оставшихся штаммов этого кластера изменение кислотности среды после 504 часов культивирования не превышало значения pH 6,8. Таким образом, исследованные штаммы дрожжей различаются по наличию и активности ферментов, участвующих в метаболизме ксилозы, что может быть обусловлено генетическими факторами.

В отличие от ксилозы, требующей ряда биохимических трансформаций для образования фруктозо-6-фосфата, гексозы напрямую включаются в гликолиз через формирование этого интермедиата. Вне зависимости от филогенетического кластера, в который входят исследуемые виды дрожжей, наиболее эффективно метаболизм углеводов происходит при внесении глюкозы в среду. При этом время, необходимое для снижения кислотности среды до pH 5,2, для различных видов дрожжей составляло от 12 до 144 часов.

Галактоза в качестве субстрата в процессе углеводного обмена использовалась 7 видами дрожжей, входящих в первый молекулярно-генетический кластер, и только 3 видами дрожжей из второго кластера. Её метаболизм проходил наиболее медленно, о чем свидетельствует время, необходимое для существенного снижения кислотности среды культивирования. Исключение составил аскомицетный штамм *Mycochaetophora* sp. БИМ Y-382, для которого понадобилось 72 часа для синтеза кислых продуктов метаболизма галактозы.

Метаболизм фруктозы осуществлялся не всеми исследуемыми штаммами, но с высокой скоростью. Из 21 исследуемого штамма дрожжей только 11 использовали её в процессе углеводного обмена.

Из всех исследованных гексоз рамноза оказалась наименее доступной для метаболизма углеводов. Только 2 вида дрожжей из отдела *Ascomycota* (*Mycochaetophora* sp. БИМ Y-382 и *Dothiora* sp. БИМ Y-383), входящих в первый кластер, и 1 род из отдела *Basidiomycota* второго кластера (*Rh. glutinis* БИМ Y-376 и *Rh. glutinis* БИМ Y-375) использовали рамнозу в процессе метаболизма.

Таким образом, в отличие от глюкозы метаболизм галактозы, фруктозы и рамнозы исследованными родами дрожжей имеет значительные межвидовые различия и может быть связан с молекулярно-генетическим кластером, в который они входят. Стоит отметить, что все исследованные образцы почвы были отобраны с территории белорусской антарктической станции, и у обитающих в них микроорганизмов был разный доступ к органическому субстрату и талой воде для осуществления метаболических реакций. Так, например, штаммы *Rh. glutinis* БИМ Y-375 и *Rh. glutinis* БИМ Y-376, выделены из образца гиполитного происхождения Земли Мак-Робертсона, а штамм *Rh. glutinis* БИМ Y-369 из образца почвы гиполитного происхождения Земли Эндерби. Данные штаммы имеют одинаковую видовую принадлежность, что в начальных этапах исследования предполагало наличие у них схожих физиолого-биохимических свойств и особенностей углеводного обмена. Однако, как показано в таблице 1, по спектру углеводов, которые данные виды могут использовать с образованием кислых продуктов метаболизма, наблюдаются

внутривидовые различия. На данном этапе исследования можно предположить, что эти внутривидовые отличия обусловлены особенностями метаболизма, которые сформировались под влиянием природных условий и связаны с разной доступностью органических субстратов в различных почвенных экосистемах.

Эффективность использования дисахаридов в метаболизме определяется выделением дрожжами в среду культивирования гликозилгидролаз (К.Ф.3.2.1), которые расщепляют множество ди-, три- и более сложных олигосахаридов. В настоящее время описано 165 гликозил-гидролаз, различающихся субстратной специфичностью ферментов при расщеплении множества олигосахаридов [22]. Ряд этих ферментов расщепляет дисахариды до гексозы, которые используются дрожжами в процессе углеводного обмена.

Использование для роста дрожжей *сахарозы* определяется биосинтезом ими β -фруктозидазы (К.Ф.3.2.1.26), которая осуществляет гидролиз данного углевода до фруктозы и глюкозы. Анализ результатов, представленных в таблице 1, показал, что из 7 родов дрожжей, входящих в первый молекулярно-генетический кластер, у 3 видов не наблюдается снижение кислотности среды культивирования в присутствии сахарозы. Это может свидетельствовать об различии данных штаммов в метаболизме этого дисахариды, который связан с её гидролизом. Исследование 12 штаммов дрожжей 3 родов, вошедших во второй молекулярно-генетический кластер, показало, что все они эффективно метаболизировали сахарозу в аэробных условиях культивирования.

Родственной по субстратной специфичности β -фруктозидазе является изомальтаза (К.Ф.3.2.1.10), которая гидролизует *мальтозу* [23]. Было определено, что виды дрожжей, которые метаболизировали сахарозу, были способны и к ассимиляции мальтозы, снижая кислотность среды культивирования до pH 5,2. Необходимо отметить, что виды дрожжей, которые не использовали мальтозу в процессе метаболизма в аэробных условиях культивирования, не сбраживали и сахарозу, как видно из таблицы 1. Исключение составил только штамм *Sp. phaffii* БИМ Y-372, неспособный включать мальтозу в углеводный обмен с образованием кислых продуктов метаболизма.

Особенности метаболизма лактозы исследованными дрожжами связаны с выделением ими в среду культивирования лактазы (К.Ф.3.2.1.108). Этот фермент из семейства β -галактозидаз расщепляет *лактозу* до галактозы и глюкозы. В зависимости от видовой принадлежности дрожжей β -галактозидаза может быть представлена различными изоферментами, которые различаются субстратной специфичностью по отношению к дисахаридам. Из семи родов дрожжей, входящих в первый молекулярно-генетический кластер, только 3 вида метаболизировали лактозу, снижая кислотность pH среды до 5,2. Наблюдались внутривидовые различия в росте на среде с лактозой двух штаммов, *L. fragarium* БИМ Y-364 и *Sp. phaffii* БИМ Y-372, входящих во второй молекулярно-генетический кластер. Необходимо отметить, что 5 видов дрожжей, к которым относятся *Cystobasidium* sp. БИМ Y-368, *Dothiora* sp. БИМ Y-383, *Solicoccozyma* sp. БИМ Y-373, *Glaciozyma* sp. БИМ Y-381, *Sp. phaffii* БИМ Y-372, снижали кислотность среды культивирования Хью-Лейфсона без добавления углеводов. Это может быть связано с тем, что в состав использованной среды входят панкреатический гидролизат рыбной муки и дрожжевой экстракт, которые содержат пептиды, аминокислоты и другие биологически активные вещества, в том числе и витамины. Метаболизм аминокислот и других азотсодержащих веществ у указанных видов дрожжей приводит к образованию различных ароматических соединений, таких как сложные эфиры, высшие спирты и жирные кислоты, которые могут снижать активную кислотность среды культивирования. При этом дрожжи способны эффективно метаболизировать глюкозу, включенную в состав среды Хью-Лейфсона, и за счет этого снижать кислотность среды до pH 5,2. Это явление, возможно, связано с механизмом, при котором дрожжи в присутствии глюкозы используют её в качестве более предпочтительного источника энергии. При этом происходит катаболитная репрессия метаболизма компонентов, входящих в среду культивирования.

Для интерпретации биохимических особенностей метаболизма дрожжами различных углеводов в аэробных условиях культивирования, представленных в таблице 1, была построена тепловая карта (рис. 2). В неё были включены виды дрожжей 10 исследованных родов, различающиеся по молекулярно-генетическим и метаболическим признакам. Она отражает метаболическую активность дрожжей при углеводном обмене различных сахаров. В зависимости от времени достижения рН 5,2 и усвояемого субстрата проведена метаболическая кластеризация 10 исследованных штаммов дрожжей. Кластеризация помогает выявить группы дрожжей со схожими физиологическими признаками, а также распределение углеводов по кластерам в зависимости от способности дрожжей включать их в свой углеводный обмен.

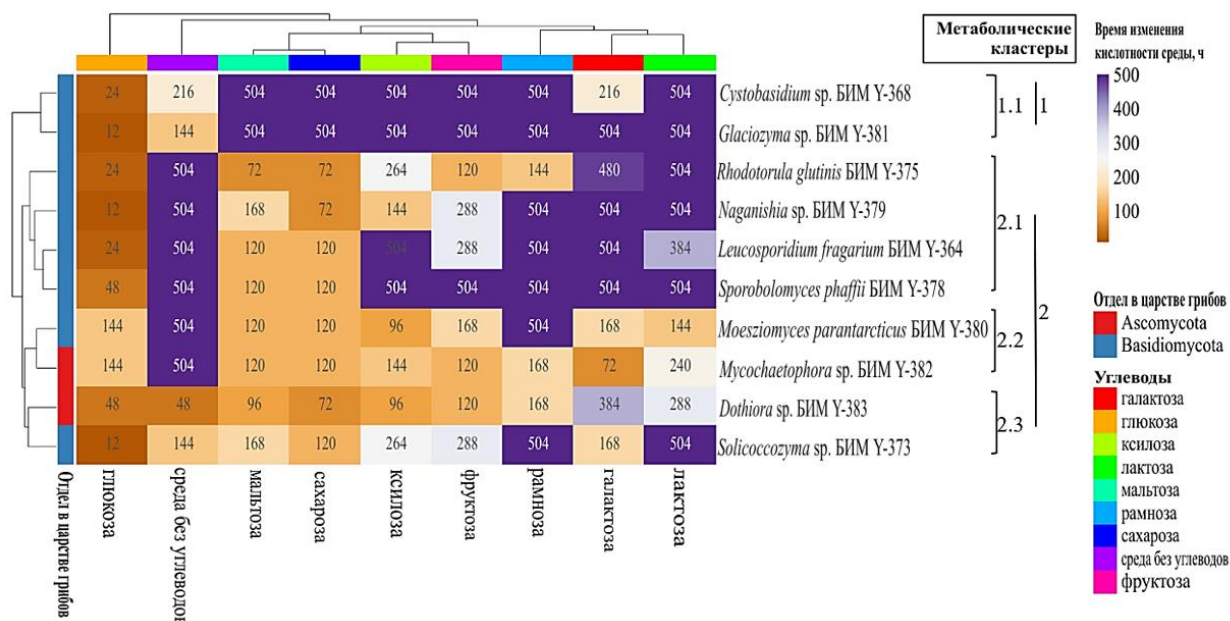


Рисунок 2 – Тепловая карта физиологических особенностей метаболизма дрожжами различных углеводов в аэробных условиях культивирования / Heat map of physiological features of yeast metabolism of various carbohydrates under aerobic cultivation conditions

Как видно на рисунке 2, спектр углеводов, которые антарктические дрожжи способны включать в углеводный обмен в аэробных условиях культивирования, позволил разделить их на 2 метаболических кластера. В первый метаболический кластер вошли дрожжи родов *Cystobasidium* sp. БИМ Y-368, *Glaciozyma* sp. БИМ Y-381, которые в свою очередь входят и в первый молекулярно-генетический кластер. Эти виды дрожжей при метаболизме фруктозы, ксилозы, сахарозы, мальтозы, рамнозы и лактозы не синтезировали кислые продукты метаболизма. Второй метаболический кластер дрожжей состоит из 3 подкластеров. В первый подкластер вошли дрожжи *Rh. glutinis* БИМ Y-375, *Naganishia* sp. БИМ Y-379, *L. fragarium* БИМ Y-364 и *Sp. phaffii* БИМ Y-378, для которых характерно отсутствие ассимиляции рамнозы, галактозы и лактозы со снижением значений рН среды культивирования. Во второй подкластер вошли дрожжи *M. parantarcticus* БИМ Y-380, *Mycochaetophora* sp. БИМ Y-382, которые входят в первый молекулярно-генетический подкластер (рис. 1). В последний подкластер вошли аскомицетные дрожжи *Dothiora* sp. БИМ Y-383, способные ассимилировать все исследуемые углеводы с образованием органических кислот, и базидиальный штамм *Solicoccozyma* sp. БИМ Y-373, для которого метаболически недоступными оказались рамноза и лактоза. Таким образом деление исследованных видов дрожжей на метаболические кластеры частично совпало с их филогенетической кластеризацией на основе последовательностей 18S рРНК. Проведенное

исследование позволило выявить межвидовые особенности углеводного обмена различных видов дрожжей в аэробных условиях культивирования.

Было отмечено, что при внесении ряда углеводов в среду культивирования дрожжей не приводило к изменению показателя рН. Для этих штаммов наблюдались морфологические признаки роста культуры, которые проявлялись в образовании биомассы клеток в месте укола, что свидетельствует о росте дрожжей за счет компонентов среды без синтеза органических кислот.

Таким образом, анализ дендрограммы, построенной на основе выравнивания фрагментов гена 18S рРНК антарктических штаммов дрожжей выявил возможную филогенетическую близость исследуемых представителей аско- и базидиомицетов. По способности дрожжей к утилизации углеводов в аэробных условиях различных источников углеводов выявлены межвидовые различия среди представленных видов базидиомицетов, которые частично подтверждают результаты их молекулярно-генетической идентификации. В отличие от базидиомицелиарных дрожжей исследованные виды аскомицетов *Muscochaetophora* sp. БИМ У-382 и *Dothiora* sp. БИМ У-383 эффективно метаболизировали все исследуемые углеводы.

Важным идентификационным признаком видовой принадлежности дрожжевых грибов являются их вторичные метаболиты [15]. Различные виды дрожжей способны продуцировать специфические вторичные метаболиты, встречающиеся у определённых филогенетических групп. В процессе роста некоторые виды грибов синтезируют меланиновые пигменты, благодаря чему их называют «черными дрожжами». Наличие меланиногена у этих видов является их идентификационным признаком [15]. В связи с этим проведено биохимическое исследование черного пигмента у психротолерантного штамма *Dothiora* sp. БИМ У-383.

Отличительной особенностью культивирования дрожжей *Dothiora* sp. БИМ У-383 на плотной питательной среде является образование на начальной стадии роста кремовых колоний, а по мере их роста они формируют мицелий темно-коричневого, черного цвета. Для идентификации данного пигмента он был выделен из сублимированного мицелия дрожжей, выросших в течение 16 суток при 28 °С, и исследованы его спектральные свойства. Следует отметить, что среди природных биополимеров только меланины проявляют парамагнитные свойства вне зависимости от их происхождения и структурных характеристик [15]. При этом, отличительной характеристикой является интенсивный сигнал с формой линии средней между лоренцевой и гауссовой [15]. Эти наблюдения подтверждаются исследованием электронного парамагнитного резонанса пигмента, выделенного из мицелия *Dothiora* sp. БИМ У-383. Для сравнения, на рисунке 3 представлены спектры ЭПР синтетического меланина (1) и пигмента, выделенного из мицелия дрожжей (2), которые подтверждают их меланиновый характер.

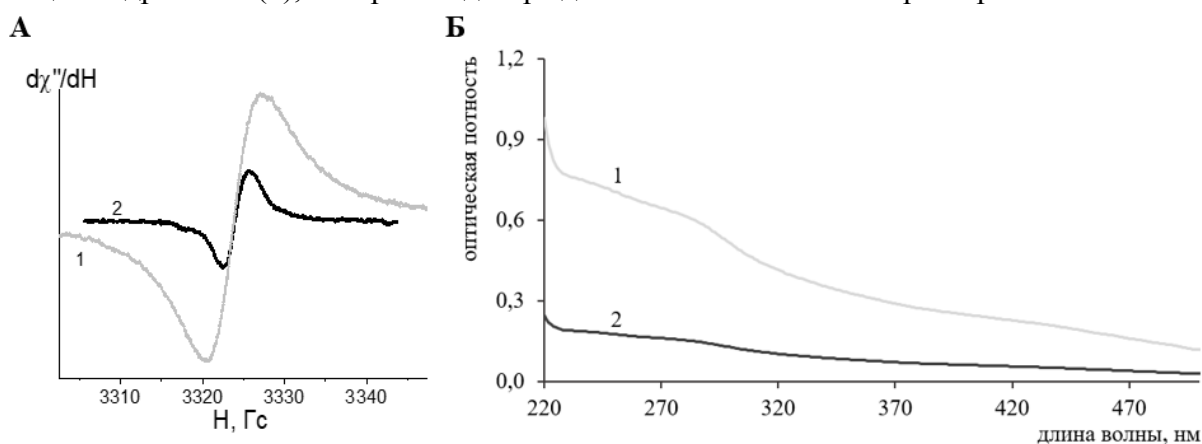


Рисунок 4 – Спектральные свойства меланинов: А – спектры ЭПР образцов синтетического меланина (1) и пигмента из мицелия *Dothiora* sp. БИМ У-383 (2); Б – Спектры поглощения синтетического меланина в концентрации 0,03 мг/мл (1) и выделенного из *Dothiora* sp. БИМ У-383 в концентрации 0,03 мг/мл (2) / A – EPR spectra of synthetic melanin samples (1) and pigment from the mycelium of

***Dothiora* sp. BIM Y-383 (2); B – absorption spectra of synthetic melanin at a concentration of 0.03 mg/ml (1) and BIM Y-383 isolated from *Dothiora* sp. at a concentration of 0.03 mg/ml (2)**

Необходимо отметить, что по количеству парамагнитных центров (ПЦ) меланин, выделенный из исследуемых дрожжей, и синтетический меланин различаются на порядок: $1,2 \cdot 10^{18}$ спин/г и $1,2 \cdot 10^{19}$ спин/г, соответственно, что свидетельствует о различиях в их строении.

Спектральные свойства меланинов также проявляются в поглощении света в видимой и ультрафиолетовой областях, с характерными наклонами спектральных кривых в диапазоне 400–600 нм. Спектральные свойства меланинов обусловлены их сложной ароматической структурой, которая позволяет эффективно поглощать ультрафиолетовое излучение [15].

При одинаковом содержании в растворе синтетического меланина и выделенного из сублимированного мицелия *Dothiora* sp. BIM Y-383 их спектры различаются интенсивностью поглощения при длине волны 460 нм, характерной для меланиновых пигментов. Величина ОП при 460 нм для синтетического меланина составила 0,187, а для выделенного из дрожжевого мицелия 0,044, что свидетельствует об их структурных отличиях.

Таким образом, показано, что пигмент, синтезируемый дрожжами *Dothiora* sp. BIM Y-383, является меланином. Проведенное спектральное исследование позволило установить, что меланиногенез у *Dothiora* sp. BIM Y-383 и является его идентификационным признаком.

***Биологические активности меланина дрожжей Dothiora* sp. BIM Y-383**

Меланины обладают широким спектром биологических активностей. Они могут проявлять радиопротекторные, генопротекторные, адаптогенные, антивирусные, антибактериальные и антиоксидантные свойства [15]. В связи с этим дрожжи *Dothiora* sp. BIM Y-383 могут служить в качестве продуцентов пригодного меланина для его практического применения в биотехнологии. У представленного грибного меланина исследованы антиоксидантные, генопротекторные и антибактериальные свойства.

При исследовании *антимутагенной активности* синтетического и грибного меланинов, показано, что они эффективно ингибируют химически индуцированный мутагенез у санитарно-показательных микроорганизмов (табл. 2).

Таблица 2 – Антимутагенная активность меланина *Dothiora* sp. BIM Y-383 и синтетического меланина против химически индуцированных мутаций в штаммах *S. typhimurium* / Antimutagenic activity of *Dothiora* sp. BIM Y-383 melanin and synthetic melanin against chemically induced mutations in *S. typhimurium* strains

Тестируемый штамм / Обработка	Концентрация меланина, мг/мл	Количество ревертантов на чашке Петри	Ингибирование мутагенеза, %
<i>S. typhimurium</i> TA 98 (сдвиг рамки считывания)			
Спонтанный мутагенез	—	20±2	—
Этидиум бромид (10 мкг/чашку)	—	224±12	100.0
+ Синтетический меланин (Sigma)	0.1	178±9	21.2
	0.05	217±11	16.4
	0.025	207±9	7.6
+ Меланин <i>Dothiora</i> sp. BIM Y-383	0.1	169±13	24.4
	0.05	185±10	17.3
	0.025	205±6	8.6
<i>S. typhimurium</i> TA 100 (замена пар оснований)			
Спонтанный мутагенез	—	72±7	—
Азид натрия (10 мкг/чашку)	—	617±38	100.0
+ Синтетический меланин (Sigma)	0.1	537±25	12.9
	0.05	553±8	10.3

	0.025	562±15	8.8
+ Меланин <i>Dothiora</i> sp. БИМ Y-383	0.1	525±19	14.9
	0.05	547±11	11.3
	0.025	559±14	9.3

Результаты исследования показали, что как природный меланин *Dothiora* sp. БИМ Y-383, так и синтетический аналог проявляют дозозависимый антимуtagenный эффект. Установлено, что грибной пигмент превосходит синтетический препарат по эффективности ингибирования мутагенеза. Наиболее выраженное защитное действие отмечено на штамме *S. typhimurium* TA 98: в концентрации 0,1 мг/мл меланин *Dothiora* sp. снижал частоту мутаций сдвига рамки считывания, вызванного этидиум бромидом, на 24,4 %, в то время как синтетический меланин — на 21,2 %. При анализе мутаций типа замены пар оснований у штамма *S. typhimurium* TA 100 также зафиксировано преимущество природного биополимера. В максимальной концентрации (0,1 мг/мл) грибной меланин подавлял индуцированный азидом натрия мутагенез на 14,9 %, тогда как синтетический образец — на 12,9 %. Для обеих исследуемых субстанций характерно закономерное снижение антимуtagenного потенциала при уменьшении концентрации до 0,025 мг/мл.

Сравнительный анализ антиоксидантной активности (АОА) показал, что меланин, экстрагированный из мицелия *Dothiora* sp. БИМ Y-383, характеризуется более высокими показателями (1,31±0,08 mM TE) по сравнению с синтетическим аналогом (1,0±0,03 mM TE). Повышенный антиоксидантный потенциал природного биополимера обусловлен особенностями его химической структуры: развитой системой сопряженных двойных связей, а также высоким содержанием функционально активных гидроксильных и карбоксильных групп, способствующих эффективной инактивации свободных радикалов. Более высокая АОА грибного меланина может быть связана с его нативной конформацией. В отличие от синтетического меланина, получаемого путем химического окисления тирозина, меланин *Dothiora* sp. БИМ Y-383 синтезируется ферментативно, что обеспечивает более плотное расположение антиоксидантных центров в структуре биополимера.

Высокая антиоксидантная активность меланина *Dothiora* sp. БИМ Y-383 (1,31 mM TE) коррелирует с его способностью снижать индуцированный мутагенез. Вероятно, антимуtagenный эффект реализуется через механизм «перехвата» активных форм кислорода и свободных радикалов еще до их взаимодействия с ДНК микроорганизмов.

Антимикробный потенциал исследуемых меланинов оценивали по величине зон ингибирования роста тест-штаммов (табл. 3). Полученные данные свидетельствуют о том, что грибной меланин *Dothiora* sp. БИМ Y-383 обладает широким спектром действия, сопоставимым по эффективности с синтетическим аналогом.

Таблица 3 – Антимикробная активность меланина *Dothiora* sp. БИМ Y-383 и синтетического меланина в отношении условно-патогенных микроорганизмов / Antimicrobial activity of melanin *Dothiora* sp. БИМ Y-383 and synthetic melanin against opportunistic microorganisms

Тест-микроорганизм	Меланин <i>Dothiora</i> sp. БИМ Y-383	Синтетический меланин (Sigma)	Положительный контроль (антибиотик)
	Зона ингибирования, мм	Зона ингибирования, мм	Зона ингибирования, мм
<i>E. coli</i> ATCC 11229	54±0.1	53±0.1	67±0.1 ^a
<i>St. aureus</i> ATCC 6538	48±0.1	48±0.1	50±0.1 ^a
<i>C. albicans</i> ATCC 10231	37±0.1	38±0.1	43±0.1 ^b

Примечание: ^a Ампициллин (40 мкг/мл); ^b Нистатин (40 мкг/мл). Все значения представлены как среднее значение ± стандартное отклонение ($M \pm SD$).

Наибольшая чувствительность к воздействию пигментов отмечена у штамма *E. coli* ATCC 11229: зона ингибирования для грибного меланина составила 54±0.1 мм, что незначительно превышает показатель синтетического образца (53±0.1 мм). В отношении грамположительной бактерии *St. aureus* ATCC 6538 оба образца проявили идентичную активность (48±0.1 мм). Дрожжеподобный гриб *C. albicans* ATCC 10231 оказался наиболее

устойчивым к действию полимеров (зоны ингибирования 37–38 мм). Несмотря на то, что антимикробный эффект меланинов уступал действию антибиотиков сравнения (ампициллина и нистатина), результаты подтверждают выраженную биологическую активность природного пигмента. При сравнении с антибиотиками важно отметить, что меланины — это высокомолекулярные биополимеры, и их диффузия в агаре может быть медленнее, чем у низкомолекулярных антибиотиков.

Заключение

При идентификации видового состава дрожжевых грибов Восточной Антарктиды использовали комплексный подход с использованием молекулярно-генетического сходства и физиолого-биохимического профиля метаболизма углеводов. Генетическая кластеризация штаммов дрожжей частично согласуется с их метаболической активностью в отношении различных пентоз, гексоз и дисахаридов, что подтверждает необходимость использования молекулярно-генетических и физиолого-биохимических признаков для их идентификации. Исследуемые дрожжи из отдела Ascomycota способны включать в свой углеводный обмен все исследованные пентозы, гексозы и дисахариды, в аэробных условиях культивирования. В дополнение к синтезу органических кислот штамм *Dothiora* sp. БИМ Y-383 способен синтезировать меланин, содержащий порядка $1,2 \cdot 10^{18}$ спин/г парамагнитных центров в своем составе. Выделенный из этого штамма дрожжей меланин проявляет антиоксидантную, генопротекторную и антибактериальные активности. На основании представленных данных о структуре, антиоксидантной, антимикробной и антимуtagenной активности можно подчеркнуть преимущество природного меланина как многофункционального биополимера. Совокупность полученных данных позволяет рассматривать меланин гриба *Dothiora* sp. БИМ Y-383 как перспективный биоагент для создания новых фармакологических и санитарных препаратов с выраженными антиоксидантными и генопротекторными свойствами.

Список источников

1. Ravindra R., Chaturvedi A. In Encyclopedia of snow, ice and glaciers. Berlin, Germany: Springer, 2011. 45–53 с.
2. Amato P., Doyle S., Christner B. C. Macromolecular synthesis by yeasts under frozen conditions // Environmental Microbiology. 2009. Т. 11, № 3. С. 589–596.
3. Coleine C., Pombubpa N., Zucconi L. Endolithic fungal species markers for harshest conditions in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica // Life. 2020. Т. 10, № 2. С. 13.
4. Coleine C., Zucconi L., Onofri S. Sun exposure shapes functional grouping of fungi in cryptoendolithic Antarctic communities // Life. 2018. Т. 8, № 2. С. 19.
5. Vaz A. B. M. и др. The diversity, extracellular enzymatic activities and photoprotective compounds of yeasts isolated in Antarctica // Braz. J. Microbiol. 2011. Т. 42, № 3. С. 937–947.
6. Selbmann L., Grube M., Onofri S. Antarctic epilithic lichens as niches for black meristematic fungi // Biology. 2013. Т. 2, № 2. С. 784–797.
7. Singh J., Dubey A. K., Singh R. P. Antarctic terrestrial ecosystem and role of pigments in enhanced UV-B radiations // Revs Envir. Sci. Bio/Tech. 2011. Т. 10, № 1. С. 63–77.
8. Adams R. I., Miletto M., Taylor J. W. Dispersal in microbes: fungi in indoor air are dominated by outdoor air and show dispersal limitation at short distances // The ISME Journal. 2013. Т. 7, № 7. С. 1262–1273.
9. Gribanova E. A. и др. Isolation and primary characterisation of yeasts isolated from different ecosystems in East Antarctica // Polar Science. 2025. С. 101262.
10. Xu J. Fungal species concepts in the genomics era // Genome. 2020. Т. 63, № 9. С. 459–468.
11. Kachalkin A. V., Glushakova A. M., Tomashevskaya M. A. *Leucosporidium egoroviorum* f.a., sp. nov., a New Yeast Species Isolated from Zucchini // Microbiology. 2023. Т. 92, № 1. С. 24–30.
12. Stengel A. и др. Improving taxonomic delimitation of fungal species in the age of genomics and phenomics // Frontiers in Microbiology. 2022. Т. 13. С. 847067.
13. Metsalu T., Vilo J. ClustVis: a web tool for visualizing clustering of multivariate data using Principal Component Analysis and heatmap // Nucleic Acids Res. 2015. Т. 43, № W1. С. W566–W570.

14. Pralea I.-E. и др. From Extraction to Advanced Analytical Methods: The Challenges of Melanin Analysis // IJMS. 2019. Т. 20, № 16. С. 3943.
15. Suthar M., Dufossé L., Singh S. K. The enigmatic world of fungal melanin: a comprehensive review // Journal of Fungi. 2023. Т. 9, № 9. С. 891–914.
16. Abd-EL-Aziz A. S. и др. Production and characterization of melanin pigment from black fungus *Curvularia soli* AS21 ON076460 assisted gamma rays for promising medical uses // Microbial Cell Factories. 2024. Т. 23, № 1. С. 68–87.
17. Dudchik N. V., Sychik S. I., Shevlyakov V. V. Prokaryotic test models for environmental ecotoxicological research: prospects and classification (review) // Theor. Appl. Ecol. 2018. Т. 4, № 4. С. 5–12.
18. Golovach T. N., Dudchik N. V., Veremeenko E. G. Evaluation of antimutagenic and antifungal properties, parameters of acute toxicity and sensitizing activity of enzymatic whey protein hydrolysate // Foods and raw materials. 2016. Т. 4, № 2. С. 38–47.
19. Gribanova E., Miamin V. Physiological and biochemical traits of yeasts from soils of various ecosystems of East Antarctica // UAJ. 2021. № 2. С. 106–116.
20. Menna M. E. D. Some Physiological Characters of Yeasts from Soils and Allied Habitats // Journal of General Microbiology. 1959. Т. 20, № 1. С. 13–23.
22. Sinnott M. L. Catalytic mechanism of enzymic glycosyl transfer // Chemical Reviews. 1990. Т. 90, № 7. С. 1171–1202.
23. Sugisawa H., Edo H. The thermal degradation of sugars I. Thermal polymerization of glucose // Journal of Food Science. 1966. Т. 31, № 4. С. 561–565.

References

1. Ravindra R., Chaturvedi A. In Encyclopedia of snow, ice and glaciers. Berlin, Germany: Springer, 2011. 45–53 с.
2. Amato P., Doyle S., Christner B. C. Macromolecular synthesis by yeasts under frozen conditions // Environmental Microbiology. 2009. Т. 11, № 3. С. 589–596.
3. Coleine C., Pombubpa N., Zucconi L. Endolithic fungal species markers for harshest conditions in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica // Life. 2020. Т. 10, № 2. С. 13.
4. Coleine C., Zucconi L., Onofri S. Sun exposure shapes functional grouping of fungi in cryptoendolithic Antarctic communities // Life. 2018. Т. 8, № 2. С. 19.
5. Vaz A. B. M. и др. The diversity, extracellular enzymatic activities and photoprotective compounds of yeasts isolated in Antarctica // Braz. J. Microbiol. 2011. Т. 42, № 3. С. 937–947.
6. Selbmann L., Grube M., Onofri S. Antarctic epilithic lichens as niches for black meristematic fungi // Biology. 2013. Т. 2, № 2. С. 784–797.
7. Singh J., Dubey A. K., Singh R. P. Antarctic terrestrial ecosystem and role of pigments in enhanced UV-B radiations // Revs Envir. Sci. Bio/Tech. 2011. Т. 10, № 1. С. 63–77.
8. Adams R. I., Miletto M., Taylor J. W. Dispersal in microbes: fungi in indoor air are dominated by outdoor air and show dispersal limitation at short distances // The ISME Journal. 2013. Т. 7, № 7. С. 1262–1273.
9. Gribanova E. A. и др. Isolation and primary characterisation of yeasts isolated from different ecosystems in East Antarctica // Polar Science. 2025. С. 101262.
10. Xu J. Fungal species concepts in the genomics era // Genome. 2020. Т. 63, № 9. С. 459–468.
11. Kachalkin A. V., Glushakova A. M., Tomashevskaya M. A. *Leucosporidium egoroviorum* f.a., sp. nov., a New Yeast Species Isolated from Zucchini // Microbiology. 2023. Т. 92, № 1. С. 24–30.
12. Stengel A. и др. Improving taxonomic delimitation of fungal species in the age of genomics and phenomics // Frontiers in Microbiology. 2022. Т. 13. С. 847067.
13. Metsalu T., Vilo J. ClustVis: a web tool for visualizing clustering of multivariate data using Principal Component Analysis and heatmap // Nucleic Acids Res. 2015. Т. 43, № W1. С. W566–W570.
14. Pralea I.-E. и др. From Extraction to Advanced Analytical Methods: The Challenges of Melanin Analysis // IJMS. 2019. Т. 20, № 16. С. 3943.
15. Suthar M., Dufossé L., Singh S. K. The enigmatic world of fungal melanin: a comprehensive review // Journal of Fungi. 2023. Т. 9, № 9. С. 891–914.
16. Abd-EL-Aziz A. S. и др. Production and characterization of melanin pigment from black fungus *Curvularia soli* AS21 ON076460 assisted gamma rays for promising medical uses // Microbial Cell Factories. 2024. Т. 23, № 1. С. 68–87.
17. Dudchik N. V., Sychik S. I., Shevlyakov V. V. Prokaryotic test models for environmental ecotoxicological research: prospects and classification (review) // Theor. Appl. Ecol. 2018. Т. 4, № 4. С. 5–12.

18. Golovach T. N., Dudchik N. V., Veremeenko E. G. Evaluation of antimutagenic and antifungal properties, parameters of acute toxicity and sensitizing activity of enzymatic whey protein hydrolysate // *Foods and raw materials*. 2016. Т. 4, № 2. С. 38–47.
19. Griбанова Е., Мямин В. Physiological and biochemical traits of yeasts from soils of various ecosystems of East Antarctica // *UAJ*. 2021. № 2. С. 106–116.
20. Menna M. E. D. Some Physiological Characters of Yeasts from Soils and Allied Habitats // *Journal of General Microbiology*. 1959. Т. 20, № 1. С. 13–23.
22. Sinnott M. L. Catalytic mechanism of enzymic glycosyl transfer // *Chemical Reviews*. 1990. Т. 90, № 7. С. 1171–1202.
23. Sugisawa H., Edo H. The thermal degradation of sugars I. Thermal polymerization of glucose // *Journal of Food Science*. 1966. Т. 31, № 4. С. 561–565

Информация об авторах

Грибанова Екатерина Александровна, старший преподаватель кафедры микробиологии Белорусского государственного университета, Scopus ID: 5756382910.

Курченко Владимир Петрович, кандидат биологических наук, доцент, заведующий научно-исследовательской лабораторией прикладных проблем биологии кафедры общей экологии и методики преподавания биологии биологического факультета Белорусского государственного университета, Scopus ID: 6603704011.

Азарко Игорь Иосифович, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий научно-исследовательской лабораторией (НИЛ) физики и техники полупроводников физического факультета Белорусского государственного университета, Scopus ID: 56960299100.

Мямин Владислав Евгеньевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии биологического факультета Белорусского государственного университета, Scopus ID: 8433736300.

Наталья Владимировна Дудчик, доктор биологических наук, доцент, заведующая лабораторией микробиологии Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены», +375 (17) 284-13-85, n_dudchik@mail.ru.

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

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, +79288263918, allodygin@yandex.ru

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

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors

Ekaterina A. Griбанова, senior lecturer in the Department of Microbiology at the Belarusian State University. Scopus ID: 5756382910.

Vladimir P. Kurchenko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of Research Laboratory of Applied Biology, Department of General Ecology and Methods of Biology Teaching, Faculty of Biology. Scopus ID: 6603704011.

Igor I. Azarko, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Research Laboratory (SRL) of Physics and Engineering of Semiconductors, Faculty of Physics, Belarusian State University. Scopus ID: 56960299100.

Vladislav E. Myamin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Microbiology, Faculty of Biology, Belarusian State University. Scopus ID: 8433736300.

Natal'ya V. Dudchik, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of Microbiology Laboratory Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of Hygiene", +375 (17) 284-13-85, n_dudchik@mail.ru.

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

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: the authors declare that there is no conflict of interest.

[Научная статья]
УДК 641.5: 642.5<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.10>

Кёнигсбергские клопсы: традиции, рецептура и технология

Ольга Николаевна Анохина¹, Амаль Калуш² Урида Айссауи³, Нина Анатольевна Фролова⁴,
Василий Владимирович Верхотуров^{5*}

^{1,4,5} Калининградский государственный технический университет (д. 1, Советский проспект, Калининград, 236022, Россия)

² Высшая школа пищевых наук и агропродовольственной промышленности (д проспект Ахмеда Хамидуша, Болье-Уэд-Смар, Алжир)

³ Университет Санд-Дахлаб (BP 270, ул. Сумаа, Блида, Алжир)

¹ olga.anohina@klgtu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1918-4690>

² akahlouche@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5174-4593>

³ akahlouche@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8788-1047>

⁴ tpp.kafedra@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0141-1998>

⁵ biovervv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2979-9867>

*Автор, ответственный за переписку

Аннотация. Введение. В статье проведен анализ рецептур, технологических карт и технологии приготовления кёнигсбергских клопсов на предприятиях общественного питания Калининградской области **Цель.** Провести анализ рецептур, технологических карт и технологии приготовления кёнигсбергских клопсов на предприятиях общественного питания Калининградской области **Материалы и методы.** Исследование построено на анализе... **Результаты и обсуждение.** В ходе работы обнаружено, что прусские традиции не всегда соблюдаются при приготовлении клопсов. Шеф-повара на предприятиях общественного питания добавляют разнообразие в рецептуре и технологии при приготовлении кёнигсбергских клопсов. На сегодняшний день известно более ста рецептов клопсов. **Заключение.** В настоящее время в некоторых ресторанах Калининграда блюдо под названием «Кёнигсбергские клопсы» значится в меню как фирменное. Это блюдо является одним из популярных на сегодняшний день блюд у туристов и посетителей предприятий общественного питания.

Ключевые слова: кёнигсбергские клопсы, гастрономический туризм, технология, рецептура, Калининград

Для цитирования: Анохина О.Н., Калуш А., Айссауи У., Фролова Н.А., Верхотуров В.В. Кёнигсбергские клопсы: традиции, рецептура и технология // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 135-143. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.10>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026

Research article

Konigsberg klopse: traditions, recipes and technology

Olga N. Anokhina¹, Amal Kahlouche², Ourida Aissaoui³, Nina A. Frolova⁴, Vasily V. Verkhoturov^{5*}

^{1,4,5} Kaliningrad State Technical University (1, Sovetsky Prospekt, Kaliningrad, 236022, Russia)

² High School of Food Science and Agri-Food Industries (Ahmed Hamidouche Avenue, 16200, Algeria)

³ Institute of applied Science and technology, University of Sand Dahlab (BP 270 Route Soumâa, Blida1, 9000, Algeria)

¹ olga.anohina@klgtu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1918-4690>

² akahlouche@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5174-4593>

³ akahlouche@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8788-1047>

⁴ tpp.kafedra@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0141-1998>

⁵ biovervv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2979-9867>

*Corresponding author

Abstract. Introduction. The article analyzes the recipes, process charts and technology for preparing Königsberg klops at public catering establishments in the Kaliningrad region. **Goal.** The article aims to conduct an analysis of recipes, technological charts and preparation methods for Königsberg klops in catering establishments of the Kaliningrad region ... **Materials and methods.** The work used analytical, general scientific methods, as well as comparative analysis techniques. **Results and discussion.** During the work it was discovered that Prussian traditions are not always observed when preparing klops. Chefs at public catering establishments add variety to the recipes and technology when preparing Königsberg klops. Today, more than a hundred klops recipes are known. **Conclusion.** Currently, in some restaurants in Kaliningrad, a dish called "Königsberg Klopsy" is listed on the menu as a signature dish. This dish is one of the most popular dishes today among tourists and visitors to public catering establishments.

Key words: Königsberg Klops, gastronomic tourism, technology, recipe, Kaliningrad

© Анохина О.Н., Калуш А., Айссауи У., Фролова Н.А., Верхотуров В.В., 2026

For citation: Anokhina ON, Kahlouche A, Aissaoui O, Frolova NA, Verkhoturov VV. Königsberg klops: traditions, recipes and technology. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):135-143. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.10>

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

The article was submitted 01.12.2025;

approved after reviewing 01.02.2026;

accepted for publication 01.03.2026.

Введение. Preserving the ethnic and cultural identity of a people is impossible without attention to their national cuisine traditions, which are intangible cultural heritage and expressive characteristics of both country and nation. National cuisine and eating habits depend on lifestyle and natural environment as well as spiritual and artistic life of the people. The diversity of culinary traditions among Russia's peoples enriches its gastronomic landscape. Multinational Russian cuisine is part of the country's culture, reflecting history, ethnography, traditions, and daily life patterns of various nations living within Russia's territory.

When studying our country's culture, it is interesting to explore regional culinary traditions because they reveal distinctive features of people's cultures. East Prussian cuisine is the result of centuries-old blending of different cultures and traditions. Its dishes reflect the region's history and natural resources. Meat-based dishes remain popular worldwide and in Baltic regions today [1,2]. Prussian (Koenigsberg) cuisine is a local national cuisine of the peoples inhabiting the Baltic region that developed over seven centuries under influences from Brandenburgian, Silesian, and Baltic cuisines. Meat played an important role in the diet of Prussian families (beef, pork, venison, game meat). Although Eastern Prussia no longer exists as a separate state, its culinary legacy continues to live on and inspire modern chefs and food lovers alike. Eastern Prussia was influenced by many nations and cultures throughout centuries. Traditional East Prussian cuisine relied on simple and accessible ingredients with main components being meat, fish, potatoes, vegetables, and grains. Traditionally, dietary habits and composition of foods depended on the season and availability of foodstuffs for rural and coastal residents. A nation's or region's national cuisine offers a wide variety of dishes but not all become iconic symbols of specific cultures. German cuisine combines diverse regional culinary traditions originating and transforming across historical

Germany territories [3]. Nowadays, the typical model of nutrition still largely resembles traditional German cuisine—consumption of meat and vegetable dishes [4].

The richness of gastronomy has increased over time due to interactions between different cultures [5]. As diversity grew, so did intercultural exchange, making culinary exploration attractive for food enthusiasts traveling around the world seeking new exotic flavors. Advances in technology and innovation have driven developments in gastronomy leading to new culinary trends. Gastronomic tourism refers to travel aimed at experiencing the unique cultural and appealing aspects of a region where consuming local cuisine plays a key role in enriching overall travel experiences [6]. Tourism creates emotional connections through symbolic interaction between locals and tourists visiting destinations, contributing significantly to destination branding development. Gastronomy can be used in destination branding strategies [7]. Food culture takes center stage in tourism, fostering alternative tourist routes in regions while preserving local resources. Gastronomic tourism is considered one of the most attractive opportunities offered in holiday locations and thus may play a significant role in resort marketing strategy [8]. National dishes define us not only individually but also collectively as societies, resulting in substantial differences in consumer tastes and preferences across countries. Taste sensations in food are enduring and evolve based on past consumption of certain products available locally [9].

Gastronomic tourism in Kaliningrad attracts more travelers eager to immerse themselves in the unique cuisine combining German, Polish, Lithuanian, and Russian culinary traditions. The city offers a range of restaurants, cafes, and street stalls serving authentic dishes linked to East Prussia's history. This article aims to analyze recipes, technical specifications, and cooking techniques for Königsberg Klopse prepared in public catering enterprises in Kaliningrad Oblast.

Материалы и методы исследований. The object of the study is the products (klopsy) of public catering establishments in the Kaliningrad region. To achieve the stated goals, the following objectives were defined: to analyze official statistics and data from analytical agencies on gastronomic tourism in the Kaliningrad region; to identify consumer gastronomic preferences; to characterize the key historical and cultural features of East Prussian cuisine in the region. The work utilized traditional methods of applying information technology to search for literary sources from various knowledge bases. Analytical and general scientific methods were applied, as well as comparative analysis techniques. In preparing the material, recipes, process charts, and technologies for preparing Königsberg klopsy at public catering establishments in the Kaliningrad region were reviewed, and the obtained data were summarized. The main results of the study consist of the analysis and systematization of information regarding the recipes and technology for preparing Königsberg klopsy at public catering establishments.

Результаты исследований и их обсуждение. The combination of Baltic nations' cuisines (Prussian, German, Russian, Polish, and Lithuanian dishes) forms the contemporary cuisine of the Kaliningrad Region. Tourist visits and gastronomic tours across various regions of Russia allow discovering traditional cuisine, customs, culture, and population of each area. For the Kaliningrad Region, the traditional meat dish is Königsberg Klopse (also known as Königsberg meatballs or Königsberger Klopse), belonging to the cuisine of East Prussia. Historically, this dish emerged in the eighteenth century and retained its status after World War II as a typical meat dish of German bourgeois cuisine.

Despite varying recipes and transformations in cooking techniques, according to classical recipes, Königsberg Klopse are boiled meatballs made from veal mixed with chopped anchovy fillets, served with capers sauce. The name of the dish comes from the German word “Klopse,” meaning small pieces of minced meat. In East Prussia and northern Germany, the term “Klopse” historically referred to boiled or fried small cutlets or croquettes made from ground meat (such as veal or pork), sautéed and then simmered in buttery sauce flavored with spices and herbs. In other Baltic regions, the word “Klopse” could apply to fish croquettes. In the city of Königsberg, this dish had another name - “Sauer Klopse” (Table 1).

The process for preparing the minced meat for Königsberg klopsy consisted of the following steps: white bread, soaked in milk and squeezed dry, was mixed with sautéed onions and parsley. The resulting mixture was then mixed with egg and minced meat (chopped with a knife or using a meat grinder). The final step involved adding anchovy fillets and lemon zest. The meatballs were formed by hand, rolling the resulting mixture into golf-ball-sized balls. Cooking was done over low heat until done. The sauce was prepared like a béchamel: flour was fried in melted butter, then broth was added, coloring was done with cream, and capers were added for a tart flavor. Depending on the region, Königsberg klopsy was traditionally accompanied by several typical side dishes, which highlight the rich flavor and aroma of the main dish. The most popular side dishes for Königsberg klopsy include: Boiled potatoes – an affordable and common side dish in various regions, highlighting the delicacy of the klopsy and helping to offset the buttery sauce, preserving the texture of the dish; Cabbage stewed with apples to add a touch of sweetness and tartness to the dish; Fresh green beans, lightly salted and seasoned with olive oil to accentuate the natural flavors of the meat and sauce; Buckwheat – a popular side dish used with many meat dishes. A modern twist on this dish is served with boiled vegetables (beets, carrots) or baked vegetables (zucchini, eggplant, or pumpkin), or pickled cucumbers or tomatoes, which impart a subtle sweet and tangy flavor. The classic recipe and preparation technology for Königsberg klops have evolved, resulting in a diverse range of klops dishes prepared at home or in catering establishments (Fig. 1). As diversity has grown, so has intercultural interaction, making travel to discover new exotic flavors attractive to food lovers. Technological advances and innovations in gastronomy have contributed to the development of gastronomy and paved the way for the creation of new culinary trends.

Table 1. The most common recipes for Königsberg klops (grams per serving)

Ingredients	Recipe for Königsberg Klops					
	1	2	3	4	5	6
Minced meat from pork and veal (beef), in a ratio of 2:1-1:1	150	-	-	-	125	150
Veal	-	100	-	-	-	-
Beef	-	-	100	100	-	-
Pork	-	42	50	60	-	-
Lard	-	-	-	40	-	-
Chicken egg, pcs.	1/2	1/4	-	2/5	1/4	1/4
Egg yolk (for sauce), pcs.	-	-	-	-	1/2	-
Onion	40	40	35	35	40	35
Garlic	-	2	-	-	-	-
Dijon or table mustard	-	-	-	-	-	4
Carrot	-	25	-	-	-	-
Bun, white bread	10	10	10	30	10	-
Anchovies	25	-	-	-	-	-
Sardines in oil or in their own juice (or herring)	-	-	50	-	-	-
Bouillon	250	-	-	100	125	190
Flour	2.5	2.5	6	4	10	5
Breadcrumbs	-	-	10	-	-	15
Butter	8	2	12.5	6	12.5	12.5
Dry white wine	25	-	25	30	-	-
Cream 10-20%	50	42	-	30	-	-
Milk	-	p/v	50	-	-	100
Sour cream	-	-	4	-	-	-
Lemon juice	2.5	-	-	12	12	-
Lime, lemon zest	2.5	p/v	1.5	-	-	-
Pickled capers	6	4	1.5	3	6	2.5
Worcestershire sauce	p/v	-	-	1	-	1.5
Salt	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v
Ground black pepper	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v
Carnation	-	¾ pcs.	-	-	p/v	-

Bay leaf	-	p/v	-	-	p/v	-
Sugar	-	-	p/v	p/v	p/v	-
Marjoram	-	-	-	p/v	-	-
Paprika	-	-	-	p/v	-	-
Nutmeg	-	-	-	-	p/v	-

Note: p/v – to taste

Currently, in some restaurants in Kaliningrad, the dish called "Königsberg Klopse" is listed on the menu as a specialty. In the Kaliningrad region, this dish remains one of the most popular among tourists and local residents today. However, Prussian culinary traditions are not always strictly observed in the preparation of Klopse. Some head chefs add modern touches to the recipes, such as reindeer meat, sprats, demi-glace, oregano, apple vinegar, etc. There are currently over a hundred known recipes for Klopse, including those made from beef, fish, game, and poultry.



Figure 1. Serving option for Königsberg klops

The composition and preparation technology of Königsberg Klopse vary depending on customer preferences and taste. Meat products can be prepared in different ways, but it's best to choose a method that minimizes fat content, meeting the demands of health-conscious modern consumers while enhancing the product's flavor [10,11]. As shown in Table, the main ingredient of Königsberg Klopse is meat: veal, beef, and pork. Like most meatball preparations, white bread soaked in milk, eggs, and onions are commonly used in the recipes. The distinguishing ingredient is fish. Traditionally, anchovies or sardines are used, lending a particular tanginess to the Klopse. However, fish is less frequently encountered in modern recipes. Recipes incorporating herring muscle tissue, as well as local fish species such as sprats and Baltic herring, do exist. The manufacturing process for Königsberg Klopse shares similarities with teftel (meatball) production (Fig. 2). Preparation begins with gathering necessary ingredients.

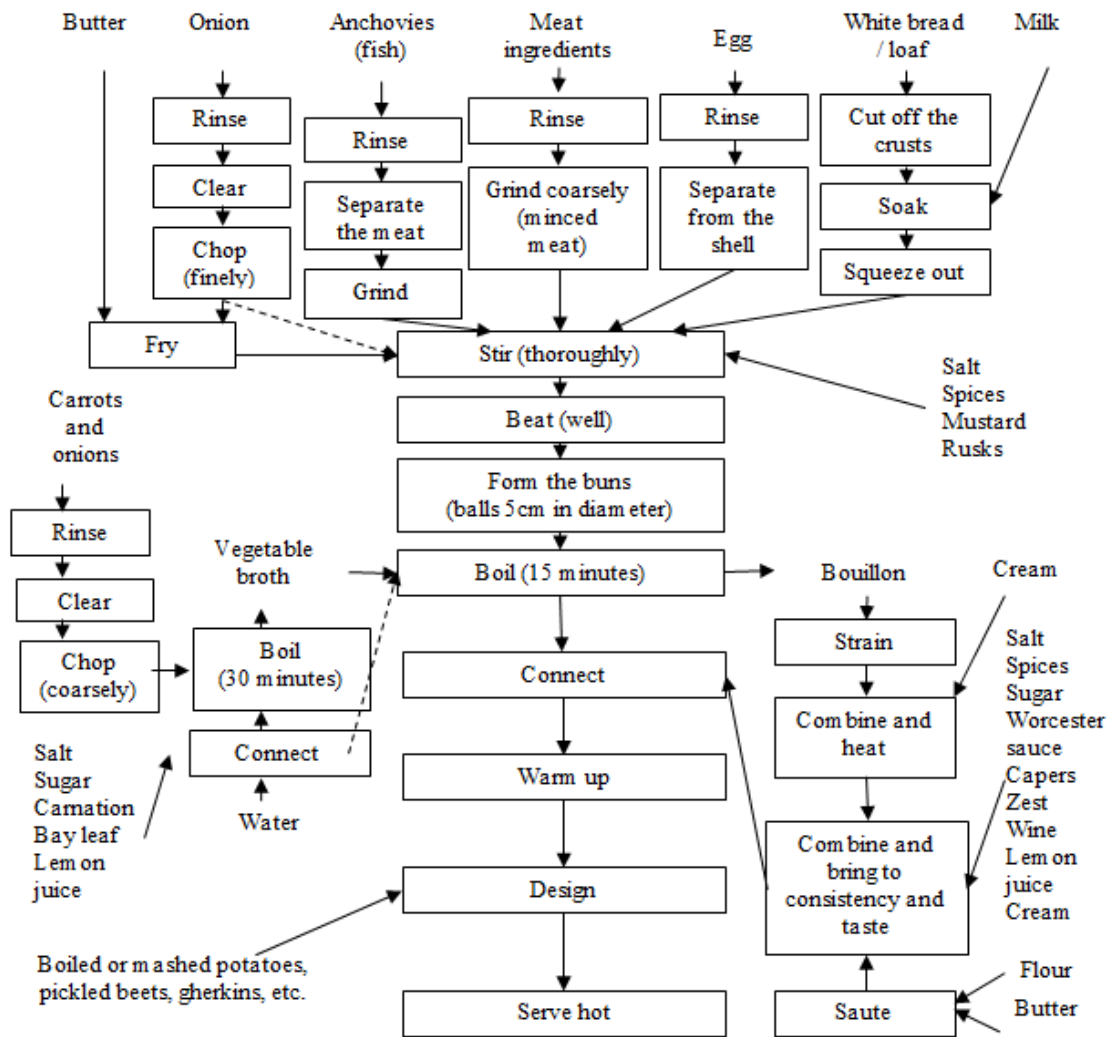


Figure 2. Technological scheme for the preparation of Königsberg klops

Onions should be finely diced and sautéed in butter until softened. Alternatively, fresh onions can be used, though it is recommended to blend them in a blender if choosing this option. Meat products such as meatballs or cutlets can be prepared by mixing ground meat with breadcrumbs, finely chopped onions, salt, spices, possibly eggs, and some food fillers [12]. Fish meat, separated from bones and other non-edible parts, is mashed. White bread is soaked in milk and then squeezed out. After mixing together the meat, onions, egg, bread, and spices, the mass is kneaded until smooth, beaten, shaped into klopse, and then gently poached in hot broth or salted water for about 15 minutes. Once ready, the klopse are transferred to a separate container, and the broth is used to prepare the sauce. For the sauce, flour must be lightly sautéed in butter before slowly whisking in the liquid mixture bit by bit, ensuring any lumps are broken up. Lemon juice, wine, zest, and capers are added to the sauce. Season with salt, pepper, and Worcestershire sauce. Finally, combine the klopse with the finished sauce and reheat everything together. Nutritional and energy values are presented in Table 2.

Table 2. Nutritional and energy value Königsberg klops

Product weight, grams	Chemical composition			Energy value, kcal.
	Proteins	Fats	Carbohydrates	
400	34,0	48,3	15,1	638
100	8,5	12,1	3,8	160

The main rule for serving is to preserve the classic appearance of the dish, creating an atmosphere of comfort and respect for the traditional recipe passed down through generations of Königsberg (now Kaliningrad) residents.

Serve at a temperature no lower than 65°C with boiled potatoes, pickled beets, and gherkins. Organoleptic characteristics: Appearance: Meatballs approximately 5 cm in diameter with a smooth surface without cracks or breaks, evenly coated with caper sauce. The color of the meatballs when cut is grayish-brown (depending on the meat used). The color of the sauce is characteristic, light cream with small inclusions of chopped capers. The consistency of the meatballs is soft and juicy. The sauce is uniform, without lumps, viscous, moderately thick. The taste and smell of the meatballs and sauce are moderately salty. The aroma and flavor are rich, pleasant, and balanced, with notes of all the ingredients.

Serving Königsberg klops in restaurants is often focused on preserving the authenticity of the recipe and creating a striking presentation. Serving details vary depending on the restaurant. Dish presentation: The klops are carefully placed on a warm plate, forming an attractive centerpiece. A chosen side dish is placed next to them, most often boiled potatoes, cut in half and sprinkled with fresh herbs. Sauce: To create an elegant backdrop and highlight the tenderness of the meat, the sauce is poured over the klops or served separately in a special bowl next to the main course. Garnish: Depending on the season, potatoes, vegetables, or salads are used, arranged around the centerpiece. Fresh herbs (parsley, dill), lemon slices, or fresh cucumber wedges can be used as decorative elements when serving, giving the composition a finished look. Sometimes fresh white bread and a pat of herb butter are offered, giving guests the opportunity to customize the serving to their taste.

Заключение. Gastronomic tourism in Kaliningrad provides an excellent opportunity to delve into the rich history and culture of the region through its culinary offerings. From traditional German dishes to fresh seafood delicacies, there is something to suit every palate. Due to the diversity of options and focus on high-quality ingredients, Kaliningrad is becoming increasingly attractive for gourmet travelers worldwide. This paper presents an analysis of recipes, technological maps, and preparation techniques for Königsberg-style meatballs (Königsberger Klopse) in catering establishments located in the Kaliningrad region. The study revealed that Prussian culinary traditions are not always strictly adhered to during the preparation of these meatballs. Head chefs in catering institutions introduce variations in both recipes and preparation techniques when creating Königsberger Klopse. Currently, more than a hundred recipes for this dish exist. At present, some restaurants in Kaliningrad feature Königsberger Klopse prominently on their menus as signature dishes. These meatballs continue to be one of the most popular items enjoyed by tourists and visitors to dining establishments in the region.

Список источников

1. Gagaoua M, Hiba Ryma B. Ethnic meat products of the North African and Mediterranean countries: An overview. *Journal of Ethnic Foods*. 2018; 5:83-98. <https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.02.004>.
2. Koch F, Heuer T, Krems C, Claupein E. Meat consumers and non-meat consumers in Germany: a characterisation based on results of the German National Nutrition Survey II. *Journal of Nutritional Science*. 2019;8:e21. <https://doi.org/10.1017/jns.2019.17>.
3. Strassner C. Food, nutrition and health in Germany. *Nutritional and Health Aspects of Food in Western Europe*. 2020; 2: 133-158. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813171-8.00008-1>
4. Ukleja A, Szostak-Wegierek D, Waškiewicz A, Aranowska A, Drygas W. Differences in food consumption in regions of Poland that had been previously under Austrian, Prussian and Russian annexations. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*. 2019; 70. <https://doi.org/10.32394/rpzh.2019.0079>.
5. Kofahl D, Ploeger A. German nutritional culture. Trends and changes perspectives of a modern culture science. 2012; 59:386-391. <https://doi.org/10.4455/eu.2012.970>.

6. Recuero-Virto N, Valilla-Arróspide C. Culinary destination enchantment: The strategic interplay of local gastronomy in regional tourism development. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2024; 36. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100931>.
7. Čavić S, Čurčić N, Radivojevic N, Gardašević ŽJ, Lakićević M. Gastronomic manifestation in the function of branding a tourist destination, *Marketing Intelligence & Planning*. 2024; 42(5):749-770. <https://doi.org/10.1108/MIP-07-2023-0352>.
8. Yıkmış S, Türkol M, Abdi G, İmre M, Alkan G, Turk AS, Rabail R. Culinary trends in future gastronomy. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024; 18:101363. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101363>.
9. Wunderlich AC, Kohler A. Data of National Dishes in the Developed and Developing Countries in the World, Their Similarity and Trade Flows. *Data*. 2022; 7(11):142. <https://doi.org/10.3390/data7110142>.
10. Mehta VH, Goswami M, Pathak V, Verma AK, Rajkumar V. Effect of different cooking methods on quality characteristics of turkey meat cutlets. *Nutrition & Food Science*. 2022; 52(3): 413-422. <https://doi.org/10.1108/NFS-12-2020-0454>.
11. Singh T, Chatli MK, Kumar P, Mehta N, Malav O. Effect of Different Cooking Methods on the Quality Attributes of Chicken Meat Cutlets. *Journal of Animal Research*. 2015; 5:547-554. <https://doi.org/10.5958/2277-940X.2015.00092.3>.
12. Keşkekoğlu H, Uren A. Inhibitory effects of pomegranate seed extract on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef and chicken meatballs after cooking by four different methods. *Meat Sci*. 2014; 96(4):1446-1451. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.12.004>

References

1. Gagaoua M, Hiba Ryma B. Ethnic meat products of the North African and Mediterranean countries: An overview. *Journal of Ethnic Foods*. 2018; 5:83-98. <https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.02.004>.
2. Koch F, Heuer T, Krems C, Claupein E. Meat consumers and non-meat consumers in Germany: a characterisation based on results of the German National Nutrition Survey II. *Journal of Nutritional Science*. 2019;8:e21. <https://doi.org/10.1017/jns.2019.17>.
3. Strassner C. Food, nutrition and health in Germany. *Nutritional and Health Aspects of Food in Western Europe*. 2020; 2: 133-158. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813171-8.00008-1>
4. Ukleja A, Szostak-Wegierek D, Waśkiewicz A, Aranowska A, Drygas W. Differences in food consumption in regions of Poland that had been previously under Austrian, Prussian and Russian annexations. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*. 2019; 70. <https://doi.org/10.32394/rpzh.2019.0079>.
5. Kofahl D, Ploeger A. German nutritional culture. Trends and changes perspectives of a modern culture science. 2012; 59:386-391. <https://doi.org/10.4455/eu.2012.970>.
6. Recuero-Virto N, Valilla-Arróspide C. Culinary destination enchantment: The strategic interplay of local gastronomy in regional tourism development. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2024; 36. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100931>.
7. Čavić S, Čurčić N, Radivojevic N, Gardašević ŽJ, Lakićević M. Gastronomic manifestation in the function of branding a tourist destination, *Marketing Intelligence & Planning*. 2024; 42(5):749-770. <https://doi.org/10.1108/MIP-07-2023-0352>.
8. Yıkmış S, Türkol M, Abdi G, İmre M, Alkan G, Turk AS, Rabail R. Culinary trends in future gastronomy. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024; 18:101363. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101363>.
9. Wunderlich AC, Kohler A. Data of National Dishes in the Developed and Developing Countries in the World, Their Similarity and Trade Flows. *Data*. 2022; 7(11):142. <https://doi.org/10.3390/data7110142>.
10. Mehta VH, Goswami M, Pathak V, Verma AK, Rajkumar V. Effect of different cooking methods on quality characteristics of turkey meat cutlets. *Nutrition & Food Science*. 2022; 52(3): 413-422. <https://doi.org/10.1108/NFS-12-2020-0454>.
11. Singh T, Chatli MK, Kumar P, Mehta N, Malav O. Effect of Different Cooking Methods on the Quality Attributes of Chicken Meat Cutlets. *Journal of Animal Research*. 2015; 5:547-554. <https://doi.org/10.5958/2277-940X.2015.00092.3>.
12. Keşkekoğlu H, Uren A. Inhibitory effects of pomegranate seed extract on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef and chicken meatballs after cooking by four different methods. *Meat Sci*. 2014; 96(4):1446-1451. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.12.004>

Информация об авторах

Ольга Николаевна Анохина – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания Калининградского государственного технического университета, Scopus ID: 0000-0003-1918-4690, Researcher ID: ACP-7207-2022;

Амаль Калуш – PhD, доцент Высшей школы пищевых наук и агропродовольственной промышленности, Алжир, Scopus ID: 0000-0001-5174-4593;

Урида Айссауи – PhD, доцент кафедры пищевых наук института прикладной науки и технологии Университета Санд-Дахлаб, Алжир, Scopus ID: 0000-0001-8788-1047;

Нина Анатольевна Фролова – доктор технических наук, профессор инжиниринга технологического оборудования Калининградского государственного технического университета, Scopus ID: 0000-0003-0141-1998;

Василий Владимирович Верхотуров – доктор биологических наук, профессор института агроинженерии и пищевых систем Калининградского государственного технического университета, Scopus ID: 0000-0003-2979-9867, Researcher ID: Z-1508-2018.

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

Information about the authors

Olga N. Anokhina – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor, Department of food technology of Kaliningrad State Technical University, Scopus ID: 0000-0003-1918-4690, Researcher ID: ACP-7207-2022

Amal Kahlouche – PhD, (Techn.), Associate Professor, High School of Food Science and Agri-Food Industries, Ahmed Hamidouche Avenue, Scopus ID: 0000-0001-5174-4593.

Ourida Aissaoui – PhD, (Techn.), Associate Professor, Department of Food science, Institute of applied Science and technology, University of Sand Dahlab, Scopus ID: 0000-0001-8788-1047.

Nina A. Frolova – Dr. Sci. (Techn), Professor, professor of process engineering of the Kaliningrad State Technical University, Scopus ID: 0000-0003-0141-1998.

Vasili V. Verkhoturov – Dr. Sci. (Biol.), Professor, Director of the Institute of Agricultural Engineering and Food Systems of the Kaliningrad State Technical University, Scopus ID: 0000-0003-2979-9867, Researcher ID: Z-1508-2018.

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

[Научная статья]



УДК 635.752: 664.859:547.458

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.11>

Исследование физико-химических и технологических показателей инулин-содержащего концентрата из корнеплодов цикория корневого сорта «Ярославский – 1»

Полина Николаевна Шаповалова¹, Альберт Хамед-Харисович Нугманов^{1,*}, Сергей Александрович Масловский², Павел Дмитриевич Осмоловский¹, Арина Александровна Одинцова^{1,5}

¹ ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

² ФГБНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ», Московская область, Пушкинский р-н, р.п. Правдинский, Россия
shapovalova@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0009-0001-7406-7668>
nugmanov@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4093-9982>
smaslowiskij@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9183-656>
pavel.osmolovsku@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1131-1552>
odintsowaarina@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8033-7820>

*Автор, ответственный за переписку: Альберт Хамед-Харисович Нугманов, nugmanov@rgau-msha.ru

Аннотация. Современная пищевая промышленность ориентирована на производство функциональных продуктов, среди которых особое место занимают пребиотики. Ключевым и перспективным пребиотиком является инулин, который не только стимулирует рост полезной микрофлоры кишечника, но и обладает ценными технологическими свойствами. Основным источником для его промышленного производства является корневой цикорий. В связи с этим актуальной задачей является оценка качества инулинового концентрата, полученного из новых сортов, таких как отечественный сорт «Ярославский-1». Целью данного исследования являлась оценка физико-химических, технологических и функциональных свойств инулинового концентрата, экстрагированного из корнеплодов цикория сорта Ярославский-1. Результаты исследования показали, что полученный концентрат характеризуется высоким содержанием инулина (78,2 г/100 г сухих веществ). Содержание моносахаридов, в частности глюкозы и фруктозы, было относительно не высоким на уровне 4,8 и 6,2 % соответственно, что свидетельствует о незначительном гидролизе полисахарида. Инулиновый концентрат имел слабокислую реакцию среды (рН=5,8) и умеренную вязкость (2,8 мПа·с), что благоприятно для его технологического применения. Биологические испытания подтвердили выраженные пребиотические свойства, так как экстракт стимулировал рост и развитие бифидобактерий *Bifidobacterium bifidum* и *Bifidobacterium longum* и повышал их устойчивость к кислотному стрессу и желчным кислотам. Кроме того, было установлена значительная антиоксидантная активность (IC₅₀ в тесте с DPPH – 0,45 мг/мл). Таким образом, инулиновый концентрат из цикория корневого сорта Ярославский -1 обладает высоким качеством и комплексом функциональных свойств, что делает его ценным ингредиентом для создания обогащенных пищевых продуктов с заданными свойствами и антиоксидантными характеристиками.

Ключевые слова: инулиновый концентрат, цикорий корневой, пребиотик, качество продукции, функциональные продукты, антиоксидантная активность, физико-химические свойства.

© Шаповалов П.Н., Нугманов А. Х-Х, Масловский С.А., Осмоловский П.Д., Одинцова А.А., 2026.

Для цитирования: Шаповалов П.Н., Нугманов А. Х-Х, Масловский С.А., Осмоловский П.Д., Одинцова А.А. Исследование физико-химических и технологических показателей инулин-содержащего концентрата из корнеплодов цикория корневого сорта «Ярославский – 1» // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 144-152. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.11>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

Research article

Investigation of physico-chemical and technological parameters of inulin-containing concentrate from chicory root crops of the «Yaroslavsky –1» root variety

Polina N. Shapovalova¹, Albert H.-H. Nugmanov¹, Sergey A. Maslovsky², Pavel D. Osmolovskiy¹, Arina A. Odintsova¹

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (RSAU – MTAА), Moscow, Russia

²FSBI «ROSINFORMAGROTECH», Moscow region, Pushkinsky district, Pravdinsky settlement, Russia.

shapovalova@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0009-0001-7406-7668>

nugmanov@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4093-9982>

smaslowskij@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9183-656>

pavel.osmolovsku@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1131-1552>

odintsowaarina@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8033-7820>

* **Corresponding author:** Albert H.-H. Nugmanov, nugmanov@rgau-msha.ru

Abstract. The modern food industry is focused on the production of functional products, among which prebiotics occupy a special place. A key and promising prebiotic is inulin, which not only stimulates the growth of beneficial intestinal microflora, but also has valuable technological properties. The main source for its industrial production is chicory root. In this regard, an urgent task is to assess the quality of inulin concentrate obtained from new varieties, such as the domestic variety Yaroslavsky-1. The purpose of this study was to evaluate the physico-chemical, technological and functional properties of inulin concentrate extracted from chicory roots of the Yaroslavsky-1 variety. The results of the study showed that the resulting concentrate is characterized by a high inulin content (78.2 g/100 g of solids). The content of monosaccharides, in particular glucose and fructose, was relatively low at the level of 4.8 and 6.2%, respectively, which indicates a slight hydrolysis of the polysaccharide. The inulin concentrate had a slightly acidic reaction of the medium (pH=5.8) and a moderate viscosity (2.8 MPa·s), which is favorable for its technological application. Biological tests confirmed the pronounced prebiotic properties, as the extract stimulated the growth and development of *Bifidobacterium bifidum* and *Bifidobacterium longum* Bifidobacteria and increased their resistance to acid stress and bile acids. In addition, significant antioxidant activity was found (IC₅₀ in the DPPH test was 0.45 mg/ml). Thus, inulin concentrate from chicory of the Yaroslavsky -1 root variety has high quality and a complex of functional properties, which makes it a valuable ingredient for creating fortified foods with desired properties and antioxidant characteristics.

Key words: inulin concentrate, root chicory, prebiotic, product quality, functional products, antioxidant activity, physico-chemical properties

For citation: Shapovalov P.N., Nugmanov A.Kh-Kh, Maslovsky S.A., Osmolovsky P.D., Odintsova A.A. Study of the Physical, Chemical, and Technological Properties of an Inulin-Containing Concentrate from the Roots of the Yaroslavsky-1 Root Cichorium. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):144-152. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.11>

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

The article was submitted 01.12.2025;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026.

Введение. Современная пищевая перерабатывающая промышленность переживает структурную трансформацию, в связи с растущим спросом на функциональные продукты питания и пищевые ингредиенты. Одной из областей производства таких продуктов является выработка пребиотических ингредиентов – веществ, избирательно стимулирующих рост полезной микрофлоры кишечника, что, в свою очередь, оказывает положительное влияние на общее состояние здоровья организма человека. Одним из таких перспективных компонентов является полисахарид инулин из группы фруктанов, занимающий лидирующие позиции, который помимо доказанных пребиотических свойств обладает рядом положительных технологических свойств, таких как улучшение текстуры продуктов питания и регулирование уровня сахара в крови [1, 2].

Основным источником среди возобновляемого растительного сырья является корневой цикорий, который накапливает в своих корнеплодах порядка 20 % и более данного полифруктозана от сухой массы. Особый интерес в этом плане представляют новые сорта отечественной селекции, в частности, сорт цикория корневого «Ярославский-1». Данный сорт районирован для центральной нечерноземной зоны Российской Федерации, а высокое содержание инулина в нём делают его оптимальной культурой для промышленного возделывания [3].

Ключевым продуктом переработки цикория является инулиновый концентрат, качество которого напрямую определяет его функциональные свойства, технологическую эффективность применения и, как следствие, потребительскую ценность. Важной задачей технологии процесса является максимально эффективная экстракция инулина из матрицы растительного сырья с максимальным выходом и сохранением его молекулярной структуры, что напрямую влияет на пребиотическую активность. Решающим фактором, определяющим качество инулинового концентрата, выступает ряд микробиологических, технологических и физико-химических показателей. Среди наиболее значимых из них - это общее содержание инулина и доля его высокомолекулярных фракций; доля моносахаридов, таких как глюкоза и фруктоза, а также балластных веществ – сахарозы, золы, в получаемом концентрате; биологическая ценность продукта, включающая характеристику пребиотических свойств и антиоксидантной активности; значение уровня pH и вязкости; органолептические (цвет, вкус, наличие посторонних привкусов, растворимость) и микробиологические характеристики [4, 5].

Таким образом, анализ комплексных показателей качества инулинового концентрата есть необходимое условие для возможности прогнозирования его качества и функционального изменения в составе пищевых продуктов и для разработки документации (регламентов), обеспечивающих выпуск стандартизованного продукта, с определенными заданными свойствами [6].

Целью настоящего исследования являлась комплексная оценка ключевых физико-химических и технологических показателей качества инулинового концентрата, полученного из корнеплодов цикория корневого, и установление корреляций между этими показателями и условиями проведения технологического процесса.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования являлся инулиновый концентрат из корнеплодов цикория корневого сорта «Ярославский 1» урожая 2023 года, выращенного на полях селекционного центра и экспериментальной базы ВНИИО-филиала ФГБНУ ФНЦО в Московской области. Количественное определение массовой доли инулина выполнялось ферментативным способом с применением набора реагентов Megazyme K-INUL 03/19. Измерительные процедуры осуществлялись

спектрофотометрически с использованием прибора «Shimadzu UV-1800» (Япония) [7]. Анализ содержания глюкозы и фруктозы в образце сока проводился методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), снабженной рефрактометрическим детектором (RID). Использовалась хроматографическая система Agilent 1260 Infinity II LC System с детектором RID. Процесс разделения компонентов осуществлялся на колонке Aminex HPX-87C (300x7.8 mm, Bio-Rad). Измерение величины водородного показателя (рН) в инулиновом концентрате выполнялось потенциометрическим методом с применением рН-метра Mettler Toledo SevenCompact S220, оснащенного калиброванным электродом InLab Expert Pro. Определение коэффициента динамической вязкости инулинового концентрата проводилось с использованием капиллярного вискозиметра модели ВПЖ-2 (диаметр капилляра 0,8 мм). Изучение влияния инулинового концентрата на скорость роста бифидобактерий проводилось в условиях культивирования штаммов *Bifidobacterium bifidum* ATCC 29521 и *Bifidobacterium longum* ATCC 15707 в модифицированной питательной среде MRS (de Man, Rogosa and Sharpe). Интенсификация роста бактерий оценивалась путем измерения оптической плотности (OD600) суспензий на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 [8].

– Для тестирования устойчивости к кислотному стрессу и желчным кислотам, бифидобактерии выращивались, после осаждались центрифугированием, промывались и повторно суспендировались в буферном растворе с рН 2,5 (имитация желудочного сока), и в растворе, содержащем 0,3% (масс. /об.) желчных кислот. Оценка жизнеспособности микроорганизмов выполнялась методом подсчета колониеобразующих единиц (КОЕ/мл) на чашках Петри с агаризованной средой MRS до и после инкубации.

– Антиоксидантный потенциал исследовался с использованием стабильного свободного радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил). Инулиновый экстракт в различных концентрациях (от 0,1 до 1 мг/мл) смешивался с метанольным раствором DPPH. После инкубации смесей в течение 30 минут при комнатной температуре проводилось измерение величины поглощения при длине волны 517 нм на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 [9].

Результаты исследования и их обсуждения. Важнейшим показателем качества, полученного инулинового концентрата является оценка содержания в нем целевого компонента, а именно инулина. Данные, полученные в ходе эксперимента, систематизированы в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения массовой доли инулина в инулиновом экстракте, выраженные в г / 100 г сухих веществ / Table 1 – The results of the determination of the mass fraction of inulin in inulin extract, expressed in g / 100 g of dry matter

Вариант					Среднее значение
1	2	3	4	5	
Массовая доля инулина, г/100 г сухих веществ					
79,80	75,60	79,10	78,60	77,90	78,2±2,0

Интерпретация результатов, представленных в таблице 1, позволила установить, что средний показатель массовой доли инулина в сухих веществах инулинового концентрата достиг значения 78,2 (г/100 г).

Полученные данные служат подтверждением того, что исследуемый инулиновый экстракт представляет собой продукт, богатый инулином, что открывает перспективы для его применения в создании функциональных пищевых продуктов, таких как специализированная продукция для лиц с диабетом или продукты, улучшающие работу пищеварительной системы за счет пребиотического эффекта.

Результаты эксперимента по определению концентрации массовых долей глюкозы и фруктозы отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты установления массовой доли глюкозы и фруктозы в инулиновом концентрате, выраженные в г на 100 г сухих веществ / Table 2 – Results of determining the mass fraction of glucose and fructose in inulin concentrate, expressed in g per 100 g of dry matter

Вариант					Усредненное значение
1	2	3	4	5	
Массовая доля фруктозы, г/100 г сухих веществ					
6,30	6,40	6,50	6,10	5,70	6,20±0,40
Массовая доля глюкозы, г/100 г сухих веществ					
4,50	4,40	5,10	4,90	5,10	4,80±0,40

На основании данных таблицы 2 можно заключить, что концентрация глюкозы и фруктозы в соке составила $4,8 \pm 0,4$ г/100 г и $6,2 \pm 0,4$ г/100 г сухих веществ соответственно. Присутствие этих моносахаридов может быть следствием частичного гидролиза инулина на стадиях экстракции и подготовки сока, а также их исходного наличия в корне цикория в свободной форме. Наблюдаемое небольшое превышение содержания фруктозы над глюкозой (соотношение более 1) является типичным для продуктов, содержащих инулин, поскольку его гидролиз приводит преимущественно к образованию фруктозы.

Определение водородного показателя является очень важным этапом его как технологической, так и качественной характеристики ввиду влияния кислотности среды на микробиологическую контаминацию, общую биологическую и технологическую стабильность целевого компонента и потенциале его успешном взаимодействии с другими ингредиентами в пищевых системах функциональных продуктов. Результаты эксперимента по определению величины рН в инулиновом концентрате зафиксированы в таблице 3

Таблица 3 – Результаты определения величины рН в инулиновом концентрате потенциометрическим методом / Table 3 – Results of determination of the pH value in inulin concentrate by the potentiometric method

Номер эксперимента					Среднее значение
1	2	3	4	5	
Значение рН					
5,80	5,70	5,60	5,70	6,20	5,80±0,3

Согласно данным таблицы 3, величина рН инулинового концентрата составила $5,8 \pm 0,3$, что указывает на слабокислую реакцию среды. Подобный уровень кислотности является благоприятным как для сохранения стабильности инулина, так и для ингибирования развития нежелательной микрофлоры.

Следующим этапом исследования стало определение коэффициента динамической вязкости продукта. Данный параметр может выступать в качестве показателя, влияющего на прогнозирование и контроль функционально-технологических свойств, таких как сила структурообразования, устойчивость получаемых суспензий и влагоудерживающую способность. Данный показатель тесно коррелирует с показателем степени полимеризации молекулярной массой самого инулина

Результаты проведенных исследований в этой части исследования представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты определения коэффициента динамической вязкости инулинового концентрата / Table 4 – Results of the determination of the dynamic viscosity coefficient of inulin concentrate

Вариант					Усредненное значение
1	2	3	4	5	
Вязкость, мПа·с					
2,90	2,70	2,80	2,50	3,10	2,80±0,3

Умеренно высоковязкие концентраты инулина ($2,8 \pm 0,3$ мПа·с) склонны к формированию гелей при взаимодействии с водой. Данное свойство может быть востребовано в области замены жировой фракции в обезжиренной продукции молочного профиля (йогурты, творожки). Такие значения обусловлены высокой значительной концентрацией полисахаридов, в частности инулина. Высокая вязкость свидетельствует о том, что инулин склонен к высокой водоудерживающей способности, что напрямую оказывает влияние на консистенцию и срок годности изготавливаемых с его добавлением пищевых функциональных продуктов.

Дальнейшее исследование инулинового концентрата предполагает оценку биологической ценности или биологической эффективности. Для этого были применены способы анализа пробиотических свойств и оценка антиоксидантной активности, а также оценка устойчивости к специфическим особенностям сред желудочно-кишечного тракта.

Внесение инулинового концентрата в состав питательной среды оказало стимулирующее действие на рост бифидобактерий *B. bifidum* и *B. longum*. При оптимальной концентрации сока 1% было зафиксировано увеличение оптической плотности (OD600) для *B. bifidum* в 1,8 раза, а для *B. longum* — в 2,1 раза относительно контроля (среда без добавок). Стимулирующий эффект был сопоставим с действием известного пребиотика — фруктоолигосахаридов (ФОС). Эти результаты позволяют предположить, что компоненты, входящие в состав инулинового концентрата, оказывают протекторное воздействие на клетки бактерий, усиливая их толерантность к стрессовым факторам, характерным для желудочно-кишечного тракта.

Кроме того, бифидобактерии, которые прошли предварительную адаптацию в среде с 1% инулинового концентрата, продемонстрировали повышенную резистентность к воздействию низких значений pH и желчных кислот. Уровень выживаемости *B. bifidum* после двухчасовой инкубации в среде с pH 2,5 составил 65 %, а в растворе желчных кислот — 72 %. Для штамма *B. Longum* данные показатели были еще выше — 70 % и 78 % соответственно.

Инулиновый концентрат показал значительную антиоксидантную активность в рамках примененных методов. В тесте с DPPH значение IC₅₀ (концентрация, требуемая для подавления 50 % радикалов) составила 0,45 мг/мл. В FRAP-тесте восстановительная способность сока была оценена в 350 ± 15 мкмоль эквивалентов Fe²⁺ на грамм сухих веществ. Это свидетельствует о выраженной способности сока действовать как восстановитель и подтверждает наличие в его составе соединений с высокой антиоксидантной активностью.

Проведенные исследования в совокупности свидетельствуют о высоком уровне биологической ценности инулинового экстракта, полученного из корневого цикория. Экстракт обладает хорошо выраженными пробиотическими свойствами, стимулируя рост полезных бифидобактерий и повышая их выживаемость в условиях, имитирующих желудочно-кишечный тракт. Параллельно сок проявляет значительную антиоксидантную активность, что, вероятно, связано с присутствием в его составе фенольных соединений и других антиоксидантов.

Заключение. Таким образом, на основании проведенного комплекса исследований следует сделать заключительный вывод о том, что инулин-содержащий экстракт, или инулиновый концентрат, извлеченный из корнеплодов цикория корневого сорта «Ярославский-1», обладает совокупностью ценных свойств. Данный продукт характеризуется высокой концентрацией инулина, хорошими реологическими, микробиологическими и органолептическими показателями. Продукт доказал свою биологическую эффективность и обладает широкими перспективами для применения в различных секторах пищевой промышленности и нутрициологии. Полученные результаты убедительно демонстрируют, что инулиновый концентрат, произведенный из корня цикория корневого сорта «Ярославский 1», обладает ценными физико-химическими

характеристиками и выраженной биологической активностью. Высокое содержание инулина, подтвержденная антиоксидантная активность и способность избирательно стимулировать рост полезной кишечной микрофлоры позволяют охарактеризовать полученный из корнеплодов цикория сорта «Ярославский-1», как продукт, обладающий совокупностью ценных свойств, определяющих его высокий технологический и функциональный потенциал.

Список источников

1. Титова Л.М., Алексанян И.Ю. Технология инулина: основные тенденции развития отрасли и спорные вопросы // Пищевая промышленность. 2016. № 1. С. 46-51.
2. Бычкова, Е.С., Госман Д.В., Бычков А.Л. Современное состояние и перспективы развития производства продуктов функционального назначения // Пищевая промышленность. 2020. № 5. С. 31-34. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10051>.
3. Hume M.E. Historic perspective: Prebiotics, probiotics, and other alternatives to antibiotics // Poultry Science. 2011. Vol. 90 (11). P. 2663–9. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01030>.
4. Сычев И.А., Калинин О.В., Лаксаева Е.А. Биологическая активность растительных полисахаридов // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2009. Т. 17, № 4. С. 143-148.
5. Пучкова Т.С., Бызов В.А., Пихало Д.М., Карасев О.М. Технологическая оценка и требования к качественным показателям топинамбура и цикория для переработки на инулин и его производные // Агро-инновации. 2020. № 1-2 (3-4). С. 60-76.
6. Franck, A. (2002) Technological functionality of inulin and oligofructose. British Journal of Nutrition. 2002. Vol. 87. P. 287-291. <https://doi.org/10.1079/BJNBJN/2002550>.
7. Пучкова Т.С., Бызов В.А., Пихало Д.М., Карасева О.М. Технологическая оценка и требования к качественным показателям топинамбура и цикория для переработки на инулин и его производные // Пищевая промышленность. 2021. № 10. С. 86-91. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.10.10.012>.
8. Бегунова А.В., Савинова О.С., Рожкова И.В., Крысанова Ю.И., Федорова Т.В. Оценка пробиотического потенциала и функциональных свойств *Lactobacillus reuteri* LR1 in vitro // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56. № 5. С. 472-482. <https://doi.org/10.31857/S0555109920050049>.
9. Гнеушева, И. А. изучение пробиотической и антиоксидантной активности молочнокислых бактерий / И. А. Гнеушева // Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения : материалы международной научно-практической интернет конференции по актуальным проблемам в области биотехнологии, Орел, 30 октября 2020 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2020. С. 276-281.

References

1. Titova LM, Aleksanyan IYu Inulin technology: the main trends in the development of the industry and controversial issues // Food industry. 2016;1:46-51. (In Russ.).
2. Bychkova ES, Gosman DV, Bychkov AL The current state and prospects of the production of functional products // The food industry. 2020; 53:31-34. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10051>. (In Russ.).
3. Hume ME Historical perspective: Prebiotics, probiotics, and other alternatives to antibiotics // Poultry Science. 2011;90 (11):2663–9. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01030>.
4. Sychev IA, Kalinkina OV, Laksaeve EA Biological activity of plant polysaccharides // Russian Medical and Biological Bulletin named after academician I.P. Pavlov. 2009;17 (4):143-148. (In Russ.).
5. Puchkova TS, Byzov VA, Pikhalo D.M., Karasev OM Technological assessment and quality requirements for jerusalem artichoke and chicory for processing into inulin and its derivatives // Agro-innovations. 2020;1-2 (3-4):60-76. (In Russ.).
6. Franck A Technological functionality of inulin and oligofructose. British Journal of Nutrition. 2002; 87:287-291. <https://doi.org/10.1079/BJNBJN/2002550>.
7. Puchkova TS, Byzov VA, Pikhalo DM, Karaseva OM Technological assessment and quality requirements for jerusalem artichoke and chicory for processing into inulin and its derivatives // Food industry. 2021;10:86-91. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.10.10.012>. (In Russ.).

8. Begunova AV, Savinova OS, Rozhkova IV, Krysanova YuI, Fedorova TV Assessment of probiotic potential and functional properties of *Lactobacillus reuteri* LR1 in vitro // Applied Biochemistry and Microbiology. 2020. Vol. 56. No. 5. pp. 472-482. <https://doi.org/10.31857/S0555109920050049>. (In Russ.).
9. Gneusheva IA Study of probiotic and antioxidant activity of lactic acid bacteria / I. A. Gneusheva // Rational use of raw materials and creation of new biotechnological products : proceedings of the international scientific and practical Internet conference on topical issues in the field of biotechnology, Orel, October 30, 2020. – Orel: Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, 2020:276-281. (In Russ.).

Информация об авторах

Полина Николаевна Шаповалова – преподаватель кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, <http://orcid.org/0009-0001-7406-7668>, shapovalova@rgau-msha.ru

Альберт Хамед-Харисович Нугманов – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, <http://orcid.org/0000-0002-4093-9982>, nugmanov@rgau-msha.ru

Сергей Александрович Масловский – к.с.-х.н., доцент, ведущий научный сотрудник отдела научно-информационного обеспечения Инновационного развития АПК, ФГБНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ», <http://orcid.org/0000-0001-9183-6564>, smaslowiskij@rambler.ru

Павел Дмитриевич Осмоловский – к.с.-х.н., доцент кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева <http://orcid.org/0000-0003-1131-1552>, pavel.osmolovsku@mail.ru

Арина Александровна Одинцова – преподаватель кафедры управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, <http://orcid.org/0000-0002-8033-7820>, odintsowaarina@rgau-msha.ru

Вклад авторов:

Шаповалова П.Н. – проведение эксперимента, обработка данных эксперимента, полученных в ходе исследования;

Нугманов А.Х.-Х. – обоснование концепции исследования, контроль над проведением научного исследования;

Масловский С.А. – научное руководство, разработка концепции научного исследования, контроль над проведением научного исследования;

Осмоловский П.Д. – обработка данных эксперимента, полученных в ходе исследования, подготовка научной статьи под требования журнала;

Одинцова А.А. – обзор литературных источников, их анализ.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов **Information about the authors**

Information about the authors

Polina N. Shapovalova – lecturer at the Department of Technology of Storage and Processing of Fruit and Vegetable and Crop Products, K.A. Timiryazev Russian State Agricultural Academy, <http://orcid.org/0009-0001-7406-7668>, shapovalova@rgau-msha.ru

Albert H.-H. Nugmanov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Fruit and Vegetable and Crop Products, K.A. Timiryazev Russian State Agricultural Academy, <http://orcid.org/0000-0002-4093-9982>, nugmanov@rgau-msha.ru

Sergey A. Maslovsky – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Department of Scientific and Information Support for the Innovative Development of the Agroindustrial Complex, ROSINFORMAGROTECH Federal State Budgetary Scientific Institution, <http://orcid.org/0000-0001-9183-6564>, smaslowiskij@rambler.ru

Pavel D. Osmolovskiy – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Fruit and Vegetable and Crop Products, K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy <http://orcid.org/0000-0003-1131-1552>, pavel.osmolovsku@mail.ru

Arina A. Odintsova – lecturer at the Department of Quality Management and Commodity Science of Products, K.A. Timiryazev Moscow State Agricultural Academy, <http://orcid.org/0000-0002-8033-7820>, odintsowaarina@rgau-msha.ru

Contribution of the authors:

Shapovalova P.N. – conducting an experiment, processing experimental data obtained during the study;

Nugmanov A.H.-H. – substantiation of the research concept, control over the conduct of scientific research;

Maslovsky S.A. – scientific guidance, development of the concept of scientific research, control over the conduct of scientific research;

Osmolovskiy P.D. – processing of experimental data obtained during the research, preparation of a scientific article for the requirements of the journal;

Odintsova A.A. – review of literary sources, their analysis.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Научная статья
УДК 321
<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.11>



Разработка инновационного технологического подхода к процессу центрифугирования утфеля в сахарном производстве

Александр Юрьевич Назаров^{1*}

¹ Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева
г. Москва, Россия
¹alexnazarov2025@mail.ru

*Автор, ответственный за переписку: **Александр Юрьевич Назаров**, alexnazarov2025@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема низкой эффективности классической технологии центрифугирования утфеля I кристаллизации. Проанализированы существующие решения, в том числе патент № 2827984, и выявлены их ограничения, связанные с отсутствием адаптации к изменяющимся свойствам утфеля. Предложена усовершенствованная технология (патент № 2845567), использующая «гибкую» программу управления процессом. Особое внимание уделено оптимизации момента промывки кристаллов на основе контроля давления оттока. Внедрение данного подхода позволяет повысить выход сахара на 0,9% и улучшить его ключевые качественные показатели. Статья будет полезна исследователям и технологам сахарной промышленности.

Ключевые слова: сахарное производство, утфель I кристаллизации, центрифугирование, гибкая программа, промывка кристаллов, выход сахара, качество сахара.

Для цитирования: Назаров А.Ю. Разработка инновационного технологического подхода к процессу центрифугирования утфеля в сахарном производстве. // Современная наука и инновации. 2026. №1. С. 153-105. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.11>

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

The article was submitted **01.12.2025**;
approved after reviewing **01.02.2026**;
accepted for publication **01.03.2026**.

Research article

Development of an innovative technological approach to the masseuite centrifugation process in sugar production

Alexander Yuryevich Nazarov^{1*}

¹ Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev Moscow, Russia
¹alexnazarov2025@mail.ru

*Corresponding author: **Alexander Yurievich Nazarov**, alexnazarov2025@mail.ru

© Назаров А.Ю., 2026

Abstract. The article discusses the problem of low efficiency of the classical technology of centrifugation of utfel I crystallization. The existing solutions, including patent No. 2827984, are analyzed and their limitations related to the lack of adaptation to the changing properties of the wafer are revealed. An improved technology has been proposed (patent No. 2845567) using a "flexible" process control program. Special attention is paid to optimizing the moment of crystal flushing based on the control of ow pressure. The implementation of this approach makes it possible to increase sugar yield by 0.9% and improve its key quality indicators. The article will be useful for researchers and technologists of the sugar industry.

Key words: sugar production, utfel I crystallization, centrifugation, flexible program, crystal washing, sugar yield, sugar quality.

For citation: Nazarov A.Yu. Development of an innovative technological approach to the centrifugation process of sugar beet pulp. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):153-105. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.4.10>

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

The article was submitted 01.12.2025;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026.

Введение. Центрифугирование утфеля I кристаллизации является ключевой и наиболее сложной операцией в продуктовом отделении сахарного завода, непосредственно определяющей выход и качество товарного белого сахара [1]. Эффективность этого процесса в значительной степени зависит от типа используемых центрифуг, технологии разделения и физико-химических свойств самого утфеля [1, 2].

Основная часть. Актуальность исследования обусловлена необходимостью преодоления гибкости классических технологий, не способных адаптироваться к изменчивому качеству исходного сырья, что приводит к потерям продукта и излишнему расходу ресурсов.

Целью работы является совершенствование технологии разделения утфеля I кристаллизации на основе анализа существующих методов и разработка инновационного подхода с применением «гибкой» программы управления для повышения технологической и экономической эффективности.

Объект исследования – процесс центрифугирования утфеля I кристаллизации.

Предмет исследования – технологические параметры и программы управления, влияющие на эффективность разделения утфеля.

Задачи исследования: 1) проанализировать недостатки классической технологии; 2) оценить потенциал и ограничения существующих патентных решений; 3) разработать и обосновать инновационный подход с «гибкой» программой управления.

Новизна работы заключается в предложении параметрической системы управления, определяющей ключевой момент промывки кристаллов не по времени, а по физическому воздействию оттока.

Материал и методика исследования. Исследование выполнялось в соответствии с требованиями актуальной научной литературы и нормативных документов [1,3]. Был проведен сравнительный анализ классической технологии центрифугирования и запатентованных решений, в частности патента РФ № 2827984 [4] и патента РФ № 2845567 [5]. Оценка эффективности технологий проводилась по комплексу показателей качества готового продукта: степень окрашенности (цветность) кристаллов белого сахара, выход готового продукта, содержание восстанавливающих сахаров и зольность.

Заключение.

1. Анализ классической технологии. Установлено, что стандартный процесс, включающий загрузку, разделение, промывку и выгрузку, не адаптирован к колебаниям вязкости утфеля. Это приводит либо к преждевременной промывке и ухудшению качества сахара, либо к простоям и снижению производительности [1,3].

2. Оценка патента № 2827984. Рассмотренное решение предлагает контроль параметров процесса и очистку кожуха, что позволяет повысить выход сахара на 0,65-0,7%.

Однако оно не решает проблему оптимизации момента начала промывки кристаллов, остающегося временным [4].

3. Разработка усовершенствованной технологии (Патент № 2845567). Для преодоления выявленных ограничений была предложена технология с «гибкой» программой. Её ключевое отличие – определение момента промывки по достижению давлением первого оттока диапазона 0,09-0,10 МПа, что свидетельствует о завершении основной фильтрации. Дополнительными улучшениями являются использование озонированной воды для раскочки и подача насыщенного влагой воздуха [5].

Сравнительные испытания показали превосходство усовершенствованного метода (таблица 1).

Таблица 1. Сравнительные результаты разделения утфеля I кристаллизации

Показатели качества	Классическая технология (прототип)	Патент № 2827984	Усовершенствованный метод (Патент № 2845567)
Выход кристаллов сахара (Кср, %)	49,50	50,20	50,40
Цветность (ед. ICUMSA)	104	102	100
Массовая доля золы, %	0,029	0,025	0,021
Редуцирующие вещества, %	0,04	0,024	0,022
Гранулометрический состав: - средний размер кристаллов, С _р , мм; - коэффициент неоднородности, К _н , %	0,72 24	0,80 22,50	0,85 21,80

Выводы

Анализ классической технологии центрифугирования выявил её основной недостаток – негибкость и неспособность адаптироваться к изменчивому качеству утфеля, что ведет к потерям сахара и перерасходу ресурсов.

Рассмотренный патент № 2827984 предлагает частичное решение за счет контроля за процессом и очистки кожуха, но не обеспечивает оптимизацию ключевого момента – начала операции промывки кристаллов [4].

Разработанный инновационный подход на основе «гибкой» программы центрифугирования (Патент № 2845567), использующий контроль момента завершения отделения первого оттока по его ударному воздействию, позволяет кардинально повысить эффективность процесса. Внедрение данной технологии обеспечивает значительное увеличение выхода белого сахара (на 0,9%) и улучшение его качества, что подтверждает её перспективность для сахарной промышленности [5].

Список источников

1. Славянский, А. А. Центрифугирование и его влияние на выход и качество сахара / А. А. Славянский. – Москва: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет пищевых производств", 2007. – 180 с.

2. Бержец, А. И. Совершенствование технологии центрифугирования утфеля первой кристаллизации: специальность 05.18.05 "Технология сахара и сахаристых продуктов, чая, табака и субтропических культур": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бержец Алексей Игоревич. – Москва, 2004. – 22 с.

3. Славянский, А. А. Разработка установки и обоснование технологии разделения утфеля I кристаллизации по "гибкой" временной программе цикла центрифугирования / А. А. Славянский, В. Г. Андреев // Сборник научных трудов МГУПП. Том I. – Москва: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет пищевых производств", 2005. – С. 261-273.

4. Патент № 2827984 С1 Российская Федерация, МПК С13В 30/06. Способ разделения утфеля первой кристаллизации в фильтрующей центрифуге периодического действия: № 2024109670: заявл. 10.04.2024; опублик. 04.10.2024 / А. А. Славянский, Н. Н. Лебедева, Д. П. Митрошина, А. Ю.

Назаров; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского.

5. Патент № 2845567 С1 Российская Федерация, МПК C13B 30/10. способ разделения утфеля первой кристаллизации: заявл. 26.11.2024; опубл. 21.08.2025 / А. А. Славянский, Д. П. Митрошина, В. А. Грибкова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского.

References

1. Slavyansky, A. A. Centrifugation and its Influence on the Yield and Quality of Sugar / A. A. Slavyansky. – Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State University of Food Production", 2007. – 180 p.

2. Berzhets, A. I. Improvement of the Technology of Centrifugation of the First Crystallization Utfel: Speciality 05.18.05 "Technology of Sugar and Sugary Products, Tea, Tobacco, and Subtropical Crops": Abstract of the Dissertation for the Degree of Candidate of Technical Sciences / Berzhets Alexey Igorevich. – Moscow, 2004. – 22 p.

3. Slavyansky, A. A. Development of the Installation and Justification of the Technology of Separation of the I Crystallization Utfel according to the "Flexible" Time Program of the Centrifugation Cycle / A. A. Slavyansky, V. G. Andreev // Collection of Scientific Papers of the Moscow State University of Food Production. Volume I. – Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State University of Food Production", 2005. – Pp. 261-273.

4. Patent No. 2827984 C1, Russian Federation, IPC C13B 30/06. Method for separating the first crystallization cake in a batch-type filtering centrifuge: No. 2024109670: applied on 10.04.2024: published on 04.10.2024 / A. A. Slavyansky, N. N. Lebedeva, D. P. Mitroshina, and A. Yu. Nazarov; applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky.

5. Patent No. 2845567 C1, Russian Federation, IPC C13B 30/10. Method for Separating the First Crystallization Offal: Appl. 26.11.2024: Publ. 21.08.2025 / A. A. Slavyansky, D. P. Mitroshina, V. A. Gribkova [et al.]; Applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky

Информация об авторах

Александр Юрьевич Назаров, магистрант, Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия alexnazarov2025@mail.ru,

Вклад авторов: Автор провел исследования и привел результаты исследований.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors

Alexander Yurievich Nazarov, Master's student, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia alexnazarov2025@mail.ru,

Contribution of the authors: The author conducted research and presented the results of the research.

Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest.

Научная статья

УДК 321

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.12>

Органическая идеократия - политический ориентир России как государства-цивилизации

Максимилиан Альбертович Шепелев^{1*}

¹Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия;
Российский государственный гуманитарный университет, Москва, Россия
ma_shepelev@mail.ru

*Автор, ответственный за переписку: **Максимилиан Альбертович Шепелев**, ma_shepelev@mail.ru

Аннотация. В статье критически рассматривается идея «сильной лидерской демократии», предлагаемая некоторыми современными российскими политологами в качестве «идеального устройства политической системы» России как государства-цивилизации в рамках современной дискуссии об идентичности России. Показано, что «лидерская демократия» в предлагаемой ими интерпретации неотличима от плебисцитарной демократии; она оказывается минимальной демократией, своего рода демократическим эксцессом, и уже в силу своей «минимальности», т.е. ограниченности, не может быть политическим ориентиром, «маяком», к которому следует стремиться в стратегическом смысле. В условиях, когда мы говорим о самобытном пути России как государства-цивилизации, о цивилизационных основаниях отечественной государственности, следует отойти от рассуждений в системе координат «монархия – аристократия - демократия» или «демократия – авторитаризм - тоталитаризм». Исходя из этого, в качестве альтернативы, с опорой на традицию отечественной политической мысли, предлагается концепт идеократии, осуществляемой через механизм, описанный в теории евразийства как «гарантийное государство». При этом необходимым условием идеократии является наличие «идеи-правительницы», которой для России может быть только идеал Правды – единственный имманентно присущий нашим общественному сознанию и культурно-исторической традиции со времен Московской Руси. Существенное преимущество идеократии как политического ориентира, в отличие от «лидерской демократии», состоит в том, что она может осуществляться как в форме единоличного, так и коллективного руководства. Но независимо от образа правления в конкретный период истории идеократия как общее определение формы государства должна соответствовать двум главным признакам, проистекающим из цивилизационных оснований государственного бытия России – быть органической и просвещённой.

Ключевые слова: государство-цивилизация, идея, «идея-правительница», лидерская демократия, плебисцитарная демократия, органическая и просвещенная идеократия, «гарантийное государство», «государство Правды».

Для цитирования: Шепелев М.А. Органическая идеократия - политический ориентир России как государства-цивилизации // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 157-166. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.4.17>

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

© Шепелев М.А., 2026
Research article

Organic ideocracy - the political waymark of Russia as a state-civilization

Maximilian Albertovich Shepelev^{1*}

¹V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia;
Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia
ma_shepelev@mail.ru

*Corresponding author: Maximilian Albertovich Shepelev, ma_shepelev@mail.ru

Abstract. This article critically examines the idea of a "strong leader-driven democracy," proposed by some contemporary Russian political scientists as the "ideal political system" for Russia as a civilizational state within the context of the current debate about Russia's identity. It demonstrates that "leader-driven democracy", as they interpret it, is indistinguishable from plebiscitary democracy. It is a minimal democracy, a kind of democratic excess, and, by virtue of its "minimality", i.e., its limitations, it cannot serve as a political guideline, a "beacon" to which one should aspire in a strategic sense. In a context where we are discussing Russia's distinctive path as a civilization-state and the civilizational foundations of Russian statehood, we must move away from reasoning within the coordinate system of "monarchy – aristocracy - democracy" or "democracy – authoritarianism - totalitarianism." Based on this, and drawing on the tradition of Russian political thought, the concept of ideocracy is proposed as an alternative, implemented through a mechanism described in Eurasianist theory as a "guarantee state". A necessary condition for ideocracy is the presence of a "governing idea", which for Russia can only be the ideal of Truth - the only one immanent in our public consciousness and cultural-historical tradition since the time of Muscovite Rus. A significant advantage of ideocracy as a political guideline, as opposed to "leader-driven democracy", is that it can be implemented through either individual or collective leadership. However, regardless of the form of government in a particular historical period, ideocracy, as a general definition of a form of government, must meet two key characteristics stemming from the civilizational foundations of Russia's statehood: it must be organic and enlightened.

Key words: civilizational state, idea, "idea-ruler", leader democracy, plebiscitary democracy, organic and enlightened ideocracy, "guarantee state", "state of Truth".

For citation: Shepelev M.A. Organic Ideocracy: Russia's Political Guideline as a Civilization State. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):157-166. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.4.17>

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

The article was submitted 01.12.2025;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 0103.2025.

Введение. Со времён Конфуция известно, что всё начинается с правильного определения имён, ибо если имена неправильны, дела не будут делаться (продолжая эту мысль, добавим: и мечты никогда не осуществляются). В контексте современной широкой дискуссии об идентичности России как государства-цивилизации и поиска раскрывающей её миссию идеи высказана мысль: «Идеальное устройство политической системы – сильная лидерская демократия». Этот тезис сформулировали С. Караганов и П. Малютин в докладе «Живая идея-мечта России, Кодекс россиянина в XXI веке», опубликованном, в частности, на сайте Совета по внешней и оборонной политике (svop.ru) [5]. По их мнению, России нельзя отказываться от ориентации на демократию, исходя из того, что «термин

«демократия» из-за долголетнего господства Запада в информационно-идеинной сфере имеет позитивную трактовку, «идеология» и «авторитаризм» – негативную».

Методология исследования

Данная статья, развивая дискуссию, имеет **целью** показать, что идея «лидерской демократии» противоречива и не способствует подлинному раскрытию цивилизационной идентичности России, а также предложить альтернативу этой идее, в теоретико-методологическом плане опирающуюся на традицию отечественной политической мысли, прежде всего на концепции классиков евразийства (Н.Н. Алексеев, Н.С. Трубецкой, примыкающий к ним М.В. Шахматов).

Обоснование своего тезиса С. Караганов и П. Малютин видят в следующем: «Мы хотим жить в свободном мире, свободной стране и обществе, имея нравственные ориентиры, живую идею-мечту. Однако в существующей ситуации максимально возможную на данный момент степень нашей свободы государство может обеспечить лишь, прибегая к определённом элементу авторитаризма. Обстоятельства нынешнего и будущего мира требуют от нас стать по возможности максимально эффективной, но ответственной перед народом и Богом автократией, или лидерской демократией» [5]. Развивая эту мысль, они заявляют: «Государство, которое мы хотим строить – лидерское, со сменяемым, подтверждённым выбором народа лидером и сильной демократией, земством на местах». Вместе с тем они признают, что «империя не может иметь демократический политический строй западного типа», «и это помимо того, что демократии, как правило, не могут выживать в остроконкурентной среде», выводя отсюда следующий тезис: «Естественный для нас путь – лидерская демократия с сильными элементами авторитаризма» [5].

Однако господство Запада, на которое ссылаются авторы доклада, заканчивается, в том числе в сфере дискурса, а предлагаемое ими понятие «лидерская демократия» на поверку выходит весьма сомнительным, причём гораздо более сомнительным, нежели подвергавшееся в своё время всяческой критике понятие «суверенной демократии». Если «суверенная демократия» вполне представима как независимая, самобытная, самодостаточная, противоположная управляемой извне, то уже первое приближение к описанию «лидерской демократии» приводит к тому, что англоязычное слово «лидер» переводится на русский язык как «вождь», на немецкий – как «фюрер», а сама «лидерская демократия» оказывается неотличимой от плебисцитарной демократии, описанной многими политологами именно на примере нацистской Германии. Она представляет собой синтез автократического (причём цезаристского) и демократического принципов власти, изначально проявивший себя в виде «электоральной диктатуры» выборного императора Луи Наполеона Бонапарта, опиравшегося на народный суверенитет, воплощенный в избирательном праве. В литературе устремленность к такому синтезу ещё до его практической реализации нашла отражение в книге Огюста Ромье «Эра Цезарей» (1850).

В дальнейшем плебисцитарное господство обстоятельно и вполне комплиментарно описал М. Вебер. После свержения монархии в Германии в ноябре 1918 г. он сформулировал политическую дилемму своего времени: «Выбирать можно только между вождистской демократией с „машиной" и демократией, лишенной вождей, то есть господством „профессиональных политиков" без призвания, без внутренних, харизматических качеств, которые и делают человека вождём» [2, с.688]. Его выбор был в пользу первого варианта, основанного на совмещении массового избирательного права и ответственного авторитарного правления, в связи с чем он, в частности, отстаивал введение в Веймарскую конституцию поста всенародно избираемого президента с расширенными диктаторскими полномочиями в случае объявления чрезвычайного положения.

И если С. Караганов и П. Малютин прямо признают, что лидерская демократия содержит «сильные элементы авторитаризма», то чем она отличается от таких понятий, как «вождистская демократия», «конкурентный авторитаризм» [11] или «демократический

авторитаризм» [10]? В сущности, «лидерская демократия» оказывается минимальной демократией, своего рода демократическим эксцессом, и уже в силу своей «минимальности», т.е. ограниченности, не может быть политическим ориентиром, «маяком», к которому следует стремиться в стратегическом смысле. Современные авторы, обращающиеся к проблематике плебисцитарной демократии, отмечая все эти моменты, порой оказываются несколько обескураженными: «Демонстративно антидемократические интенции теоретиков плебисцитарной демократии провоцируют естественный вопрос – оправданно ли вообще называть эту синтетическую систему «демократией»?» [9, с.38]. Разве что в самом широком значении демократии как самоопределения народа, выбирающего любое отвечающее его представлениям правление, в т.ч. авторитарное.

Результаты и обсуждения. Разумеется, история России и её современное состояние многократно свидетельствуют, что нашему Отечеству необходимо укорененное в общенародной поддержке единовластие, но несколько странно использовать для определения такого режима термины «лидерство» и «демократия» в условиях, когда мы говорим о самобытном пути России как государства-цивилизации. Если речь идёт именно о цивилизационных основаниях отечественной государственности, то следует вообще отойти от рассуждений в системе координат «монархия – аристократия - демократия» или «демократия – авторитаризм - тоталитаризм». Здесь на помощь приходят классики евразийства, и прежде всего Н.Н. Алексеев, автор концепции идеократии, которую он противопоставил характерному для Запада «торговому строю» (капиталистической плутократии) с его ориентацией на частные и материальные интересы. Идеократия подразумевает подчинение всей общественной жизни конкретному идеалу, который выступает как «путеводная идея государства, как целого, его основное призвание, его цель» [1, с.182], причём Алексеев, Трубецкой и другие евразийцы всячески подчёркивали, что этот идеал не должен быть материалистическим и гедонистическим, ибо на этой основе не может вырасти ничего иного, кроме ложной идеократии.

Как известно, идеи служат основой, соединяющей знание и действие в целостную систему, они выполняют роль эвристических принципов объяснения, освоения и преобразования мира. Понятие «идея» появилось ещё в античности. Демокрит называл идеями (в значении неделимых умопостигаемых форм) атомы. У Платона идеи обозначают умопостигаемый трансцендентный мир истинного, совершенного бытия, по образцу которого существуют вещи в мире чувственной реальности. Аристотель мыслил идею как формообразующую «энтелехию» – активное «потенциально сущее» начало, содержащее в себе предуготовленную цель, которая, осуществляясь, превращает возможность в действительность. В неоплатонизме идея понимается как излучение высшего мирового принципа, а христианское богословие видит в ней божественную мысль, согласно которой Бог творит вещи. Схоластика пришла к утверждению о необходимой связи между строем идей и действиями: «*Intellectus speculativus extensione fit practicus*» (спекулятивное понимание, т.е. теория, благодаря своему распространению, становится практикой). А согласно Рене Декарту, человек причастен к некоему превосходящему и усиливающему его возможности континууму сознания, в который он попадает и по законам которого движется «всегда, когда мыслит». Этим он объясняет существование «врожденных идей».

Позднее Иммануил Кант доказывал, что идеи возникают в результате попыток разума выйти за пределы чувственного опыта и представляют собой принципы, задающие цель познанию. «...Пусть только наша идея будет правильной, и тогда, несмотря на любые препятствия на пути к её осуществлению, она не будет невозможной...» - считал Кант. По мысли другого классика немецкого идеализма И.Г. Фихте, идеи – это имманентные цели, согласно которым «Я» творит мир. А для Гегеля идея является объективной истиной и одновременно истинным бытием, в ней совпадают мышление и реальность. Идея венчает весь процесс развития. Она есть развертывающееся в диалектическом процессе мышление, а сама действительность есть развитая идея.

Идеократия как власть идеи, «идеалоправство», представляет собой важнейший духовно-исторический фактор цивилизационного развития России, характерное свойство российской государственности, выражение её устремленности к большим целям. Это свойство нашло отражение в разработанном классиками евразийства понятии «гарантийного государства»:

«Государство именуется гарантийным прежде всего потому, что обеспечивает осуществление некоторых постоянных целей и задач, что оно является государством с положительной миссией. Гарантийное государство противопоставляется, следовательно, государству релятивистическому, не ставящему перед собой никаких положительных целей, не имеющему никакой постоянной программы, не руководящемуся никакими стабилизированными принципами. <...>. Гарантийное государство как служащее известной идее, можно назвать также идеократическим, однако термин этот в виду существования лжеидеократий требует некоторых особых разъяснений. Гарантийное государство отнюдь не должно быть государством *доктринальным*, то есть таким, которое руководствуется определенным, стремящимся к совершенной цельности философским или религиозным мирозерцанием, насильно внушает это мирозерцание гражданам и принуждает их к исповеданию известного рода системы идей всеми доступными государству средствами» [1, с.372-373].

Согласно Н.Н. Алексееву, «гарантийное государство отличается от доктринального тем, что в нём обеспечивается проведение в жизнь некоторых положительных социальных принципов, некоторой стабилизированной социально-политической программы, которая может рассчитывать на всеобщее признание со стороны людей весьма различных философских, научных и религиозных убеждений. Сторонники гарантийного государства отдают себе отчёт в том, что исповедание какого-либо мирозерцания есть глубоко личное и интимное переживание, есть дело личного сознания и личной совести. Принуждение к такому исповеданию внешними, государственными средствами ведёт всегда к чисто отрицательным результатам» [1, с.373].

Но для определения политического режима как идеократии, осуществляемой через механизм «гарантийного государства», должна существовать эта самая «идея-правительница», которая выявляется народом («идея нема без народа, народ слеп без идеи» [1, с.384]), органично соответствует историческим формам народной жизни, выражает имманентно присущее данному государству-цивилизации представление об общем благе и от имени которой осуществляет власть правящий класс, направляющий государство на осуществление этой идеи. Этим идеократия принципиально отличается от демократии как «механического объединения» разнонаправленных волей и стремлений. Согласно Н.С. Трубецкому, «под демократией разумеется строй, в котором правящий слой отбирается по признаку популярности в известных кругах населения», «под идеократией же разумеется строй, в котором правящий слой отбирается по признаку преданности одной общей идее-правительнице» [7, с.523]. По своей природе такая идея является республиканской, если исходить из изначального, римского значения *res publica* как «общего дела» (Трубецкой подчёркивает, что «ни благо определенного класса, ни благо определенного народа не могут служить содержанием идеи-правительницы идеократического государства», и то же касается и блага «человечества» [7, с.525]), но это традиционное понимание республики не противопоставляет её монархии или иной автократии, которая вполне соответствует задачам служения «идее-правительнице» как благу государства-цивилизации - «совокупности народов, населяющих данный автаркический особый мир» [7, с.527].

Очевидно, что для России такой «идеей-правительницей» может быть только идеал Правды – единственный имманентно присущий нашим общественному сознанию и культурно-исторической традиции со времен Московской Руси. В них Правда борется с Кривдой, и Добро неизбежно побеждает Зло. Так, согласно автору концепции «государства Правды», русскому историку М.В. Шахматову, именно идеал «государства Правды», с

праведной и сильной власти, «хотя и побледневший в своей лучезарности, всё же восторжествовал в борьбе, помог народу преодолеть смуту и восстановить сильную государственную власть» в эпоху Смутного времени [8, с.287]. Он отмечал, что «русский политический идеал шире европейского», обосновывая недостаточность для русского мировоззрения «правового государства и власти-учреждения» [8, с.280].

По мнению Е.Н. Дербина, концепция «государства Правды» была гораздо ближе к славянофильству, нежели к евразийству, и единственное, что роднило с последним М.В. Шахматова – это представление о самобытности исторического пути России и его резком отличии от Запада [3]. Тем не менее тему оппозиции «права» и «Правды» развивает и видный теоретик евразийства Н.Н. Алексеев. Он обращает внимание на то, что в западной сфере права абсолютизируется не цель, а средства её достижения. Между тем неприкосновенность собственности, свобода слова, печати, мнений и т. д. не могут и не должны быть самоцелью. Западная культура провозглашает не «принцип духовной свободы», а формы его достижения, одновременно пренебрегая «неразрывную связь всякого права с обязанностью». Свобода печати, считает он, не имеет принципиальной ценности, если она не способствует духовному самосовершенствованию человека – при том, что «у человека. есть только одно неоспоримое право – это право на внутреннее духовное развитие» [1, с.317]. Исходя из этого, Алексеев называет в качестве основной задачи «государства Правды» борьбу с нарушением права индивида на духовное самосовершенствование, отмечая, что это нарушение чаще всего идет не от отдельного человека, а от системы, порождающей социальные условия, «в силу которых человек стихийно попадает в обстановку, лишаящую его всякой возможности духовного развития и духовной жизни» [1, с.318-319].

Алексеев пишет о том, что в системе, в которой самые незащищённые слои общества не могут обеспечить себе экономического благосостояния, они лишены и всех духовных благ. Соответственно, по его убеждению, «государство Правды» призвано принимать социально-экономические меры для обеспечения всем гражданам «среднего достатка к существованию» как необходимого условия их духовного самосовершенствования. Обратим внимание, что этот подход соответствует официальной концепции «среднезажиточного общества» (сяокан), реализуемому в ещё одном государстве-цивилизации – Китае. Однако, осмысливая русское «государство Правды» и определяя его место и в рамках системы координат «Восток-Запад», Шахматов и Алексеев делали это таким образом, что оно выходило за пределы привычной оппозиции восточного и западного стилей мышления.

Существенное преимущество идеократии как политического ориентира, в отличие от той же пресловутой «лидерской демократии», состоит в том, что она может осуществляться как в форме единоличного, так и коллективного руководства. Ибо принципиально ошибочно ставить судьбу государства в зависимость от того, найдётся ли в тот или иной момент будущего «один наилучший» - историческая личность, масштабу которой будет по плечу всё бремя ответственности за Россию. Его может и не оказаться, но это не должно стать препятствием реализации цели идеократии – построения «государства Правды».

Но независимо от образа правления в конкретный период истории идеократия как общее определение формы государства должна соответствовать двум главным признакам, проистекающим из цивилизационных оснований государственного бытия России – быть органической и просвещённой. Классики евразийства исходили из того, что «культура - органическое и специфическое единство, живой организм. Она всегда предполагает существование осуществляющего себя в ней субъекта, особую симфоническую личность» [4, с.375].

Организмизм – наиболее естественное представление о государстве, присущее всем традиционным цивилизациям. Уже греки и римляне говорили о «политическом теле», наделённом нервами, кровью, дыханием, конечностями и внутренними органами. Это

нашло выражение в политизации басни Эзопа «Живот и члены», в которой живот и ноги спорили, кто сильнее. Ноги каждый раз хвастались, что столько в них силы, что они и сам живот на себе носят, но живот отвечал: «Эх, любезные, кабы я не принимал пищу, ничего бы не могли вы носить». По сообщению римского историка Тита Ливия, во время первой сецессии плебеев в 495-493 гг. до н.э. этот сюжет использовался, чтобы убедить плебеев в их неправоте. Когда, дав себя уговорить, плебеи вернулись в Рим, римское тело вновь стало цельным и функциональным. С тех пор акцент на взаимности и гармоничном единстве неизменно был присущ самому понятию политического тела и всегда был одним из главных аспектов ассоциируемого с ним политического порядка. Тема сотрудничества между различными частями тела используется, в частности, в посланиях Апостола Павла. Также ораторы античности часто обращались к метафоре тела при сравнении конкретных случаев нападений на государственные институты с увечьями тела республики.

Органицистские аллегории, будучи не лишёнными элегантно, показывают, что в политическом организме его члены не занимают одинаковое место, что есть многообразие функций, что имеются промежуточные соединения, что здоровый орган может помочь слабому или повреждённому органу, или подпитать его и т.п. У каждого члена тела своё призвание, и каждый обязан работать в гармонии на благо всего тела. При этом без верховной власти, которой должны подчиняться члены, государство не сможет выполнить свое предназначение – служить общему благу. Подобно тому, как природа предопределила, что члены тела должны подчиняться голове, чтобы «все они могли двигаться правильно при условии, что будет соблюдаться воля здоровой головы», так и государь, как глава политического тела, имеет «власть над всеми своими подданными», наслаждающимися таким главенством, которое составляет «определённый образ божественного величия на земле» [11, L.IV: 1; L.VI: 25]. Вместе с тем, высшие члены политического тела должны «посвятить себя низшим», особенно тем слоям населения, положение которых подобно ногам.

Позднее ортодоксальная «ориентированная на голову» концепция политического тела была заменена идеей о том, что внутри тела существует естественное равновесие – своего рода справедливая гармония, – которую необходимо поддерживать ради здоровья и благополучия организма. Поэтому ни одна часть тела не может законно претендовать на чрезмерное количество общих ресурсов или отказываться делиться тем, чем она обладает, когда это требуется для общего блага. Также структура политического тела подразумевает тесную взаимозависимость всех его членов, так что человек существует не ради себя самого, а, чтобы люди могли приносить пользу друг другу.

Отсюда вытекает утверждение необходимости подчинения личности требованиям общества и общего блага и обязанность каждого вносить свой вклад в обеспечение общего блага, не пытаясь избежать опасностей, когда общее благо требует им противостоять. А поскольку каждый гражданин есть жизненно важное звено в функционировании государства как универсального политического тела, любого правонарушения или преступления даже против одного гражданина достаточно, чтобы нарушить работу организма в целом, что даёт государству право предпринять меры против нарушителя, будь то частное лицо или иностранное государство.

Упорядоченная и созидательная общественная жизнь людей, направляемая волей к общей цели, делает необходимым авторитетное руководство в лице верховной власти, которая, будучи подобной непрекращающейся деятельности сердца в живом организме, обеспечивает порядок и безопасность, а без них не может существовать политического общества. Поэтому «Бог поставил правителя над каждым народом», ибо как душа направляет человека, так и правитель направляет судьбу вверенного его попечению народа. Но также как Бог никогда не отменит ничего, что даровано человеку, так и верховная власть никогда не должна без справедливой причины ограничивать права и свободы граждан, налагать на них необоснованное или непосильное бремя. Важно также, чтобы она старалась

действовать в отношении отдельного человека не деспотическими методами, но убеждением, позволяя ему жить в мире и стремиться к счастью.

Следует понимать, что единство организма состоит не в тотальном подчинении всех частей одному движущему началу, а в согласной деятельности самостоятельных членов. Ведь хотя государство обладает единством личности, оно не объединяет своих членов так, как биологический организм объединяет свои клетки, но представляет собой «мистическое политическое тело», которое включает сознательных и свободных существ. Оно не имеет иной цели, кроме общего блага, которое является истинным «политическим счастьем».

Органицистский подход к обустройству России необходимо должен дополняться просвещённой политикой, понимаемой с учетом нашей цивилизационной самобытности. Речь идёт о том, что, принимая идею важнейшей роли человеческого разума, но не возводя его в ранг гностического культа, не следует сводить Просвещение исключительно к его пониманию в духе западного рационализма, тем более к его радикальной версии, ассоциируемой со Спинозой, Вольтером и Руссо. Нам как наследникам миссии Второго Рима стоит вспомнить, что в эпоху палеологовского Возрождения в Византии просвещение понималось как просветление в прямом смысле слова, и эта мистика света явно неродственна научному «просвещению» гуманистов. Свет или сияние, которого удостаиваются совершенные исихасты, есть именно свет, тождественный с осиявшим Христа нетварным Фаворским светом, который видели Его ученики во время Преображения Господня. Отметим, что эти исихастские идеалы Второго Рима нашли воплощение в культуре Третьего Рима, где даже в большей степени, чем в Византии, получил распространение культ Святой Троицы, ставший олицетворением народного единства (соборного начала) и преодоления зависимости от завоевателей.

Эти духовные искания связаны с устремлённостью к идеалу просвещённого единовластного правления морально совершенного, благочестивого мудреца, уважающего закон, утверждающего справедливость, сохраняющего свободу подданных и заботящегося об их благополучии. Она присутствует, не говоря об античности, в политической теории и практике Византии, представленная такими именами, как Никифор Влеммид, его ученик император Феодор II Ласкарь, великий логофет Феодор Метохит, глава исихастского движения Григорий Палама, видный сторонник исихазма Нил Кавасила. Её разделяли и видные византийские латинофилы, такие как Димитрий Кидон. «Василевс, украшенный полной мудростью», воплощает, по его мнению, главную добродетель правителя – софию, которую традиция возводит к Платону. Она смыкается у него с христианской идеей божественной основы власти, ибо Бог «поставил в основу дел ум». При этом он отмечает, что правитель, во-первых, прежде чем господствовать над другими, должен научиться властвовать над собой, а во-вторых, он должен быть более гражданином, чем господином.

Просвещённая гармонизация общественных отношений во имя общего блага, духовного и материального благоденствия народа возможна при наличии союза верховной власти с наукой, идея которого была воспринята в России со времен распространения у нас концепций просвещённого абсолютизма С. Пуфендорфа и Х. Вольфа. Особенно под влиянием последнего М.В. Ломоносов выдвинул программу деятельности просвещённых государей: «Радеть о благоденствии общества, защищать оное прозорливым мужеством, управлять милосердным правосудием, обогащать домообразованием и купечеством, просвещать науками, украшать художествами есть великое монархов упражнение» [6, с.807]. Он верил, что именно просвещённое правление позволит реализовать историческое предназначение России.

Заключение. Критически рассмотрев идею «сильной лидерской демократии», выдвинутую недавно в рамках современной дискуссии об идентичности России в качестве концепта, выражающего видение «идеального устройства политической системы» России как государства-цивилизации, следует констатировать, что в предлагаемой интерпретации она неотличима от плебисцитарной демократии. Будучи по своей сути минимальной

демократией, своего рода демократическим эксцессом, она уже в силу своей «минимальности», т.е. ограниченности, не может быть политическим ориентиром, «маяком», к которому России следует стремиться. Напротив, раз мы говорим о самобытном пути России как государства-цивилизации и ищем цивилизационные основания нашей государственности, стоит отойти от рассуждений в системе координат «монархия – аристократия – демократия» или «демократия – авторитаризм – тоталитаризм», обратившись к концепту идеократии, альтернативному западному «торговому строю» (плутократии). Исходя из этого, политическое измерение цивилизационной идентичности России может быть раскрыто через понятие органической и просвещённой идеократии, предполагающей наличие «идеи-правительницы», которой для России может быть только идеал Правды. Существенное преимущество идеократии как политического ориентира, в отличие от «лидерской демократии», состоит в том, что она может осуществляться как в форме единоличного, так и коллективного руководства, что сделает курс на построение «государства Правды» менее зависимым от субъективных факторов, таких как наличие в будущем личности, масштабу которой будет по плечу всё бремя ответственности за Россию.

Список источников

1. Алексеев Н.Н. Русский народ и государство. М.: «Аграф», 1998. 640 с.
2. Вебер М. Политика как призвание и профессия / Пер. с нем. А. Ф. Филиппова // Вебер М. Избранные произведения. М.: Прогресс, 1990. С. 644-706.
3. Дербин Е.Н. Концепция верховной власти Древней Руси М.В. Шахматова и евразийство // Древняя Русь: во времени, в личностях, в идеях. 2017. № 7. С.334-346.
4. Евразийство. Опыт систематического изложения // Пути Евразии. Русская интеллигенция и судьбы России / Под ред. И.А. Исаева. М.: Русская книга, 1992. 429 с.
5. Караганов С., Малютин П. Живая идея-мечта России, Кодекс россиянина в XXI веке. <https://svop.ru/projects/rossijskaya-ideya/65079/>
6. Ломоносов М. В. Слово благодарственное ея императорскому величеству на освящении Академии художеств // Ломоносов М.В. Полн. собр. соч. Т. 8. М.; Л., 1959.
7. Трубецкой Н.С. Избранное. М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2010. 616 с.
8. Шахматов М.В. Государство правды: Опыт по истории государственных идеалов в России // Евразийский временник. Кн. IV. Берлин: Евразийское книгоизд-во, 1925. С.268-304.
9. Юдин Г. Россия как плебисцитарная демократия // Социологическое обозрение. 2021. Т.20, №2. С.9-46.
10. Brancati D. Democratic Authoritarianism: Origins and Effects // Annual Review of Political Science. 2014. Vol. 17. P. 313-326.
11. Levitsky S., Way L. The Rise of Competitive Authoritarianism // Journal of Democracy. 2002. Vol. 13. № 2. P. 51-65.
12. Ioannis Salesberiensis. episcopi Carnotensis. Policratici sive de nugis curialium et vestigiis philosophorum libri VIII / Recognovit et Prolegomenis, Apparatu Critico, Commentario, Indicibus Instruxit Clemens C.I. Webb / With an Introduction by P. McNulty. N.Y., 1979. Vol. I-II.

References

1. Alekseev, N.N. The Russian People and the State. Moscow: Agraf, 1998. 640 p.
2. Weber, M. Politics as a Vocation and Profession / Translated from German by A.F. Filippov // Weber, M. Selected Works. Moscow: Progress, 1990. pp. 644-706.
3. Derbin, E.N. The Concept of Supreme Power in Ancient Rus'. M.V. Shakhmatova and Eurasianism // Ancient Rus': in Time, in Personalities, in Ideas. 2017. No. 7. pp. 334-346.
4. Eurasianism. An Attempt at a Systematic Exposition // The Paths of Eurasia. The Russian Intelligentsia and the Fate of Russia / Ed. by I.A. Isaev. Moscow: Russkaya Kniga, 1992. 429 p.
5. Karaganov S., Malyutin P. The Living Idea-Dream of Russia, the Code of a Russian in the 21st Century. <https://svop.ru/projects/rossijskaya-ideya/65079/>
6. Lomonosov M. V. A Speech of Thanks to Her Imperial Majesty at the Consecration of the Academy of Arts // Lomonosov M. V. Complete Works. Vol. 8. Moscow; Leningrad, 1959.

7. Trubetsky N. S. Selected Works. Moscow: Russian Political Encyclopedia (ROSSPEN), 2010. 616 p.
8. Shakhmatov M. V. The State of Truth: An Essay on the History of State Ideals in Russia // Eurasian Timeline. Book IV. Berlin: Eurasian Publishing House, 1925. Pp. 268-304.
9. Yudin G. Russia as a plebiscitary democracy // Sociological Review. 2021. Vol. 20, No. 2. Pp. 9-46.
10. Brancati D. Democratic Authoritarianism: Origins and Effects // Annual Review of Political Science. 2014. Vol. 17. P. 313-326.
11. Levitsky S., Way L. The Rise of Competitive Authoritarianism // Journal of Democracy. 2002. Vol. 13. № 2. P. 51-65.
12. Ioannis Salesberiensis. episcopi Carnotensis. Policratici sive de nugis curialium et vestigiis philosophorum libri VIII / Recognovit et Prolegomenis, Apparatu Critico, Commentario, Indicibus Instruxit Clemens C.I. Webb / With an Introduction by P. McNulty. N.Y., 1979. Vol. I-II.

Информация об авторе

Максимилиан Альбертович Шепелев, доктор политических наук, профессор, профессор кафедры политических наук и международных отношений, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» (г. Симферополь), эксперт УНЦ «Высшая политическая школа имени И. Ильина» Российского государственного гуманитарного университета ma_shepelev@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about the author

Maximilian Albertovich Shepelev, Doctor of Political Sciences, Professor, Professor of the Department of Political Science and International Relations, V. I. Vernadsky Crimean Federal University (Simferopol), expert of the I. Ilyin Higher Political School of the Russian State University for the Humanities, ma_shepelev@mail.ru

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

Научная статья

УДК 327.7

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.13>

Парламентская дипломатия в условиях геополитической конфронтации: трансформация форматов и функций диалога России с ЕС и США

Андрей Анатольевич Заикин^{1*}

Северо-Западный институт управления – филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» (д. 57/43, Средний пр. В.О., Санкт-Петербург, 199178, Российская Федерация)

zaikindok@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0009-1000-034X>

*Автор, ответственный за переписку: Андрей Анатольевич Заикин, zaikindok@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению эволюции межпарламентского сотрудничества между Российской Федерацией, Европейским союзом (ЕС) и Соединёнными Штатами Америки (США) и выявлению его особенностей в контексте трансформации международных отношений. На основе институционального и сравнительного подходов исследуются истоки, ключевые этапы и текущее состояние парламентских диалогов. В работе отмечается, что в 1990-е и начале 2000-х гг. эти форматы формировались в либерально-институциональных рамках для социализации и интеграции. С середины 2010-х они эволюционировали в инструмент взаимной делегитимации и идеологической конфронтации. Анализ кризиса официальных каналов (Комитета парламентского сотрудничества Россия–ЕС и диалога с Конгрессом США) проводится через реалистическую и конструктивистскую парадигмы, выявляя структурные причины их стагнации. Особое внимание уделено неформальным практикам (встречи в Белграде, работа парламентских групп), выполняющим функцию поддержания реликтовых связей. В заключение предлагается модель трансформации функций парламентской дипломатии при переходе от сотрудничества к конфликту. Делается вывод о том, что возрождение парламентской дипломатии определяется не внутренней динамикой институтов, а макрополитическим контекстом и готовностью сторон к деэскалации. Методологическую основу работы составили общенаучные методы и методы социальных и гуманитарных наук.

Ключевые слова: парламентская дипломатия, Россия–ЕС, Россия–США, Комитет парламентского сотрудничества, межпарламентские отношения, геополитическая конфронтация, институциональная трансформация.

Для цитирования: Заикин А.А. Парламентская дипломатия в условиях геополитической конфронтации: трансформация // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 167-176. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.13>

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2025;
принята к публикации 01.03.2025.

Research article

© Заикин А.А. 2026

Parliamentary diplomacy in conditions of geopolitical confrontation: transformation of formats and functions of Russia's dialogue with the EU and the US

Andrey A. Zaikin^{1*}

¹North-Western Institute of Management – Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (57/43 Sredny Ave., St. Petersburg, 199178, Russian Federation)
zaikindok@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0009-1000-034X>

*Corresponding author: **Andrey A. Zaikin**, zaikindok@mail.ru

Abstract. The article examines the evolution of interparliamentary cooperation between the Russian Federation, the European Union (EU), and the United States (USA), identifying its distinctive features amid transformations in international relations. Drawing on institutional and comparative approaches, it analyzes the origins, key stages, and current state of parliamentary dialogues. The study highlights that in the 1990s and early 2000s, these formats emerged within liberal-institutional frameworks to foster socialization and integration. From the mid-2010s onward, they evolved into instruments of mutual delegitimization and ideological confrontation. The crisis of official channels—the EU-Russia Parliamentary Cooperation Committee and the US Congress dialogue—is analyzed through realist and constructivist lenses, revealing the structural causes of their stagnation. Special attention is given to informal practices (e.g., Belgrade meetings and parliamentary group activities), which serve to maintain residual ties. The article proposes a model of functional transformation in parliamentary diplomacy during the shift from cooperation to conflict. It concludes that its revival depends not on internal institutional dynamics, but on the macro-political context and the parties' readiness for de-escalation. The methodological foundation comprises general scientific methods and those of the social sciences and humanities.

Key words: parliamentary diplomacy, Russia–EU, Russia–USA, Parliamentary Cooperation Committee, interparliamentary relations, geopolitical confrontation, institutional transformation.

For citation: Zaikin A.A. Parliamentary Diplomacy in the Context of Geopolitical Confrontation: Transformation. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):167-176. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.13>

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

The article was submitted 01.12.2025;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026.

Введение

Важность изучения эволюции межпарламентских связей между Российской Федерацией, Европейским союзом и Соединенными Штатами Америки определяется не только текущим глубоким кризисом в этих отношениях, но и их фундаментальным значением. Современная ситуация открывает уникальные возможности для политологического анализа, который раскрывает трансформацию ролей и границ парламентской дипломатии на фоне геополитического соперничества и идеологических противоречий.

Если в конце XX в. (в 1990-е и 2000-е гг.) межпарламентское сотрудничество развивалось в рамках либерально-институциональной парадигмы как инструмент социализации, легитимации и усиления взаимозависимости, то на современном этапе оно оказалось на переднем крае противостояния между ревизионистскими силами и защитниками статус-кво, воплощающими разные цивилизационные проекты [1].

Изучение эволюции межпарламентских отношений позволяет проанализировать несколько ключевых теоретических аспектов.

Во-первых, оно затрагивает проблему автономии законодательной власти во внешней политике в президентских и президентско-парламентских системах. Насколько независимы парламенты от исполнительной ветви власти, особенно в авторитарных и гибридных режимах, к которым некоторые политологи причисляют современную Россию?

Во-вторых, тема поднимает вопрос о жизнеспособности «дипломатии второго трека» и неформальных экспертных сетей в условиях фактического блокирования официального дипломатического процесса.

В-третьих, она позволяет оценить роль институциональных факторов как в стабилизации, так и в эскалации конфликтов. Приостановка заседаний Комитета парламентского сотрудничества Россия–ЕС служит ярким примером того, как официальные институты могут трансформироваться из каналов диалога в символические цели санкций.

Исторически истоки этих межпарламентских отношений совпали с «золотым веком» теории демократического мира и триумфальным продвижением идеи «конца истории». Институционализация диалога через Соглашение о парламентском сотрудничестве (СПС) с Европейским союзом (1997 г.) и меморандумы с Конгрессом США (2003 г.) представляла собой попытки интегративного сдерживания России – ее включения в либеральный международный порядок посредством многоуровневых, в том числе парламентских, связей [2]. Этот процесс отражал веру в силу конвергенции и трансформации через сближение. Однако последующие события выявили фундаментальные трудности этой модели.

С точки зрения политической науки, кризис середины 2010-х гг. можно анализировать через несколько взаимосвязанных подходов:

- реалистическая парадигма: Россия восприняла расширение НАТО и ЕС на Восток, а также таких инициатив, как «Восточного партнерства», как прямую угрозу своей сфере влияния. Это отодвинуло на второй план логику экономической взаимозависимости и институционального сотрудничества, усилив фокус на вопросах безопасности;

- конструктивистский подход: возникли фундаментальные расхождения в ценностях и нарративах (демократия против суверенной демократии, порядок на основе правил против многополярности), парламентские платформы превратились из пространств диалога в арены идеологических конфликтов;

- теория гибридных режимов: эволюция российской политической системы, где парламент все больше легитимирует, а не представляет интересы, снизила его воспринимаемую независимость в глазах западных партнеров. Они видят в нем инструмент кремлевской политики, что ослабило его роль в международном диалоге.

Институциональные основы и эволюция межпарламентского диалога Россия–ЕС

Правовая и институциональная основа парламентского диалога между Российской Федерацией и Европейским союзом, сформированная в середине 1990-х гг., служит характерным примером политики, опиравшейся на принципы либерального интернационализма и неофункционализма. Эта основа была закреплена Соглашением о партнерстве и сотрудничестве (СПС) 1994 г., вступившим в силу 1 декабря 1997 г. Данный документ представлял собой не просто торговый договор, а всеобъемлющую рамку для взаимодействия. В соответствии со ст. 95 СПС был учрежден Комитет парламентского сотрудничества (КПС), призванный обеспечить «демократическую легитимацию» всего спектра отношений между сторонами [3].

Создание КПС можно объяснить через призму концепций «переплетения» или «мягкой силы»: ЕС стремился не только взаимодействовать с российским правительством, но и продвигать европейские нормы, процессы и принципы среди российской политической элиты, включая парламентскую, чьи ценности в целом соответствовали ценностям ЕС.

Институциональный дизайн КПС был тщательно продуман для обеспечения интенсивного взаимодействия и символического равенства сторон. Для устранения дисбаланса между наднациональным Европейским парламентом и двухпалатным российским парламентом была внедрена система паритетного представительства: каждая сторона делегировала по 21 члену [4]. Российская делегация включала представителей как Государственной Думы, так и Совета Федерации, вовлекая в диалог широкий круг политических и региональных элит. Принцип ротации сопредседателей, которые избирались из состава делегаций, подчеркивал взаимность и позволял избежать иерархии.

В политологическом контексте КПС функционировал как «эпистемологическое сообщество» и «транснациональная информационно-пропагандистская сеть». Регулярные встречи два–три раза в год с обширной повесткой дня – от экономики и энергетики до юстиции, безопасности и культуры – способствовали не только обмену официальными позициями, но и формированию общего профессионального языка, укреплению личных связей и поиску технических решений [5, С. 87]. Это была попытка создать «европейское общественное пространство», распространяющееся на Россию.

Основным рабочим органом выступал Постоянный совет партнерства, преобразованный в 2003 г. в Совет сотрудничества, заседания которого предварялись совещаниями Бюро Комитета для согласования повестки.

Параллельные неформальные структуры, такие как Российский парламентский европейский клуб (основан в 1999 г.), выступали дополнительной гибкой платформой для экспертного обмена, взаимодействия с бизнесом и гражданским обществом. Его интернет-проект «Партнерство и успех» служил инструментом публичной дипломатии, формируя позитивное восприятие отношений. До 2013 г. межпарламентский диалог Россия–ЕС оставался успешным проектом с позиций либерального институционализма: он выполнял функции социализации, накопления социального капитала, технической координации и легитимации стратегического партнерства. Но следует отметить, что его стабильность зависела от более широкого геополитического консенсуса, который вскоре распался.

Однако стабильность этой системы оказалась зависимой от более широкого геополитического консенсуса, который начал рушиться с 2013 года. Нынешний кризис в межпарламентских отношениях Россия–ЕС, начавшийся в 2013 г. и резко обострившийся в 2014 г., иллюстрирует триумф реалистической логики над либерально-институциональной. Конфликт вокруг программы ЕС «Восточное партнерство» выявил фундаментальные разногласия: Брюссель продвигал идею расширения регулирования и создания «круга друзей», тогда как Москва отстаивала жизненно важные интересы безопасности и сферы влияния [6]. С конструктивистской перспективы это было столкновение двух нарративов – европейского выбора соседних стран и историко-цивилизационного единства постсоветского пространства.

События 2014 г. стали поворотным пунктом. Решение ЕС приостановить деятельность КПС в рамках санкционного режима имело глубокие символические последствия: институты сотрудничества утратили автономию и превратились в инструмент геополитического давления. Это ознаменовало стратегический переход от интеграции к сдерживанию через изоляцию. Заседания КПС не проводились с весны 2014 г.

Кризис, однако, породил альтернативные, неофициальные форматы. Так, с 2015 по 2019 г. в Белграде проходили ежегодные неофициальные встречи парламентариев, игравшие роль канала для поддержания человеческих контактов и неформального зондирования позиций вопреки официальной конфронтации. Тем не менее, эти инициативы оставались уязвимыми и зависели от внешнего контекста, что привело к их прекращению сначала из-за пандемии, а затем – из-за дальнейшего ухудшения отношений.

Идеологическое оформление разрыва произошло с утверждением Европейским парламентом в 2021 г. доклада, закреплявшего принцип «не работать как обычно» с Россией [7]. Этот документ перевел разногласия из плоскости прагматики в сферу ценностной конфронтации, окончательно похоронив перспективы возобновления официального

диалога в среднесрочной перспективе. Активность Российского парламентского Европейского клуба также сошла на нет. Сложившуюся ситуацию точно резюмирует исследователь Д. Э. Моисеев, отмечая, что «Европарламент, руководствуясь выработанными Евросоюзом внешнеполитическими принципами выстраивания отношений с Россией, остается непреклонным по ряду вопросов, которые мешают восстановлению полноценного политического диалога. Среди основных противоречий между сторонами: присоединение Крыма к России, политический кризис на Украине, военные конфликты в Сирии и Ливии. Вместе с тем, обе стороны осознают важность и необходимость сотрудничества. Поэтому возобновление работы КПС было бы крайне желательно, но, к сожалению, в данном политическом контексте практически невозможно» [5, С. 91]. Таким образом, к 2025 г. межпарламентское взаимодействие между Россией и ЕС, некогда тщательно выстроенное как многоуровневая система, пребывает в состоянии полной стагнации. Несмотря на периодически озвучиваемую с обеих сторон теоретическую готовность к контактам, все форматы, как официальные, так и неофициальные, остаются неактивными, отражая глубину системного кризиса в отношениях.

Парламентский диалог с США: реалистичное партнерство с элементами формальной конфронтации

Межпарламентские отношения России с Соединенными Штатами изначально развивались на иной, более фрагментарной и политически насыщенной основе по сравнению с диалогом с Европейским союзом. Если взаимодействие с ЕС было встроено в проект регулятивной интеграции, то диалог с США с самого начала напоминал классическую дипломатию великих держав, фокусируясь на вопросах глобальной безопасности, стратегической стабильности и острых двусторонних проблемах.

Этот специфический характер определялся фундаментальными установками американской внешней политики. Несмотря на смену администраций, глобальная стратегия США демонстрирует значительную преемственность в своих ключевых идеологических установках, целях и методах. Это в полной мере относится и к политике Вашингтона в отношении России. В ее основе лежит устойчивая конфронтационно-конкурентная парадигма, которая мало зависит от конкретной внутренней трансформации Российского государства. Определяющим для Вашингтона является стратегическая роль России в мире, ее способность влиять на формирование основ миропорядка, что входит в противоречие с американским видением моноцентричного лидерства [8, С. 10]. Данная парадигма предопределила инструментальный и ограниченный характер межпарламентских связей, которые с самого начала были подчинены логике межгосударственного соперничества, а не интеграции.

Официальная история этих отношений началась позже, а их отправной точкой стал Меморандум о взаимопонимании 2003 г. между Советом Федерации России и Конгрессом США, подписанный в период краткого сближения после событий 11 сентября. Его символическое значение, провозглашавшее «новый качественный уровень» взаимодействия, заметно превышало практическую ценность. Это подтверждалось и риторикой сторон: как заявил тогда глава российской делегации С. Миронов, документ знаменовал «начало нового этапа совместной продуктивной работы». Американский сенатор Б. Фрист также констатировал небывалый уровень отношений, отметив, что существующие разногласия «лучше всего разрешать, будучи друзьями» [9].

Наиболее формализованный канал диалога, основанный на взаимодействии верхних палат, был создан в 2004 г., а годом позже к нему подключилась Государственная Дума. Однако последующие контакты, включая первые встречи делегаций в 2005 г. и пиковую встречу комитетов в 2007 г., приуроченную к 200-летию дипотношений, часто сводились к ритуальному обмену жесткими позициями по наиболее спорным вопросам – американской ПРО, статусу Косова, проблемам демократии [10]. В этом контексте парламентская

дипломатия служила не столько поиску компромиссов, сколько публичной демонстрации и отстаиванию официальных линий, выполняя функцию взаимного сдерживания.

Кризис 2014 г. привел к фактической остановке этой работы, что было официально подтверждено в 2017 г. заявлением о «заморозке» контактов. Однако в условиях тотального охлаждения на высшем уровне проявился интересный феномен: отдельные сегменты политического истеблишмента пытались сохранить нишевые каналы коммуникации, следуя ведомственной или бюрократической логике. Так, уже в 2017 г. в Госдуме прошло заседание депутатской группы по связям с Конгрессом США, а в 2018 г. по инициативе посла США в Москве состоялся визит американской делегации. Эти встречи, проходившие за закрытыми дверями и затрагивавшие болезненные темы (Сирия, Украина, обвинения во вмешательстве в выборы), показали попытки отдельных групп поддерживать диалог для сохранения влияния и доступа к информации [11].

Тем не менее, эти усилия остались безрезультатными и не смогли противостоять макро-политическим тенденциям. Работа депутатской группы прекратилась после февраля 2022 г., поставив точку в этом и без того фрагментарном и прерывистом диалоге. Таким образом, межпарламентское взаимодействие России и США, изначально носившее скорее символический и демонстрационный характер, в конечном итоге полностью утратило, отражая общую динамику двустороннего противостояния.

Текущее состояние: между риторикой открытости и практикой изоляции

На текущий момент наблюдается парадоксальная дихотомия между риторическими декларациями об открытости к диалогу и их фактическим отсутствием на практике. Заявления российских представителей (например, К. И. Косачева) вписываются в более широкий нарратив, позиционирующий Россию как сторону, не закрывающую дверь для переговоров, и возлагающую ответственность за их отсутствие на Запад [12]. Эта риторика функционирует как инструмент информационно-политического противостояния, поддерживая имидж рационального и конструктивного актора, готового к диалогу.

Аналогичные сигналы с Запада, такие как инициативы конгрессуменов А. П. Луны или обсуждения нейтральных площадок в Европе, носят преимущественно неофициальный характер [13]. Эти сигналы отражают либо личные позиции отдельных политиков, либо тактические маневры во внутрипартийной или внутриинституциональной борьбе, но они не указывают на изменение официальной линии. Следовательно, подобные инициативы надлежит интерпретировать не как предвестники скорой нормализации, а как свидетельство сохранения идеи диалога в дискурсе, потенциально актуальной при изменении политического контекста.

Потенциал парламентской дипломатии на данном этапе заключается не в разрешении конфликтов, а в выполнении двух ключевых функций: поддержание потенциальных каналов контактов, т. е. продолжение экспертных дискуссий по вопросам, представляющим взаимный интерес, таким как Арктика, освоение космоса, эпидемиологическая безопасность, киберпреступность на уровне специалистов и бывших политиков; формирование «буферной зоны» в институциональной памяти, т. е. фиксация истории о предыдущих взаимодействиях и личных связях в сегменте политической элиты для возможного возобновления сотрудничества после деэскалации ситуации [14, С. 22].

Теоретический синтез: трансформация функций парламентской дипломатии в контексте конфликта

Анализ эволюции межпарламентских отношений позволяет предложить модели трансформации дипломатических функций парламентов в условиях перехода от сотрудничества к конфронтации (табл. 1).

Таблица 1. Модели трансформации дипломатических функций парламентов в условиях перехода от сотрудничества к конфронтации

Функционирование в период сотрудничества (до ~2013 г.)	Функционирование в период конфликта (после 2014 г.)	Теоретическое обоснование
--	---	---------------------------

Легитимизация: подтверждение и поддержка процессов сближения	Делегитимизация: публичное осуждение действий оппонента с целью подрыва его легитимности	Конструктивистская и нарративная теории
Коммуникация и разрешение конфликтов: обсуждение позиций, поиск компромиссов и точек соприкосновения	Ограниченная передача сигналов: неформальное зондирование готовности к диалогу по второстепенным каналам	Теория игр в анализе переговорных процессов
Экспертные сети: формирование транснациональных сообществ знаний и обмена опытом	Реликтовые сети: сохранение остаточных личных и профессиональных связей в маргинальных форматах	Теория социальных сетей и анализ адвокационных групп.
«Мягкая сила»: формирование положительного имиджа страны	Идеологический конфликт: взаимная демонизация и мобилизация внутренней аудитории	Теория публичной дипломатии и анализ пропаганды

Как показывает анализ, в российско-западных отношениях парламентская дипломатия в значительной мере утратила две ключевые позитивные функции (легитимизацию и коммуникацию). Конфронтационные и маргинальные элементы вышли на первый план, в то время как их эффективность как средства разрешения конфликтов ничтожно мала, поскольку у них нет собственных переговорных ресурсов и они строго подчиняются исполнительной власти, особенно в вопросах, связанных с войной и миром. Тем не менее, роль парламентской дипломатии как «институциональной памяти» и потенциального «запасного канала» не следует недооценивать. Она функционирует в режиме ожидания, и ее активация станет следствием, а не причиной более широкой политической деэскалации.

Заключение

История межпарламентских отношений России с США и ЕС представляет собой микромодель эволюции постбиполярного мирового порядка. Политический анализ этой истории, охватывающий оптимистичный период институционального строительства 1990-х гг., неравномерное сотрудничество и нарастающую напряженность 2000-х, а также институциональный коллапс и расхождение ценностей в 2010-х и далее, позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Институты следуют за политикой, а не наоборот. Совет Парламентского сотрудничества Россия–ЕС (СПС) и парламентские группы с участием США создавались как инструменты интеграции и разрешения конфликтов. Однако сдвиг политического ландшафта к конфронтации привел к их маргинализации: институты либо замораживались, либо распускались как символы неудачного сближения.

2. Ограниченная автономия парламентской дипломатии. В условиях системной конфронтации между великими державами она не обладает самостоятельностью. Ее возрождение требует предварительного согласия или хотя бы молчаливого взаимного интереса на уровне исполнительной власти. Неофициальные инициативы (например, белградские или парламентских групп) оставались периферийными и легко блокировались при эскалации.

3. Трансформация функций. Из средства легитимации сотрудничества парламентская дипломатия эволюционировала в инструмент взаимной делегитимации и идеологической конфронтации, сохранив рудиментарные роли в передаче сигналов и поддержании периферийных связей.

В настоящее время полномасштабный диалог маловероятен ввиду отсутствия политических предпосылок. Однако потенциал его восстановления сохраняется в долгосрочной перспективе благодаря:

- институциональному шаблону: опыт СПС и отработанные процедуры остаются в «архиве», готовыми к активации.
- человеческому капиталу: политики и эксперты с обеих сторон сохраняют память о периодах совместной работы.
- теоретическому консенсусу: идея парламентского диалога как ценного инструмента не утратила легитимности, что подтверждают эпизодические публичные заявления со стороны политиков и экспертов.

Таким образом, парламентская дипломатия в российско-западных отношениях существует в состоянии приостановки как потенциальный ресурс. Ее возрождение определяется не внутренней динамикой, а геополитическим контекстом и готовностью сторон перейти от конфронтации к минимальному сотрудничеству. Настоящее исследование подчеркивает хрупкость институтов сотрудничества в эпоху доминирования силовой политики и длительность пути их восстановления.

Список источников

1. Заикин А. А., Керимов А. А. Российско-китайский межпарламентский диалог в свете двусторонних отношений // Российский социально-гуманитарный журнал. 2025. № 1. URL: www.vestnik-mgou.ru (дата обращения: 20.01.2026).
2. Malashenko O. Y. The European Union's Parliamentary Diplomacy vis-à-vis Russia: From Engagement to Containment // The Hague Journal of Diplomacy. 2020. Vol. 15. No. 1-2. P. 196–220.
3. Варакса А. Н. Американский конгресс и его роль во внешней политике США // Вестник Санкт-Петербургского университета. Политология. Международные отношения. 2017. Т. 10, № 3. С. 237–245.
4. Соглашение о партнерстве и сотрудничестве // Официальный сайт Министерства иностранных дел Российской Федерации. URL: <https://russiaeu.mid.ru/upload/iblock/d51/d51d253a5d8c47ac90b9da1763ba91e7.pdf> (дата обращения: 20.01.2026).
5. Моисеев Д. Э. Комитет парламентского сотрудничества Россия – Европейский союз // Межпарламентские институты в мировой политике. Коллективная монография / Под ред.: И. Л. Прохоренко (отв. ред.), В.Г. Варнавского, М.В. Стрежневой, Е.М. Харитоновой. М.: ИМЭМО РАН, 2020. 352 с.
6. Шаповалов Н. И. Европейский парламент, тенденции становления // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 5: Юриспруденция. 2015. № 3(28). С. 198–204.
7. Европарламент утвердил доклад о пересмотре отношений Евросоюза с Россией // Сетевое издание «СенатИнформ» URL: https://senatinform.ru/news/evroparlament_utverdil_doklad_o_peresmotre_otnosheniy_evrosoyuza_s_rossii/?ysclid=mhx0or1w9e603051460 (дата обращения: 20.01.2026).
8. Шаклеина Т. А. Политика в отношении России: конкуренция, сдерживание и управление // Вестник РГГУ. Серия «Политология. История. Международные отношения». 2020. № 4. С. 10–26.
9. Совет Федерации и сенат конгресса США подписали первый в истории меморандум о сотрудничестве // Прайм. URL: <https://1prime.ru/20031105/760287949.html?ysclid=mhv17llgdm604144989> (дата обращения: 20.01.2026).
10. Нарочницкая Н. «Российский формат» на Капитолийском холме // Столетие. Информационно-аналитическое издание Фонда Исторической перспективы. 20.10.2007. URL: https://www.stoletie.ru/russkiiy_proekt/rossiski_format_na_kapitoliskom_holme.htm?ysclid=mhzw8sdzer573894403 (дата обращения: 20.01.2026).
11. Российские депутаты к встрече с американскими коллегами готовы, но пока теоретически // Коммерсант. 28.10.2025. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8159664> (дата обращения: 20.01.2026).
12. Трансатлантический кейс: РФ готова к диалогу с американскими парламентариями // Известия. 27.10.2025. URL: <https://iz.ru/1979495/ekaterina-hamova/transatlanticeskii-keis-rf-gotova-k-dialogu-s-amerikanskimi-parlamentariami> (дата обращения: 20.01.2026).

13. Конгрессвумен Луна заявила о важности диалога с РФ для нового этапа отношений // Российская газета. 09.10.2025. URL: <https://rg.ru/2025/10/09/v-kongresse-ssha-zagovorili-o-neobhodimosti-dialoga-s-rossiej.html?ysclid=mhvmhltph377026895> (дата обращения: 20.01.2026).
14. Керимов А. А., Шебзухова Ф. А. Парламентаризм в системе обеспечения национальной безопасности современной России // Социально-политические науки. 2022. Т. 12. № 1. С.21–27.

References

1. Zaikin A. A., Kerimov A. A. Russian-Chinese interparliamentary dialogue in the light of bilateral relations // Russian Socio-Humanitarian Journal. 2025. № 1. URL: www.evestnik-mgou.ru (date of access: 20.01.2026). (In Russ)
2. Malashenko O. Y. The European Union's Parliamentary Diplomacy vis-à-vis Russia: From Engagement to Containment // The Hague Journal of Diplomacy. 2020. Vol. 15. No. 1-2. P. 196-220. (In Russ)
3. Varaksa A. N. The American Congress and its role in U.S. foreign policy // Bulletin of St. Petersburg University. Political science. International relations. 2017. Vol. 10, No. 3. pp. 237-245. (In Russ)
4. Partnership and Cooperation Agreement // Official website of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation. URL: <https://russiaeu.mid.ru/upload/iblock/d51/d51d253a5d8c47ac90b9da1763ba91e7.pdf> (accessed: 20.01.2026). (In Russ)
5. Moiseev D. E. Committee for Parliamentary Cooperation between Russia and the European Union // Interparliamentary Institutions in World Politics. Collective monograph / Edited by: I. L. Prokhorenko (ed.), V.G. Varnavsky, M.V. Strezhneva, E.M. Kharitonova. Moscow: IMEMO RAS, 2020. 352 p. (In Russ)
6. Shapovalov N. I. The European Parliament, the tendencies of formation // Bulletin of the Volgograd State University. Series 5: Jurisprudence. 2015. No. 3(28). pp. 198-204. (In Russ)
7. The European Parliament approved a report on the revision of EU relations with Russia // Online publication "SenatInform" URL: https://senatinform.ru/news/evroparlament_utverdil_doklad_o_peresmotre_otnosheniy_evrosoyuza_s_rossiej/?ysclid=mhx0or1w9e603051460 (accessed: 20.01.2026). (In Russ)
8. Shakleina T. A. Policy towards Russia: competition, deterrence and management // Bulletin of the Russian State University of Economics. The series "Political Science. History. International relations". 2020. No. 4. pp. 10-26. (In Russ)
9. The Federation Council and the Senate of the U.S. Congress signed the first ever memorandum of cooperation // Prime. URL: <https://1prime.ru/20031105/760287949.html?ysclid=mhvl7llgdm604144989> (accessed: 20.01.2026). (In Russ)
10. Narochnitskaya N. "The Russian format" on Capitol Hill // Century. Information and analytical publication of the Historical Perspective Foundation. 20.10.2007. URL: https://www.stoletie.ru/russkiy_proekt/rossiski_format_na_kapitoliskom_holme.htm?ysclid=mhzw8sdzer573894403 (accessed: 20.01.2026). (In Russ)
11. Russian deputies are ready for a meeting with their American colleagues, but so far theoretically // Kommersant. 10/28/2025. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8159664> (date of request: 20.01.2026). (In Russ)
12. Transatlantic case: Russia is ready for dialogue with American parliamentarians // Izvestia. 10/27/2025. URL: <https://iz.ru/1979495/ekaterina-hamova/transatlanticeskii-keis-rf-gotova-k-dialogu-s-amerikanskimi-parlamentariami> (accessed: 20.01.2026). (In Russ)
13. Congresswoman Luna stated the importance of dialogue with the Russian Federation for a new stage of relations // Rossiyskaya Gazeta. 09.10.2025. URL: <https://rg.ru/2025/10/09/v-kongresse-ssha-zagovorili-o-neobhodimosti-dialoga-s-rossiej.html?ysclid=mhvmhltph377026895> (accessed: 20.01.2026). (In Russ)
14. Kerimov A. A., Shebzukhova F. A. Parliamentarism in the national security system of modern Russia // Socio-political sciences. 2022. Vol. 12. No. 1. pp.21-27. (In Russ)

Информация об авторах

Заикин Андрей Анатольевич – кандидат политических наук, доцент кафедры социальных технологий Северо-Западного института управления – филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», zaikindok@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Information about the authors

Andrey A. Zaikin – Candidate of Political Sciences, Associate Professor of the Department of Social Technologies at the Northwestern Institute of Management, Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, zaikindok@mail.ru

Conflict of interest: the author declare no conflicts of interests

Научная статья

УДК 322.2

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.14>

Ислам в СССР: эволюция государственных стратегий от воинствующего атеизма к управляемой инкорпорации

Александр Алиевич Керимов^{1*}, Али Шабазгирейевич Албаков²

^{1,2} Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина (д. 51, пр. Ленина, Екатеринбург, 620000, Российская Федерация)

¹ kerimov68@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5807-9810>

² albakovcand@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку: Александр Алиевич Керимов, kerimov68@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается эволюция политики советского правительства в отношении ислама с 1920-х по 1980-е гг. Проведенный анализ показывает, что первоначальный марксистский подход, который рассматривал религию как «реликт», был сформирован под влиянием практических задач управления многонациональной империей и защиты внешнеполитических интересов. В исследовании выделяются несколько этапов, каждый из которых характеризуется различными стратегиями: от тактического сотрудничества и жестких репрессий в начальный период до создания системы мусульманских духовных управлений (ДУМ) вовремя и после войны. Особое внимание уделяется периоду «оттепели», когда административное и бюрократическое давление привело к расколу в религиозной сфере и появлению «параллельного» ислама. Кроме того, в статье рассматривается влияние «афганского фактора» (1979-1989), который послужил катализатором политизации исламской идентичности и внедрения радикальных интерпретаций. В работе сделан вывод, что советская политика, которая эволюционировала от отрицания ислама к его инструментализации, не смогла достичь цели полной секуляризации. Вместо этого она способствовала укреплению ислама в частной сфере и накоплению потенциала для протеста. Наследие этой политики – двойственность официальных и неофициальных религиозных институтов – продолжает оказывать влияние на постсоветские общества.

Ключевые слова: государственно-конфессиональные отношения в СССР, ислам, Духовные управления мусульман (ДУМ), воинствующий атеизм, секуляризация, религиозная политика, атеистическая пропаганда, религиозная «оттепель», религиозное диссидентство

Для цитирования: Керимов А.А., Албаков А.Ш. Ислам в СССР: эволюция государственных стратегий от воинствующего атеизма к управляемой инкорпорации // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 177-185. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.16>

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

Research article

Islam in the Soviet Union: the evolution of state strategies from militant atheism to managed incorporation

© Керимов А.А., Албаков А.Ш., 2026

Alexander A.Kerimov^{1*}, Ali Sh. Albakov²

^{1,2} Ural Federal University (51 Lenin Ave., Yekaterinburg, 620000, Russian Federation)

¹ kerimov68@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5807-9810>

² albakovcand@mail.ru

*Corresponding author: Alexander A.Kerimov, kerimov68@mail.ru

Abstract. The article examines the evolution of the Soviet government's policy toward Islam from the 1920s to the 1980s. The analysis demonstrates that the initial Marxist approach, which viewed religion as a "relic," was shaped by the practical challenges of governing a multinational empire and safeguarding foreign policy interests. The study identifies several distinct stages, each characterized by different strategies: from tactical cooperation and severe repression in the early period to the establishment of the system of Spiritual Administrations of Muslims (DUM) during and after the war. Particular attention is paid to the "Thaw" period, when administrative and bureaucratic pressure led to a schism within the religious sphere and the emergence of a "parallel" Islam. Furthermore, the article explores the influence of the "Afghan factor" (1979-1989), which served as a catalyst for the politicization of Islamic identity and the introduction of radical interpretations. The conclusion is drawn that Soviet policy, which evolved from the denial of Islam to its instrumentalization, failed to achieve the goal of complete secularization. Instead, it contributed to the entrenchment of Islam in the private sphere and the accumulation of protest potential. The legacy of this policy - the duality of official and unofficial religious institutions - continues to influence post-Soviet societies.

Keywords: state-religious relations in the USSR, Islam, Spiritual Administrations of Muslims (DUM), militant atheism, secularization, religious policy, atheistic propaganda, religious "Thaw", religious dissent.

For citation: Kerimov A.A., Albakov Ali. Sh. Islam in the Soviet Union: the evolution of state strategies from militant atheism to managed incorporation. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):177-185. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.16>

Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest.

The article was received by the editorial office on 01.12.2025;

approved after review on 01.02.2026;

The publication was accepted: 01.03.2026.

Введение

Включение обширных мусульманских регионов в состав Советской России поставило большевистский режим перед серьезной проблемой. Ислам был не просто религиозной системой, но и служил основой социальной организации, культурной идентичности и правовых традиций (адат и шариат) для многих граждан бывшей Российской империи. Теоретический марксистский взгляд на религию как на «опиум для масс» и пережиток феодализма столкнулся с практическими трудностями управления разнородной империей, обеспечения стабильности на южных границах и конкуренции в мировой системе [1, С. 5-10]. Более того, как отмечает историк Адиб Халид, большевики унаследовали от Российской империи не только территории, но и устоявшийся аппарат управления исламом через Оренбургское мусульманское религиозное собрание, что создало парадоксальную преемственность [2, С. 29-35]. Таким образом, с самого начала политика в отношении ислама развивалась в сложной обстановке между идеалистической целью создания атеистического общества и практическими потребностями государственного строительства. Цель данного исследования – проанализировать логику и этапы этой политики, рассматривая ее не как линейный процесс подавления, а как динамичную систему адаптируемых стратегий, в которой периоды интенсивного конфликта чередуются с фазами вынужденного приспособления и инструментального использования религиозных факторов.

Ранний советский период (1920-е – 1930-е гг.): Воинствующий атеизм и репрессии

Формирование советской политики в отношении ислама на ранних этапах было обусловлено фундаментальными противоречиями. С одной стороны, большевики руководствовались стратегической идеологической целью – полной ликвидацией религии как института. С другой стороны, перед ними стояла прагматичная задача сохранения власти в многонациональной стране, что заставило их принять гибкую тактику. Это противоречие между стратегическим неприятием и тактическим компромиссом определяло весь период с 1920-х по 1930-е гг.

Первоначально, в 1920-е гг., преобладала логика временного сотрудничества. Столкнувшись с необходимостью укрепить контроль над обширными мусульманскими регионами, советское правительство сделало выбор в пользу тактического союза. Это решение было продиктовано как внутренними вызовами, такими как необходимость подавления движения басмачества в Центральной Азии, так и внешнеполитическими целями по распространению революции на восточные страны. Конкретными проявлениями этой политики стали лозунг «Шариат на службе революции» [3, С. 5-15], временная легализация шариатских судов, поддержка политики коренизации и усилия по взаимодействию с лояльными религиозными лидерами, такими как муфтий Ризаэтдин Фахретдинов [4, С. 85-95]. В этот период допускалось существование централизованных духовных управлений, а идеологи делали ставку на раскол мусульманского сообщества, поддерживая «прогрессивных» джадидов и создавая институт «красных мулл».

Однако к середине 1920-х гг. начала набирать силу противоположная тенденция – систематический подрыв основ исламского общества. Параллельно с уступками предпринимались менее заметные, но последовательные усилия по ослаблению религиозных институтов. Это включало конфискацию имущества вакуффов, которое составляло экономическую основу общин, и постепенную маргинализацию шариатских судов [4, С. 87-90]. С самого начала тактика примирения сочеталась с усилиями по подготовке основы для будущего тотального наступления.

Значительный и решающий поворотный момент произошел в начале 1930-х гг., что совпало со сталинской политикой ускоренной индустриализации и полной коллективизации, а также культурной унификации. Это ознаменовало окончание периода уступок и начало фазы тотального уничтожения, направленного не только на ограничение, но и на физическое и юридическое устранение ислама как общественного явления. Эта кампания проводилась в нескольких смежных областях.

Прежде всего, она коснулась материальной инфраструктуры: тысячи мечетей и религиозных школ были закрыты, снесены или преобразованы в другие учреждения. К 1941 г. на территории РСФСР оставалось менее 1% дореволюционных мечетей. Одновременно произошло физическое устранение религиозных лидеров, в том числе улемов, кади и других лиц, обвиненных в контрреволюционной и буржуазно-националистической деятельности [5, С. 12-24].

Правовой кульминацией этого процесса стал Закон РСФСР «О религиозных объединениях», принятый в 1929 г. (Одинцово в 1996 году). Этот документ существенно ограничил любую религиозную деятельность, сведя ее к очень узким рамкам. С тех пор религиозная деятельность могла осуществляться только в рамках зарегистрированных общин, которые были лишены статуса юридического лица, прав собственности и возможности заниматься образовательной или благотворительной деятельностью. Суды шариата и адата были окончательно запрещены.

Отличительной чертой этого периода было то, что репрессии обрушились не только на официальные религиозные структуры, но и на неформальные и народные формы ислама. Мишенями стали суфийские братства и сельские муллы, что, по мнению ученых, привело к глубокой архаизации религиозных практик и их уходу в подполье и домашнюю сферу [1, С. 85-90]. Этот процесс был идеологически поддержан широкомасштабной

пропагандистской кампанией, проводимой под эгидой Союза воинствующих атеистов, в которой ислам изображался как форма суеверия, несовместимая с научным социализмом.

Таким образом, результатом этого этапа стала не ассимиляция ислама в новых условиях, а скорее его насильственный демонтаж как системы общественного права, социальной структуры и формального образования. Религия была исключена из сферы общественного внимания, что, хотя и не привело к ее полному искоренению, лишь изменило способы ее существования, отодвинув ее на периферийное, частное и часто децентрализованное подпольное положение.

«Религиозная оттепель» военных и послевоенных лет: институционализация и контроль

Великая Отечественная война, начавшаяся в июне 1941 г., вынудила советское руководство пересмотреть подход к взаимоотношениям с обществом. Жесткие идеологические рамки, очерченные к тому времени и предполагавшие неминуемое исчезновение религии, оказались несостоятельными в условиях тотальной мобилизации всех ресурсов страны — включая духовные и символические. В этом контексте возникла политика «контролируемой легализации», которая ознаменовала период послаблений для советских мусульман. Однако это было не настоящей либерализацией, а скорее инструментализацией религиозной веры в целях выживания и восстановления государства.

Конкретным примером такой политики стало создание в 1943–1944 гг. системы Духовных управлений мусульман (ДУМ) – уникального новшества в советском религиозном управлении. Эта мера вошла в более широкий «религиозный поворот» Сталина, который включал встречу с иерархами Русской православной церкви и восстановление патриархата в 1943 г. Для ислама, лишённого единого центра и чёткой иерархии, была адаптирована аналогичная модель: создали четыре независимых центра, искусственно привязанных к этнокультурным территориям. Это Духовное управление мусульман Центральной Азии и Казахстана (Ташкент), Духовное управление мусульман Закавказья (Баку), Духовное управление мусульман Северного Кавказа (Буйнакск/Махачкала) и Духовное управление мусульман европейской части СССР и Сибири (Уфа). Такая географическая раздробленность, как убедительно показал А. В. Малашенко, была отнюдь не случайностью. Она преследовала стратегическую цель: разделить единый мусульманский мир на мелкие, изолированные друг от друга сегменты, чтобы предотвратить возникновение межрегиональной солидарности и единого духовного лидерства [6, С. 85-105].

Духовные управления мусульман служили бюрократическим фильтром: через них государство в лице Совета по делам религий отбирало лояльное духовенство и контролировало открытие крупных мечетей. Вместо тысяч мечетей, действовавших до войны, было разрешено открыть лишь десятки, что позволило государству установить прямой канал влияния на верующих. Эта новая реальность наиболее ярко проявилась в символических актах власти. В 1942 г., в разгар Сталинградской битвы, в Уфе состоялся съезд мусульманского духовенства и верующих. Призывы конгресса к джихаду против фашизма послужили мощным инструментом пропаганды. Кульминацией этого события стала личная встреча муфтия Абдурахмана Расулева со Сталиным, которая состоялась в 1944 г. и была проведена с соблюдением всех формальностей в Кремле. Эта встреча послужила окончательным актом легитимации, поскольку придала религиозному лидеру, ранее занимавшему неофициальную должность, официальный статус в обмен на его беспрекословную лояльность советскому правительству. Фетвы, изданные этим религиозным лидером, в которых защита социалистической родины приравнивалась к религиозному долгу, были широко растиражированы по всему мусульманскому миру.

Одновременно советское руководство пошло на ряд символических уступок, рассчитанных на демонстрационный эффект. Открытие медресе Мир Араб в Бухаре в 1945 году, в самом центре исторического центра исламского просвещения, было политически значимым жестом. Внутри советской иерархии это воспринималось как «проявление

лояльности». Параллельно создавался небольшой учебный центр, находившийся под строгим государственным контролем [5, С. 15-20]. Для международного сообщества данные меры сигнализировали о том, что СССР проявляет уважение к исламской культуре. В соответствии с той же логикой контролируемой демонстрации в Ташкенте было выпущено ограниченное издание Корана и организованы официальные ифтары для иностранных дипломатов.

С политической точки зрения, произошедшее представляло собой классическое внедрение потенциально оппозиционного института в государственную систему в качестве подконтрольного элемента. Ислам не был запрещен, скорее, он был «национализирован». Он был переформатирован и использован в целях государственной политики. ДУМы были преобразованы в орган, представляющий интересы не религиозного, а светского государства.

Их ключевыми функциями были следующие:

- легитимизация режима: духовные лидеры давали моральную санкцию советскому правительству, особенно в традиционных обществах, где национальная светская идентичность все еще находилась в процессе формирования;
- социальный контроль: государство направило религиозную деятельность в безопасное и контролируемое русло, изолировав нелояльное духовенство, действовавшее подпольно;
- инструмент мягкой силы во время холодной войны: как отмечает Р. Д. Крейн, советские мусульманские делегации стали важным средством борьбы за влияние в процессе деколонизации азиатских и африканских стран, продвигая имидж «прогрессивного ислама», поддерживаемого Советским Союзом [7, 1956, С. 10].

Таким образом, «оттепель» в отношении ислама в 1940-е и 1950-е гг. была не восстановлением веры, а ее политизацией. Несмотря на формальный атеизм государства, оно создало эффективный механизм управления религиозной деятельностью, используя его одновременно как инструмент внутренней консолидации и внешнеполитического влияния. Эта система, первоначально введенная в качестве временной меры в военный период, как показала практика, оказалась жизнеспособной и заложила институциональную основу советского и постсоветского исламского управления, которая сохранилась до настоящего времени.

Послевоенное противостояние и антирелигиозная кампания Н.С. Хрущева

Парадоксальным образом ослабление политической атмосферы после смерти Сталина, связанное с известной «оттепелью», привело не к ослаблению контроля, а к его усилению над религиозными институтами. Приход к власти Н. С. Хрущёва, с его утопической верой в скорое построение коммунизма, ознаменовал возрождение воинствующего антирелигиозного проекта, но уже в иной, административно-бюрократической форме. Если сталинские репрессии носили характер жестокого силового подавления, то хрущёвская кампания представляла собой систематическое бюрократическое удушение религии с помощью сети правил, запретов и тотального надзора [8, С. 45-55]. Этот период не стал возвращением к репрессиям 1930-х гг., напротив, это была попытка рационализировать антирелигиозную борьбу, превратив её в рутинную функцию партийно-государственного аппарата.

Ярким проявлением нового подхода стал IV съезд Духовного управления мусульман Центральной Азии и Казахстана (САДУМ), проходивший в Ташкенте в 1961 г. Под давлением партийных органов съезд принял «Положение», существенно ограничившее права религиозных общин и превратившее духовных лидеров в низовых администраторов. Документ, разработанный в Совете по делам религий при Совете Министров СССР, узаконил тотальное вмешательство государства в религиозную жизнь. Имамам предписывалось согласовывать каждую проповедь, предоставлять списки участников

крупных мероприятий и регулярно отчитываться о настроениях верующих. Как отмечает историк Я. Рои, это завершило трансформацию муфтиев в «уполномоченных по делам религий», где административные функции полностью подчинили себе пастырские обязанности [5, С. 15-20]. Их лояльность проверялась не только во внешней политике, но и по готовности вводить ограничения для собственных общин.

Такое административное давление стало частью всесоюзной кампании 1958–1964 гг. по «окончательному преодолению религиозных пережитков». Она опиралась на секретные постановления ЦК КПСС, криминализировавшие религиозную практику. Благотворительность (закят и садака), паломничества к святыням (зиярат) и любое религиозное обучение детей – формальное или неформальное – были прямо запрещены. На деле это привело к «тихой чистке» инфраструктуры: если в 1948 г. в Узбекской ССР действовало около 400 мечетей, то к середине 1960-х их осталось менее 100 [9, С. 110-120]. Мечети закрывали по формальным поводам вроде «ветхости», «отсутствия зарегистрированной общины» или «просьб жителей»; здания переоборудовали в клубы, склады или, что было особенно символично, музеи атеизма.

Однако эта политика имела двойственный характер и выявила внутренние противоречия системы. С одной стороны, она продемонстрировала провал проекта «советского ислама»: ДУМы, созданные Сталиным как инструменты контроля и легитимации, не стали подлинными центрами религиозной жизни. Их зависимость от государства дискредитировала их в глазах глубоко верующих традиционалистов. С другой стороны, ДУМские структуры стали важным инструментом во внешнеполитической стратегии по оказанию влияния на страны «третьего мира». Их ликвидация нанесла бы ущерб пропаганде. В результате возникла гибридная система, в которой внешне уважаемые, но внутренне контролируемые институты были сохранены для международного использования, в то время как основное внимание по-прежнему уделялось подавлению неформальной религиозно-культовой деятельности на местах.

Главным и, вероятно, непреднамеренным последствием этой политики стал глубокий раскол в религиозной сфере. Жесткий контроль над ДУМами и физическое разрушение инфраструктуры привели не к искоренению веры, а к ее фундаментальной трансформации и уходу в тень. Это породило феномен «параллельного», или «народного» ислама. Влияние на верующих перешло от зарегистрированных имамов к харизматичным незарегистрированным лидерам: «подпольным» муллам, управлявшим тайными школами (худжрами) в частных домах, и суфийским шейхам (ишанам) с их неформальными сетями (тарикатами), неподвластными бюрократии. Как справедливо отмечают Л. Р. Полонская и А. В. Малашенко, государственная политика сама по себе создала почву для религиозного инакомыслия, изолировав умеренных и радикализировав само религиозное поле, сделав его оппозиционным по определению [10, С. 120-135].

Особенно острый конфликт разгорелся в Кавказском регионе. Символом этого противостояния стала «битва за Зиярат» в Дагестане и Чечне, когда власти проводили полицейские рейды по религиозным объектам во время праздников, разгоняя верующих, конфискуя пожертвования и арестовывая организаторов. Однако, как показывают исследования, эти меры возымели обратный эффект, повысив святость этих мест и создав ощущение мученичества у тайных посетителей. Запрещенные религиозные ритуалы превратились в акты сопротивления и защиты идентичности, укрепляющие позиции неформальных лидеров как против государственных властей, так и против официальных структур, которые компрометировали их убеждения [11, С. 195-205]. В результате оттепель в религиозной политике обернулась глубоким расколом с далеко идущими последствиями. Достигнув пика контроля над официальными институтами, государство утратило свое влияние на повседневную практику и убеждения приверженцев религии. Возникла непреднамеренная дуалистическая система: искусственный «официальный» ислам для политических целей и динамичный «народный» ислам, находящийся вне контроля государства.

Прагматическая адаптация и кризис управления (1970-е–1980-е гг.): «Афганский фактор» и поиск новых стратегий

Период после отстранения Н. С. Хрущёва ознаменовался кажущимся затишьем в религиозной политике. Однако за фасадом стабильных и ритуализированных отношений между государством и официальными мусульманскими структурами нарастали глубокие системные противоречия. Существовало негласное соглашение: власти гарантировали легальное существование ограниченного числа религиозных организаций, а духовенство демонстрировало полную лояльность режиму. Это хрупкое равновесие было нарушено советским вторжением в Афганистан в декабре 1979 г. Это решение советского руководства, расколовшее общество и обнажившее кризис прежней модели управления исламом, вынудило власти искать более гибкие подходы в отношениях с религиозными организациями страны.

Для миллионов граждан СССР, особенно в приграничных республиках Центральной Азии, война воспринималась не как абстрактный «интернациональный долг», а как угроза единоверцам. В таджикских и узбекских деревнях слухи о боях переплетались с передачами «Голоса Америки» и ВВС на фарси и дари, наделяя термин «джихад» моджахедов политическим смыслом. Как отмечает исследователь А. В. Малашенко, «афганский фактор» стал катализатором исламской солидарности, ранее ограничивавшейся культурными и бытовыми формами [12, С. 15-30].

Появился новый социальный тип – «афганец», который понимался не только как «ветеран-интернационалист», но и как религиозный активист, видевший в моджахедах пример для подражания. Это открыло путь для проникновения и актуализации маргинальных идей, в первую очередь салафизма (часто называемого «ваххабизмом»), радикальной, антисоветской и антитрадиционной интерпретации ислама [13, С. 185-190].

Государство оказалось в ловушке собственных противоречий. С одной стороны, органы власти фиксировали рост «религиозно-националистических настроений» и появление неформальных групп под влиянием политического ислама. Составлялись секретные отчёты, возбуждались дела, например, громкое дело Собирова-Бекназарова в Таджикистане в 1986 г. [14, С. 158]. С другой стороны, внешняя политика требовала доказать мусульманскому миру антиисламский характер действий в Афганистане. Для этого продвигался образ «процветающего советского ислама» через лояльных муфтиев на форумах Всемирного совета мира, в Организации исламского сотрудничества и во время визитов в арабские страны [1, С. 110-130].

Это противоречие спровоцировало переориентацию религиозной политики в конце 1970-х – 1980-х гг. Власть отказалась от неэффективных хрущёвских репрессий в пользу избирательной кооптации и управляемой легализации. Целью этой тактики было недопущение неконтролируемого подполья и частичное интегрирование религии в правовое поле на своих условиях. Эта идея реализовывалась в двух направлениях: 1) кооптация неформальных лидеров в официальные структуры: харизматичных подпольных проповедников и активистов, привлёкших внимание органов безопасности, не репрессировали, а склоняли к сотрудничеству, легализовывали общины, предлагали должности в ДУМе или обучение в медресе «Мир Араб» под скрытым надзором. Как отмечает Е. Ф. Кисриев, органы проводили «профилактические беседы» с последующей вербовкой, превращая оппонентов в агентов влияния в умме [13, С. 150-160]; 2) использование ДУМ как инструмента «мягкой силы»: официальные духовные управления стали «послами» советской модели ислама за рубежом, в задачи которых входило осуждение американского империализма и популяризация мирных инициатив СССР в Афганистане.

Таким образом, власти де-факто были вынуждены признать ислам стабильной политической силой, требующей комплексного управления, а не пережитком прошлого.

Однако этот сдвиг оказался запоздалым и непоследовательным в условиях системного кризиса, экономической стагнации и идеологического вакуума. В попытке сдержать религиозное возрождение, спровоцированное десятилетиями репрессий, государство лишь усилило его. ДУМы, которые были изолированы от народа, не были эффективным институтом для решения религиозных вопросов. К концу 1980-х гг. режим столкнулся не с управляемым «официальным исламом», а с взрывным ростом неконтролируемой религиозности, варьирующейся от суфизма до политизированного салафизма. «Афганский фактор», хотя и не вызвал сам по себе кризис, резко ускорил его, доказав несостоятельность силовых и бюрократических методов управления.

Заключение: Несостоявшаяся секуляризация и наследие советской модели

Эволюция советской политики в отношении ислама привела к парадоксальному результату. Несмотря на масштабные усилия по искоренению религии в 1920-х и 1930-х гг. и ее последующую жесткую бюрократизацию, формирование светского мусульманского образования в западном понимании так и не состоялось. Напротив, эта политика привела к ряду непредвиденных последствий. В частности, можно выделить: 1) приватизацию и этнизацию веры: ислам стал более личным и глубоко укоренился в повседневной жизни, став маркером этнической идентичности и культуры, а не обычным советским гражданством; 2) структурный дуализм: образовался разрыв между легальной, часто маргинальной «официальной» формой ислама и динамичными, неконтролируемыми практиками неформальных сообществ; 3) накопление протестного потенциала: подавление породило скрытое недовольство, которое легко вылилось в религиозное возрождение и политическую активность во время кризиса 1980-х гг.

Таким образом, к концу 1980-х гг. СССР унаследовал глубокие противоречия: бюрократические ДУМы, с одной стороны, и сильное требование подлинной свободы вероисповедания – с другой. Законы 1990 года о свободе вероисповедания не создали принципиально новой реальности, а лишь устранили правовые барьеры, в результате чего реисламизация получила возможность развиваться свободно, нередко сопровождаясь конфликтами. Наследие советского подхода, эволюционировавшего от отрицания к инструментализации, подтвердило устойчивость ислама перед лицом масштабных кампаний секуляризации XX в.

Список источников

1. Bennigsen A., Wimbush S. E. *Mystics and Commissars: Sufism in the Soviet Union*. London: C. Hurst & Company, 1985. 195 p.
2. Khalid A. *Islam after Communism: Religion and Politics in Central Asia*. Berkeley: University of California Press, 2007. 245 p.
3. Арапов Д. Ю. Система государственного регулирования ислама в СССР (1960–1980-е гг.). М.: Изд-во Московского университета, 2006. 215 с.
4. Kemper M. *Studying Islam in the Soviet Union*. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2009. 268 p.
5. Ro'i, Y. *Islam in the Soviet Union: From the Second World War to Gorbachev*. New York: Columbia University Press, 2000. 764 p.
6. Малашенко А. В. Ислам для России. М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2010. 280 с.
7. Crane R. D. *The Soviet-Muslim Impact on the Persian Gulf // Islamic Literature*. — 1956. Vol. 8. No. 11. P. 5–17.
8. Monaghan A. *The “Religious Policy” of the Khrushchev Era: A Reappraisal*: PhD. London : School of Slavonic and East European Studies, University College London, 2013. 312 p.
9. Ислам на территории бывшей Российской империи: Энциклопедический словарь. Т. 3 / сост. и отв. ред. С. М. Прозоров; Ин-т вост. рукописей РАН. М.: Восточная литература, 2011. 263 с.
10. Полонская Л. Р., Малашенко А. В. Мусульманские течения в общественной мысли России и зарубежья (вторая половина XIX – XX вв.). М.: Ин-т востоковедения РАН, 1993. 185 с.
11. Бобровников В. О. Мусульмане Северного Кавказа: обычай, право, насилие. М.: Восточная литература, 2002. 368 с.
12. Малашенко А. В. Исламские ориентиры Северного Кавказа. М.: Гендальф, 2001. 216 с.

13. Кисриев Э. Ф. Ислам в Дагестане. М.: Логос, 2007. 304 с.
14. Олимова С. К., Олимов М. А. Таджикистан на пороге перемен: традиционные институты, ислам и политическая власть. М.: Ин-т востоковедения РАН, 1999. 276 с.

References

1. Bennigsen A., Wimbush S. E. *Mystics and Commissars: Sufism in the Soviet Union*. London: C. Hurst & Company, 1985. 195 p.
2. Khalid A. *Islam after Communism: Religion and Politics in Central Asia*. Berkeley: University of California Press, 2007. 245 p.
3. Arapov D. Yu. *The System of State Regulation of Islam in the USSR (1960–1980s)*. Moscow: Moscow University Press, 2006. 215 p. (In Russ.)
4. Kemper M. *Studying Islam in the Soviet Union*. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2009. 268 p.
5. Ro'i Y. *Islam in the Soviet Union: From the Second World War to Gorbachev*. New York: Columbia University Press, 2000. 764 p.
6. Malashenko A. V. *Islam for Russia*. Moscow: Russian Political Encyclopedia (ROSSPEN), 2010. 280 p. (In Russ.)
7. Crane R. D. *The Soviet-Muslim Impact on the Persian Gulf // Islamic Literature*. 1956. Vol. 8. No. 11. P. 5–17.
8. Monaghan A. *The "Religious Policy" of the Khrushchev Era: A Reappraisal*. PhD Thesis. London: School of Slavonic and East European Studies, University College London, 2013. 312 p.
9. *Islam on the Territory of the Former Russian Empire: Encyclopedic Dictionary*. Vol. 3 / Comp. and ed. by S. M. Prozorov; Institute of Oriental Manuscripts, Russian Academy of Sciences. Moscow: Vostochnaya Literatura, 2011. 263 p. (In Russ.)
10. Polonskaya L. R., Malashenko A. V. *Muslim Trends in Social Thought of Russia and Abroad (Second Half of the 19th – 20th Centuries)*. Moscow: Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences, 1993. 185 p. (In Russ.)
11. Bobrovnikov V. O. *Muslims of the North Caucasus: Custom, Law, Violence*. Moscow: Vostochnaya Literatura, 2002. 368 p. (In Russ.)
12. Malashenko A. V. *Islamic Landmarks of the North Caucasus*. Moscow: Gendalf, 2001. 216 p. (In Russ.)
13. Kisriev E. F. *Islam in Dagestan*. Moscow: Logos, 2007. 304 p. (In Russ.)
14. Olimova S. K., Olimov M. A. *Tajikistan on the Threshold of Change: Traditional Institutions, Islam and Political Power*. Moscow: Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences, 1999. 276 p. (In Russ.)

Информация об авторе

Керимов Александр Алиевич – доктор политических наук, доцент, заведующий кафедрой политических наук департамента политологии и социологии Уральского федерального университета, kerimov68@mail.ru. Scopus ID: 57215904379, Researcher ID: AAG-9905-2019

Албаков Али Шабазгирейевич – соискатель кафедры политических наук департамента политологии и социологии Уральского федерального университета им. Б.Н. Ельцина, albakovcand@mail.ru

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

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the author

Alexander A. Kerimov – Doctor of Political Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Political Sciences of the Department of Political Science and Sociology of the Ural Federal University, kerimov68@mail.ru. Scopus ID: 57215904379, Researcher ID: AAG-9905-2019

Ali Sh. Albakov – applicant for the Department of Political Science, Division of Political Science and Sociology, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, albakovcand@mail.ru

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

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests

Научная статья
УДК 32, 327
<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.17>



Приграничное сотрудничество в стратегии внешней политики России XXI века: эволюция подходов и приоритеты

Аделина Шафиковна Ногмова^{1,*}

¹ Дипломатическая академия МИД России, Москва, Россия
adelinamid@mail.ru

*Автор, ответственный за переписку: Аделина Шафиковна Ногмова, adelinamid@mail.ru

Аннотация. В статье исследуется роль и динамика развития приграничного сотрудничества как компонента внешнеполитической стратегии Российской Федерации с 2000 г. по настоящее время. Проанализированы положения Концепций внешней политики Российской Федерации разных лет (2000, 2008, 2013, 2016, 2023 гг.) с акцентом на эволюцию отношения к межрегиональному и приграничному взаимодействию. Показано, что в ранних концепциях приграничное сотрудничество косвенно фигурировало через задачи добрососедства и интеграции на постсоветском пространстве, однако позднее оно обозначается как важный резерв двусторонних связей и конструктивного диалога с сопредельными государствами. Рассматриваются нормативно-правовые основы приграничного сотрудничества России, включая Концепции приграничного сотрудничества 2001 и 2020 гг. и их связь с приоритетами внешней политики. Отдельное внимание уделено современному этапу, когда приграничное взаимодействие используется для продвижения интеграционных проектов, в числе которых наиболее успешным и продуктивным является ЕАЭС, преодоление барьеров и поддержание стабильности на рубежах. Сделан вывод, что приграничное сотрудничество сформировалось как неотъемлемый элемент внешнеполитической стратегии России, эволюционировав от инструмента региональной политики до самостоятельного направления, подлежащего тщательному рассмотрению в концептуальных документах и практических шагах внешней политики России.

Для цитирования: Ногмова А.Ш. Приграничное сотрудничество в стратегии внешней политики России XXI века: эволюция подходов и приоритеты // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 186-195. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.17>

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации: 01.03.2026.

Research article

Border Cooperation in Russia's Foreign Policy Strategy of the 21st Century: Evolution of Approaches and Priorities

Adelina S. Nogmova^{1*}

© Ногмова А.Ш., 2026

¹ Diplomatic Academy of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russia
adelinamid@mail.ru

*Corresponding author: **Adelina S. Nogmova**, adelinamid@mail.ru

Abstract. The article examines the role and dynamics of the development of border cooperation as a component of the foreign policy strategy of the Russian Federation from 2000 to the present day. The author analyzes the provisions of the Foreign Policy Concepts of the Russian Federation from different years (2000, 2008, 2013, 2016, and 2023), focusing on the evolution of attitudes toward interregional and border interaction. It is shown that in the early concepts, border cooperation appeared indirectly through the objectives of good-neighborliness and integration within the post-Soviet space. However, in later documents, it was designated as an important resource for bilateral relations and constructive dialogue with neighboring states. The article considers the legal and regulatory foundations of Russia's border cooperation, including the Concepts of Border Cooperation adopted in 2001 and 2020, and their correlation with the priorities of foreign policy. Special attention is paid to the current stage, when border interaction is used to promote integration projects - among which the Eurasian Economic Union (EAEU) is recognized as the most successful and productive - to overcome barriers and maintain stability along the borders. The conclusion states that border cooperation has developed into an integral element of Russia's foreign policy strategy, having evolved from a tool of regional policy into an independent domain requiring careful consideration in conceptual documents and in the practical implementation of Russia's foreign policy.

Keywords: foreign policy, border cooperation, interregional relations, Foreign Policy Concept, integration processes, good-neighborliness, border regions.

For citation: Nogmova A.S. Cross-Border Cooperation in Russia's Foreign Policy Strategy for the 21st Century: Evolution of Approaches and Priorities. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):186-195. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.17>

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

The article was submitted 01.12.2025;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026.

Введение

Внешняя политика Российской Федерации традиционно уделяет особое внимание отношениям с ближайшим окружением – сопредельными государствами. Эта историческая линия оправдана как с точки зрения развития экономического взаимодействия, так и с точки зрения культурной близости. Данный подход находит свое отражение в нормативных актах.

Научная новизна исследования заключается в систематизации эволюции официальных внешнеполитических концепций Российской Федерации в контексте их влияния на развитие приграничного сотрудничества и региональных интеграционных процессов.

Актуальность темы определяется центральным значением внешнеполитической концепции Российской Федерации как документа стратегического планирования, определяющего идеологические и нормативные основы международной деятельности государства. Каждая редакция Концепции – не просто программный документ, но и показатель глубинных трансформаций в понимании Россией текущего состояния международных отношений, соотношения национальных и глобальных интересов, характера международной системы.

Цель настоящего исследования – раскрыть закономерности эволюции Концепции внешней политики Российской Федерации в 2000–2023 годах, выявить факторы их изменения, определить преемственные и инновационные элементы внешнеполитической доктрины.

Задачи исследования:

Проанализировать содержательные и структурные особенности каждой из пяти версий Концепции (2000, 2008, 2013, 2016, 2023 гг.);

Определить динамику интерпретации ключевых категорий — «национальный интерес», «суверенитет», «многополярность», «безопасность»;

Проследить изменения геополитических приоритетов и институциональной архитектуры внешнеполитического курса;

Сопоставить Концепции в контексте глобальных международных изменений и внутренних политических трансформаций России.

Обновление внешнеполитической Концепции Российской Федерации в 2023 году продиктовано беспрецедентными изменениями мировой обстановки и глобального кризиса, в котором оказалась система международных отношений [13]. Новый документ заменил собой версию 2016 года, принятую в иной геополитической эпохе. Сравнение Концепций 2016 и 2023 гг. показывает эволюцию взглядов РФ на мировой порядок, цели и приоритеты внешней политики, особенно в приграничном пространстве. Ниже проводится сравнительный анализ ключевых аспектов двух концептуальных документов: изменения геополитического контекста и стратегических целей, перераспределения региональных приоритетов с упором на «пояс добрососедства» по периметру российских границ, переориентации с Запада на Восток и «глобальный Юг», а также трансформации подходов к международному праву, ценностям и гуманитарной политике. В заключение резюмируются основные направления эволюции приграничной политики России.

Эволюция геополитического контекста и целей внешней политики РФ

Каждая редакция Концепции внешней политики Российской Федерации отражает актуальные геополитические реалии своего времени, определяя базовые цели и приоритеты государства. В Концепции 2000 года, принятой вскоре после 1990-х, доминировал настрой на интеграцию в мировое сообщество при одновременной консолидации постсоветского пространства. В разделе II Концепции отмечалось, что окончание конфронтации и «последовательное преодоление последствий “холодной войны”» расширили возможности сотрудничества России на мировой арене [4]. Основными целями внешней политики провозглашались обеспечение надежной безопасности, укрепление суверенитета и поступательного развития страны [4]. Важнейшим приоритетом была заявлена защита интересов личности, общества и государства как высшая ценность внешнеполитического курса. Можно сказать, что в 2000 г. наша страна формулировала внешнеполитические цели в условиях надежд на стабильный миропорядок и собственную внутреннюю консолидацию после кризисного периода.

Не случайно именно в этот период была сформулирована концептуальная база приграничного сотрудничества России. Принятая в 2001 г., она заложила основы согласованной деятельности федеральных и региональных органов власти в сфере взаимодействия с сопредельными государствами [9]. В документе впервые были сформулированы цели укрепления добрососедства, совместного развития инфраструктуры и роста благосостояния населения приграничных территорий. Развитие приграничных регионов рассматривалось как элемент выстраивания устойчивых внешних связей на микроуровне, способствующих реализации общегосударственных внешнеполитических установок. В дальнейшем эти идеи получили развитие в экономических практиках российских регионов – например, в Республике Карелия и Амурской области в рамках российско-финского и российско-китайского сотрудничества [2; 11], а также на постсоветском пространстве [11].

Особое внимание уделялось успешным моделям трансграничного взаимодействия – на северо-западных и дальневосточных рубежах. В Карелии трансграничное сотрудничество с Финляндией стало драйвером преобразований промышленной структуры: расширялись торговые связи, осуществлялся приток инвестиций, активизировались совместные гуманитарные и образовательные программы. Исследования

показывают, что Карелия превратилась в один из ведущих экспортоориентированных регионов страны, где до 70% промышленной продукции шло на экспорт, преимущественно в Финляндию [1]. Аналогичные процессы наблюдались и на востоке страны: Амурская область продемонстрировала формирование российско-китайских стратегических партнерств как основы обеспечения экономической безопасности приграничных территорий [2]. Эти регионы стали примером того, как приграничное сотрудничество может укреплять внешнеполитические позиции России через конкретные социально-экономические проекты и углубление межрегиональных связей.

Концепция 2008 года была принята на фоне заметного роста международного влияния, восстановления авторитета России как одной из сильнейших мировых держав и одновременно накануне кризисных событий, например, конфликта в Южной Осетии в августе 2008 г. Документ 2008 г. подтвердил преемственность базовых целей, но уже отчетливее отразил полицентричную картину мира и усилившуюся конкуренцию крупных держав. В нем подчеркивалось, что главные усилия внешней политики направлены на обеспечение безопасности и суверенитета, создание внешних условий для модернизации экономики, утверждение справедливого миропорядка и др. [5]. В сравнении с 2000 г. усилилась риторика о формировании демократической международной системы, основанной на равноправии и коллективных началах, при центральной роли ООН. Концепция отражала стремление нашей страны к развитию «полицентричного миропорядка», открытость к «региональной и субрегиональной интеграции на пространстве Содружества независимых государств (СНГ), в Евро-Атлантическом и Азиатско-Тихоокеанском регионах, Африке и Латинской Америке». Усиление нашего государства и публичная поддержка идеи «полицентричного миропорядка» совпали с началом охлаждения отношений с Западом, однако охлаждение это не породило кризиса, ситуация была стабилизирована [12].

Как следствие, Концепция внешней политики 2013 года была принята в период относительного «перезагрузочного» потепления с Западом, но уже учитывала новые тенденции – переход к полицентричному миру и первые признаки нарастания региональной турбулентности, например, арабские весны, противоречия с США по ряду вопросов. Цели внешней политики во многом повторяли предыдущие установки, однако приобретали новое звучание. Например, задача укрепления международного мира и демократического порядка сопровождалась акцентом на «всемерное укрепление международного мира, всеобщей безопасности и стабильности», а также на верховенстве международного права и ключевой роли ООН [6]. В Концепции 2013 г. на первое место среди целей впервые явно выдвигается формирование добрососедских отношений с сопредельными государствами и предотвращение конфликтов в прилегающих регионах. Это свидетельствовало о нарастании значимости ближайшего окружения на фоне глобальной нестабильности. Документ 2013 г. вышел незадолго до антигосударственного переворота на Украине кризиса, и в нем еще звучали ноты надежды на партнерство с соседями, хотя и фиксировались новые вызовы: распространение экстремизма, транснациональные угрозы и др.

Концепция 2016 года разрабатывалась после переломных событий – возвращения Крыма в состав РФ, конфликта в Донбассе и начала серьезного кризиса во взаимодействии с коллективным Западом в 2014 г. Наиболее ощутимой стала «просадка» взаимодействия с ЕС [12]. Геополитический контекст изменился: как проявление нарастающего кризиса международных отношений наша страна столкнулась с политикой сдерживания со стороны США и ЕС, санкциями и военной активностью НАТО у своих границ. В этих условиях риторика документа стала более жесткой. В Концепции 2016 подчеркивается рост роли фактора силы в международных отношениях и обострение противоречий, связанных с неравномерностью мирового развития. Среди основных задач подтверждены традиционные, в числе которых безопасность, благоприятные условия развития, а также

противодействие попыткам давления на Россию. Впервые на концептуальном уровне Россия прямо заявила о неприятии военных интервенций под предлогом «ответственности по защите» и внешнего вмешательства в смену власти [7]. Ключевое значение придается укреплению позиций России как влиятельного центра в полицентричном мире.

В этот период пересматриваются подходы к развитию приграничного сотрудничества: в *новой редакции Концепции приграничного сотрудничества в Российской Федерации* был укреплен приоритет национальной безопасности и подчеркнута роль приграничных регионов не только как экономических, но и как геостратегических территорий [10]. В документе обозначены принципы взаимного уважения суверенитета, мирного разрешения споров и учета особенностей соседних территорий. Приграничное сотрудничество стало рассматриваться как инструмент не только регионального развития, но и укрепления международных позиций России путем формирования «атмосферы доброжелательности и взаимной заинтересованности». Концепция 2020 г. увязала задачи региональной политики с доктриной внешней политики, подчеркнув необходимость интеграции федеральных, региональных и муниципальных подходов в сфере внешних связей.

Наконец, Концепция 2023 года закрепила качественно новый этап – глобальной конфронтации с Западом и одновременного укрепления связей с незападными центрами силы. Документ был утвержден спустя год после начала специальной военной операции на Украине, в обстановке беспрецедентной санкционной войны. Геополитический анализ в п. 7 раздела II Концепции 2023 говорит о *«революционных переменных»* в мире: уходе эпохи западной гегемонии, укреплении суверенитета незападных держав и процессе формирования более справедливого многополярного мироустройства [8]. Россия прямо характеризует себя как один из суверенных центров мирового развития с уникальной миссией по поддержанию глобального баланса сил. Безопасность остается важным приоритетом, что подтверждается видением ученых [15] и практиков. В числе основных стратегических целей внешней политики наряду с безопасностью и развитием называется укрепление позиций России как влиятельного самостоятельного центра мира. В концепции впервые на доктринальном уровне сформулирована конфронтация с Западом: в п. 13 отмечено, что США и их сателлиты развернули против России новую гибридную войну, стремясь ослабить ее и ограничить суверенитет. При этом декларируется открытость России к диалогу на основе уважения суверенного равенства.

В этих условиях развитие приграничного сотрудничества получает новое стратегическое наполнение: укрепление партнерских связей с Китаем, странами АСЕАН, государствами СНГ и Арктического региона становится элементом долгосрочной политики «поворота на Восток» и формирования евразийского вектора российских интересов. На этом фоне приграничные регионы на востоке нашей страны рассматриваются как ключевые опорные территории внешнеэкономического взаимодействия и укрепления экономической безопасности России. Таким образом, развитие приграничного сотрудничества интегрируется во внешнеполитическую парадигму. В современных условиях приграничное сотрудничество становится проводником в реализации международной политики, ориентированной на многополярность, региональную устойчивость и укрепление суверенитета.

Стратегия формирования «пояса добрососедства» вокруг границ России как основная задача приграничного взаимодействия

Идея формирования вокруг России пространства стабильности и сотрудничества – так называемого «пояса добрососедства» – была четко обозначена уже в Концепции внешней политики 2000 года. В числе главных целей внешней политики РФ 2000 г. прямо указано: «формирование пояса добрососедства по периметру российских границ» с одновременным содействием устранению и предотвращению очагов напряженности в прилегающих регионах [4]. Этот тезис отражал стратегическое понимание того, что благополучие и безопасность России во многом зависят от характера отношений с ближайшими соседями. На фоне сложного процесса распада СССР и формирования новых независимых государств

данная установка означала стремление интегрировать постсоветское пространство на принципах дружбы и взаимной выгоды. Фактически «пояс добрососедства» стал концептуальной основой политики России в отношении «ближнего зарубежья» в начале 2000-х гг. Под этим подразумевалось развитие дружественных, партнерских отношений со всеми сопредельными странами, будь то государства – участники СНГ или соседи вне постсоветского пространства, например, страны Балтии, Северной и Восточной Европы, Китай. Укрепление добрососедства в многостороннем формате стало одним из акцентов работы ШОС [14].

В Концепции 2008 года идея добрососедства сохранилась как приоритет, хотя формулировка была изменена. Вместо метафоры «пояса» документ оперирует понятием «формирование отношений добрососедства с сопредельными государствами», с аналогичной оговоркой о предотвращении новых очагов напряженности в прилегающих к территории России регионах [5]. Примечательно, что Концепция 2008 расширила географический контекст: помимо прилегающих регионов упомянуты «и другие районы мира», что свидетельствовало об уже упоминавшемся повышении роли России в системе международных отношений, как следствие, готовности вносить вклад в урегулирование конфликтов не только на своих границах, но и в мировом масштабе. Тем не менее, главный упор по-прежнему делался на ближайшее окружение. В то время наша страна уже активно продвигала интеграционные проекты на постсоветском пространстве и стремилась закрепить вокруг себя зону стабильности. Добрососедство понималось как политика невмешательства, экономического взаимодействия и дипломатической поддержки партнеров по периметру границ.

В Концепции 2013 года акцент на добрососедство с соседями был еще более явным. Здесь данная задача переместилась в раздел стратегических приоритетов внешней политики. В подпункте «г» пункта 4 Концепции 2013 прямо указано на формирование отношений добрососедства с сопредельными государствами и предотвращение конфликтов в прилегающих регионах в качестве одной из главных целей внешнеполитических усилий России [6]. Таким образом, добрососедство из инструмента стало цельной политической доктриной, признающей критическую важность благоприятного окружения. Следует отметить, что до 2014 г. Россия добивалась определенных успехов на этом направлении: сохраняла влияние в рамках СНГ, укрепляла двусторонние связи с ключевыми союзниками, ставшими в будущем партнерами по евразийской интеграции, это прежде всего – Белоруссия, Казахстан, Армения, Кригизия. Активно развивался диалог с Украиной, вплоть до резкого перелома в 2014 г. активно прорабатывалось присоединение Украины к евразийской интеграции. В Концепции 2013 г. отсутствует само слово «пояс», но по сути продолжается линия 2000 г. на выстраивание круга стабильных, дружелюбных государств вокруг РФ. Концепция упоминает и формат гибких внеблоковых сетевых альянсов на пространстве СНГ, что отражает курс на укрепление взаимодействия с соседями.

После событий 2014 года подход был скорректирован. Концепция 2016 года, хотя и не содержит метафорических выражений, уделяет добрососедству значимую роль. В подпункте «е» пункта 3 в числе приоритетных задач по-прежнему указано «формирование отношений добрососедства с сопредельными государствами» [7]. Однако тон документа меняется: от дружелюбно-интеграционного к более настороженному и прагматичному. В тексте явно обозначены угрозы добрососедству: в частности, в подпункте «б» пункта 26 констатируется, что Россия будет противодействовать попыткам отдельных государств вмешиваться во внутренние дела соседей и осуществлять «неконституционную смену власти» в них. Это отсылка к опасениям относительно «цветных революций» в ближнем зарубежье, которые несут риск дестабилизации приграничья. Таким образом, если ранее добрососедство подразумевало в первую очередь сотрудничество и «мягкую силу», то после 2014 г. оно все больше трактуется сквозь призму обеспечения безопасности. Эксперты констатируют: «Отстаивание Россией традиционных ценностей на

международной арене стало одним из камней преткновения в международных отношениях между Россией и Западом» [3]. Тем не менее курс на создание в российском приграничье зоны мира и стабильности остается неизменным – меняются лишь методы его обеспечения.

Концепция 2023 года фактически переосмысливает «пояс добрососедства» в новых реалиях масштабной конфронтации с Западом. В документе появился специальный раздел «Ближнее зарубежье», с которого начинаются региональные направления внешней политики. В пункте 49 Концепции 2023 прямо сказано, что для безопасности, стабильности и развития России важно иметь устойчивые долгосрочные добрососедские отношения и объединение потенциалов с государствами – участниками СНГ и другими сопредельными странами, связанными с Россией общим языком и культурой. Таким образом, добрососедство возведено в ранг ключевого условия национальной безопасности. Более того, провозглашается цель «преобразования ближнего зарубежья в зону мира, добрососедства, устойчивого развития и процветания» [8]. Эта формулировка практически дословно наследует идею «пояса добрососедства», впервые озвученную в 2000 г., адаптируя ее к современному языку. Разница в том, что если в 2000 г. речь шла о периметре из дружественных стран, то в 2023 г. это осмысливается как зона конкурентной борьбы, где России приходится активно предотвращать и урегулировать конфликты, пресекать попытки внешнего вмешательства. Произошел сдвиг акцента: от добрососедства как идеала сотрудничества – к добрососедству как инструменту защиты своих рубежей и поддержания влияния в критически важном окружении.

Однако, можно констатировать, что, несмотря на усложнение обстановки, преемственность курса прослеживается. Россия по-прежнему декларирует готовность к партнерству на основе учета взаимных интересов. В Концепции 2023 прямо отмечено, что Российская Федерация не изолируется от Запада и рассчитывает на возвращение западных государств к прагматичному взаимодействию, уважению принципа суверенного равенства. Таким образом, стратегия «пояса добрососедства» эволюционировала от романтической риторики начала 2000-х к прагматичной политике начала 2020-х, сохраняя приоритет стабилизации окружения, но дополнившись установкой на превентивную защиту своего пространства от внешних угроз.

Рассмотренные этапы демонстрируют устойчивость стратегической линии внешней политики России при адаптации ее приоритетов к изменяющейся международной среде.

Выводы

Проведенное исследование позволяет констатировать, что приграничное сотрудничество выступает устойчивым и динамично развивающимся компонентом внешнеполитической стратегии Российской Федерации. Эволюция осмысления приграничного взаимодействия отражает постепенное смещение акцентов от регионального и экономического измерения к системному и стратегическому уровню, связанному с обеспечением национальных интересов и безопасности государства.

В 2000–2013 гг. ключевое значение имели идеи добрососедства, интеграции на постсоветском пространстве и развитие взаимовыгодных связей с сопредельными странами. Понятие «пояса добрососедства», впервые зафиксированное в Концепции внешней политики 2000 года, обозначило стремление России к формированию вокруг своих границ зоны стабильности и сотрудничества, где межрегиональное взаимодействие рассматривалось как элемент укрепления доверия и расширения экономических контактов.

В последующий период 2014–2020 гг. характер приграничного сотрудничества трансформировался под воздействием изменений международной обстановки и усиления внешнеполитических рисков. После начала кризиса в 2014 г. добрососедство стало трактоваться не только как основа партнерских отношений, но и как инструмент обеспечения безопасности и противодействия дестабилизирующим факторам в сопредельных регионах. Редакция Концепции приграничного сотрудничества Российской Федерации 2020 г. закрепила ее связь с задачами национальной безопасности и социально-экономического развития приграничных территорий.

Современный этап, отраженный в актуальной Концепции внешней политики Российской Федерации 2023 года, характеризуется переосмыслением приграничного взаимодействия в контексте глобальной многополярности и структурного кризиса международных отношений. Приграничные регионы закреплены в качестве стратегических зон внешнеэкономического и гуманитарного партнерства, а «пояс добрососедства» - как инструмент продвижения евразийской интеграции и поддержания региональной устойчивости. В данном документе добрососедство приобретает прагматическое и геополитическое измерение, интегрируясь в стратегию «поворота на Восток» и ориентацию на сотрудничество с государствами Глобального Юга.

Таким образом, развитие приграничного сотрудничества демонстрирует преемственность внешнеполитического курса России при одновременном обновлении его приоритетов в соответствии с изменяющимся геополитическим контекстом. Приграничное взаимодействие эволюционировало от инструмента региональной политики к самостоятельному направлению внешнеполитической деятельности, обеспечивающему реализацию национальных интересов, укрепление суверенитета и формирование многополярного миропорядка. Его значение в системе стратегического планирования внешней политики Российской Федерации позволяет рассматривать данное направление как один из ключевых инструментов обеспечения устойчивости и безопасности государства в XXI веке.

Список источников

1. Дружинин П.В., Кухарева Т.В. Сотрудничество приграничных регионов: Карельская практика // Региональная экономика: теория и практика. 2012. № 8. С.2-9.
2. Карелина О.С., Рычкова Е.С. Российско-китайское сотрудничество как фактор обеспечения экономической безопасности приграничного региона (на примере Амурской области) // В сборнике: Современные проблемы развития экономики России и Китая. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Благовещенск, 2025. С. 227-231
3. Карпович О.Г., Смагина Л.А. Концепция традиционных духовно-нравственных ценностей в международных отношениях: российский подход // Международная жизнь. 2023. № 1. С. 54-65.
4. Концепция внешней политики Российской Федерации (Утв. Президентом Российской Федерации 28 июня 2000 г.) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: офиц. сайт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901764263> (дата обращения: 15.01.2026)
5. Концепция внешней политики Российской Федерации (Утв. Президентом Российской Федерации 12 июля 2008 г.) // Президент России: офиц. сайт. URL: <http://kremlin.ru/acts/news/785> (дата обращения: 15.01.2026)
6. Концепция внешней политики Российской Федерации (Утв. Президентом Российской Федерации 12 февраля 2013 г.) // Президент России: офиц. сайт. URL: <http://static.kremlin.ru/media/events/files/41d447a0ce9f5a96bdc3.pdf> (дата обращения: 15.01.2026)
7. Концепция внешней политики Российской Федерации (Утв. Президентом Российской Федерации 30 ноября 2016 г.) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: офиц. сайт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420384312> (дата обращения: 15.01.2026)
8. Концепция внешней политики Российской Федерации (Утв. Президентом Российской Федерации 31 марта 2023 г.) // Президент России: офиц. сайт. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/70811> (дата обращения: 15.01.2026)
9. Концепция приграничного сотрудничества в Российской Федерации (Утв. распоряжением Правительства РФ № 196-р от 9 февраля 2001 г.) // КонсультантПлюс: офиц. сайт. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_30364/f9aa6cb5043d4f74b58f06d014a947d9d7bd8e9b/ (дата обращения: 15.01.2026)
10. Концепция приграничного сотрудничества в Российской Федерации (Утв. распоряжением Правительства РФ № 2577-р от 7 октября 2020 г.) // Правительство Российской Федерации: офиц. сайт. URL: <http://static.government.ru/media/files/MnASiQeMZvg94D1jToaVcdAyXzgFpGAC.pdf> (дата обращения: 15.01.2026)
11. Миндагалиева А.Ш. Приграничный аспект экономического сотрудничества России и Казахстана // Дипломатическая служба. 2012. № 1. С. 38-44.

12. Нарышкин А.А., Воробьев С.В. Переосмысление внешней политики ЕС в отношении РФ 1991-2021 гг.: стратегический подход // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Философия. Политология. Культурология. 2025. Т. 11. № 4. С. 120-132.

13. Нарышкин А.А., Воробьев С.В. Экономическая дипломатия. Методология исследования в условиях глобального кризиса международных отношений // Обозреватель. 2022. № 9-10 (392–393). С. 40-53.

14. Прохорова А.А. К вопросу о классификации многосторонних международных объединений // Вестник Московского университета. Серия 12: Политические науки. 2016. № 1. С. 21-37.

15. Шебзухова Т.А., Вартумян А.А., Васильева И.А. Северный Кавказ в геополитической стратегии России // Современная наука и инновации. 2024. № 3 (47). С. 202-210.

References

1. Druzhinin P.V., Kukhareva T.V. Sotrudnichestvo prigranichnykh regionov: Karel'skaya praktika. Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika. 2012; 8:2–9. (In Russ.)

2. Karelina O.S., Rychkova E.S. Rossiysko-kitayskoe sotrudnichestvo kak faktor obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti prigranichnogo regiona (na primere Amurskoy oblasti). In: Sovremennye problemy razvitiya ekonomiki Rossii i Kitaya. Materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Blagoveshchensk, 2025:227–231. (In Russ.)

3. Karpovich O.G., Smagina L.A. Kontsepsiya traditsionnykh dukhovno-nravstvennykh tsennostey v mezhdunarodnykh otnosheniyakh: rossiyskiy podkhod. Mezhdunarodnaya zhizn'. 2023; 1:54–65. (In Russ.)

4. Kontsepsiya vneshney politiki Rossiyskoy Federatsii (Utverzhdena Prezidentom Rossiyskoy Federatsii 28 iyunya 2000 g.). Elektronnyy fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov: ofitsial'nyy sayt. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901764263> (accessed: 15.01.2026). (In Russ.)

5. Kontsepsiya vneshney politiki Rossiyskoy Federatsii (Utverzhdena Prezidentom Rossiyskoy Federatsii 12 iyulya 2008 g.). Prezident Rossii: ofitsial'nyy sayt. URL: <http://kremlin.ru/acts/news/785> (accessed: 15.01.2026). (In Russ.)

6. Kontsepsiya vneshney politiki Rossiyskoy Federatsii (Utverzhdena Prezidentom Rossiyskoy Federatsii 12 fevralya 2013 g.). Prezident Rossii: ofitsial'nyy sayt. URL: <http://static.kremlin.ru/media/events/files/41d447a0ce9f5a96bdc3.pdf> (accessed: 15.01.2026). (In Russ.)

7. Kontsepsiya vneshney politiki Rossiyskoy Federatsii (Utverzhdena Prezidentom Rossiyskoy Federatsii 30 noyabrya 2016 g.). Elektronnyy fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov: ofitsial'nyy sayt. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420384312> (accessed: 15.01.2026). (In Russ.)

8. Kontsepsiya vneshney politiki Rossiyskoy Federatsii (Utverzhdena Prezidentom Rossiyskoy Federatsii 31 marta 2023 g.). Prezident Rossii: ofitsial'nyy sayt. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/70811> (accessed: 15.01.2026). (In Russ.)

9. Kontsepsiya prigranichnogo sotrudnichestva v Rossiyskoy Federatsii (Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva RF No. 196-r ot 9 fevralya 2001 g.). Konsul'tantPlyus: ofitsial'nyy sayt. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_30364/f9aa6cb5043d4f74b58f06d014a947d9d7bd8e9b/ (accessed: 15.01.2026). (In Russ.)

10. Kontsepsiya prigranichnogo sotrudnichestva v Rossiyskoy Federatsii (Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva RF No. 2577-r ot 7 oktyabrya 2020 g.). Pravitel'stvo Rossiyskoy Federatsii: ofitsial'nyy sayt. URL: <http://static.government.ru/media/files/MnASiQeMZvg94D1jToaVcdAyXzgFpGAC.pdf> (accessed: 15.01.2026). (In Russ.)

11. Mindagalieva A.Sh. Prigranichnyy aspekt ekonomicheskogo sotrudnichestva Rossii i Kazakhstana. Diplomaticheskaya sluzhba. 2012; 1:38–44. (In Russ.)

12. Naryshkin A.A., Vorob'yov S.V. Pereosmyslenie vneshney politiki ES v otnoshenii RF 1991–2021 gg.: strategicheskiy podkhod. Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Filosofiya. Politologiya. Kul'turologiya. 2025; 11(4):120–132. (In Russ.)

13. Naryshkin A.A., Vorob'yov S.V. Ekonomicheskaya diplomatiya. Metodologiya issledovaniya v usloviyakh global'nogo krizisa mezhdunarodnykh otnosheniy. Obozrevatel'. 2022; 9–10(392–393):40–53. (In Russ.)

14. Prokhorova A.A. K voprosu o klassifikatsii mnogostoronnykh mezhdunarodnykh ob'edineniy. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 12: Politicheskie nauki. 2016; 1:21–37. (In Russ.)

15. Shebzukhova T.A., Vartumyan A.A., Vasil'eva I.A. Severnyy Kavkaz v geopoliticheskoy strategii Rossii. *Sovremennaya nauka i innovatsii*. 2024; 3(47):202–210. (In Russ.)

Информация об авторах

Аделина Шафиковна Ногмова, кандидат политических наук, доцент, и.о. проректора по учебной работе, декан факультета подготовки кадров высшей квалификации, доцент кафедры политической теории Дипломатической академии МИД России, adelinamid@mail.ru

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

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors

Adelina Shafikovna Nogmova, candidate of political sciences, associate professor, acting vice-rector for academic affairs, dean of the faculty of advanced training, associate professor of the department of political theory at the Diplomatic Academy of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, adelinamid@mail.ru

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

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests

Научная статья
УДК 32, 327

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.18>



Эффекты Соглашения о ЗСТ между ЕАЭС и Вьетнамом и новые горизонты сотрудничества до 2030 года

Андрей Александрович Нарышкин^{1,1*}, Алиса Андреевна Нарышкина^{2,2}, Софья Владимировна Мельникова^{1,3}, Никита Сергеевич Погодин^{1,4}

¹МГИМО России, г. Москва, Российская Федерация

²ГБОУ ВПО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова, Москва, Российская Федерация

¹Andr-Naryshkin@yandex.ru

²alicepro@mail.ru

³melnikova_s_v@my.mgimo.ru

⁴pogodin080@gmail.com

*Автор, ответственный за переписку: Андрей Александрович Нарышкин, Andr-Naryshkin@yandex.ru

Аннотация. В статье исследуется развитие и будущее партнёрства Вьетнама с государствами-членами ЕАЭС. На основе анализа статистических данных и академических источников авторы оценивают влияние таких факторов, как энергетическое сотрудничество, логистические ограничения и внешняя конкуренция. Центральное место в работе занимает изучение эффектов Соглашения о свободной торговле (2016 г.) и перспектив цифровой инициативы «EAEU Digital FTA 2.0». В качестве прогноза обосновывается целевой показатель товарооборота в 15 млрд долл. США к 2030 году, причём на Россию может прийти порядка 10 млрд долл. США.

Ключевые слова: ЕАЭС, Вьетнам, торгово-экономические отношения, Соглашение о свободной торговле.

Для цитирования: Нарышкин А.А., Нарышкина А.А., Мельникова С.В., Погодин Н.С. Эффекты Соглашения о ЗСТ между ЕАЭС и Вьетнамом и новые горизонты сотрудничества до 2030 года// Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 196-208. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.18>

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

Research article

Modern theoretical and methodological interpretation of the political categories "Elite" and "Elite"

Andrey Aleksandrovich Naryshkin^{1,1*}, Alisa Andreevna Naryshkina^{2,2}, Sofya Vladimirovna Melnikova^{1,3}, Nikita Sergeevich Pogodin^{1,4}

¹MGIMO Russia, Moscow, Russian Federation

²I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

¹Andr-Naryshkin@yandex.ru

²alicepro@mail.ru

© Нарышкин А.А., Нарышкина А.А., Мельникова С.В., Погодин Н.С., 2026

³melnikova_s_v@my.mgimo.ru

⁴pogodin080@gmail.com

* Corresponding author: **Andrey Aleksandrovich Naryshkin**, Andr-Naryshkin@yandex.ru

Abstract. The article examines the development and future of Vietnam's partnership with the member states of the EAEU. Based on the analysis of statistical data and academic sources, the authors assess the impact of such factors as energy cooperation, logistical constraints, and external competition. A central focus of the work is the study of the effects of the Free Trade Agreement (2016) and the prospects of the "EAEU Digital FTA 2.0" digital initiative. As a forecast, the study substantiates a target trade turnover of USD 15 billion by 2030, with Russia potentially accounting for approximately USD 10 billion.

Key words: EAEU, Vietnam, trade and economic relations, Free Trade Agreement

For citation: Naryshkin A.A., Naryshkina A.A., Melnikova S.V., Pogodin N.S. The Effects of the FTA Agreement between the EAEU and Vietnam and New Horizons for Cooperation until 2030. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):196-208. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.18>

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

The article was submitted 01.12.2025;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026.

Введение

С начала действия Соглашения о свободной торговле Евразийского экономического союза и Вьетнама в 2016 г. Торговля двух стран демонстрирует рост. Анализ статистики торговли выявляет существенный дисбаланс: около 75% всех операций стабильно приходятся на Россию, тогда как Казахстан и Беларусь суммарно формируют около 20%. Армения и Кыргызстан занимают более узкую нишу, связанную преимущественно с аграрным производством и легкой промышленностью, например, виноделие и выпуск хлопчатобумажной продукции. В дальнейшем будут рассмотрены исторические предпосылки взаимодействия, текущие объемы товарооборота и направления развития торгово-экономического сотрудничества между странами.

Истоки партнерства: политико-исторический фундамент

Советское наследие и процессы постсоветской институционализации составляют фундамент взаимодействия ЕАЭС с Вьетнамом. Основы современных связей были сформированы еще в 1970-е годы в рамках советских проектов, когда СССР обеспечивал до 60 % внешнеторговых потребностей Демократической Республики Вьетнам, а предприятия союзных республик поставляли металлоконструкции, минеральные удобрения и направляли строительные кадры для реализации ключевых инфраструктурных проектов [11, Р. 306-319]. После распада Советского Союза Россия и Вьетнам первыми среди бывших союзных государств оформили Договор об основах дружеских отношений (1994 г.) [19, Р.148-161]. Минск, опираясь на этот прецедент, закрепил собственный договор в 1997 г., что открыло белорусским автозаводам ворота на рынок Юго-Восточной Азии.

Военно-техническая кооперация выступала цементирующим элементом партнерства как в советское время, так и в более поздний период.

На стыке XX и XXI веков Россия закрепила за собой роль главного поставщика вооружений во Вьетнам, обеспечив примерно 80 % контрактов 2001-2024 гг. [21, Р. 141-165]. В последнее десятилетие внутри этой кооперации проявляется «союзный эффект»: ростеховские контракты доукомплектовываются казахстанской броневой сталью и оптикой, а вьетнамские машины БТР-4Е собираются на шасси, произведенных консорциумом МЗКТ — Уралвагонзавод с участием белорусских и российских

компонентов. Такой производственный треугольник позволил Казахстану обеспечить до 6 % военного импорта Вьетнама в 2023 г., не выходя из рамок единой союзной цепочки.

Сотрудничество в ТЭК остается системообразующим: российско-вьетнамское совместное предприятие «Вьетсовпетро» до сих пор обеспечивает примерно пятую часть всей добычи нефти Вьетнама, а комплексные проекты «Газпрома» по производству и использованию сжиженного природного газа, строительству электростанций расширяют платформу на газовое направление [4]. Казахстан встраивается в эту ось через участие «КазМунайГаза» в шельфовом блоке 05-3 «Намконсон-2»: в 2024 г. поставки нефти сорта CPC Blend впервые превысили 500 тыс. т.[2]. АО «НК КазМунайГаз» и вьетнамская «Petrovietnam Exploration Production Corp» (PVEP) 6 марта 2025 г. подтвердили интерес к совместной разработке шельфовых блоков бассейна Намконшон (в том числе 05-3), однако пока речь идёт лишь о переговорах: поставки казахской нефти сорта CPC Blend во Вьетнам в открытых источниках не фиксируются [6]. По данным Bloomberg, в марте 2025 г. азиатские НПЗ в целом закупили 5–7 млн барр. CPC Blend на апрельские отгрузки, и часть этих партий традиционно направляется в Юго-Восточную Азию [10].

Белорусская нефтехимическая отрасль обладает значительным экспортным потенциалом на азиатских рынках. В частности, производство присадок, применяемых для повышения октанового числа бензина, представляет интерес для государств, стремящихся улучшить экологические параметры и повысить качество топлива.

Поставки данной продукции могут способствовать укреплению позиций Беларуси в нефтехимическом секторе и открыть новые направления сотрудничества в динамично развивающемся азиатском регионе.

В этой системе Россия выступает в роли оператора, союзные государства – в роли поставщиков критического оборудования, сервисов и сырья, а Вьетнам получает целостную энергетическую инфраструктуру.

Индустриальная интеракция уже вышла за рамки традиционных российских автоконвейеров. Белорусский МАЗ запустил сборку во Вьетнаме, [1] запланирована локализация «КамАЗа» и «ГАЗа».

Нормализация пост-ковидных потоков позволила союзу увеличить турпоток во Вьетнам почти вдвое. На российских путешественников приходится 69 % всех прибытий из ЕАЭС, однако Казахстан активно сокращает разрыв: прямой рейс Астана — Нячанг, открытый в мае 2025 г., обещает перспективу пополнения туристического баланса.

Образовательный аспект сотрудничества исторически имел большое значение для формирования прочных двусторонних связей. Вьетнамцы, обучавшиеся в советских вузах, во многом стали проводниками советского культурного и профессионального опыта, соединяя технические знания с пониманием мировоззрения и языка страны. Сегодня из примерно трех тысяч вьетнамских студентов в России более 30 % специализируются в инженерно-технических направлениях.

Текущие показатели торговли Вьетнама и ЕАЭС

Соглашение о свободной торговле между Социалистической Республикой Вьетнам и государствами членами Евразийского экономического союза вступило в силу 5 октября 2016 года. Данное соглашение было направлено на увеличение товарооборота между странами ЕАЭС и Вьетнамом.

Тем не менее, желаемого увеличения не произошло. Абсолютные показатели товарооборота действительно незначительно увеличивались, что во многом повторяет тенденции торговли и до заключения данного соглашения (график 1). Однако можно отметить, что после заключения соглашения о свободной торговле, не отмечаются падения в абсолютных показателях, заметен устойчивый рост с 2014 года, за исключением падения с 2022 года. Однако доля ЕАЭС в товарообороте Вьетнама практически не увеличивалась и равнялась приблизительно 1%, а в даже уменьшились с 2022 года с 0,9% до 0,6% (график 4), что является сокращением торговли между сторонами почти в два раза.

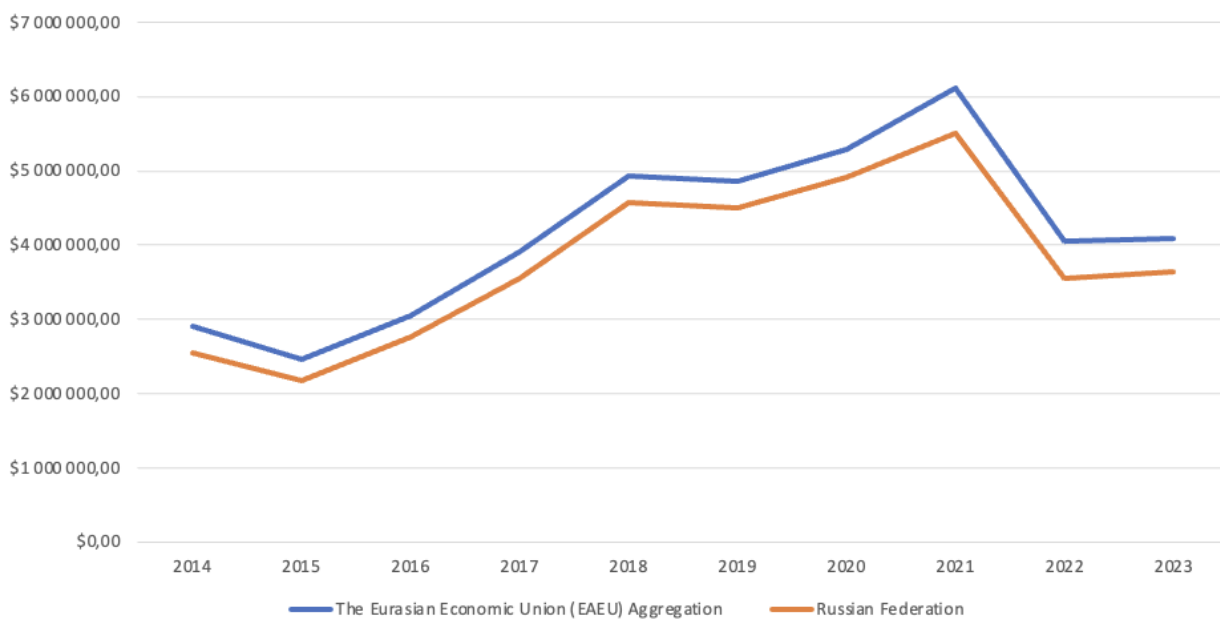


Рисунок 1. Товарооборот Вьетнам-ЕАЭС-Россия 2014-2023 гг. (млн.долл.)

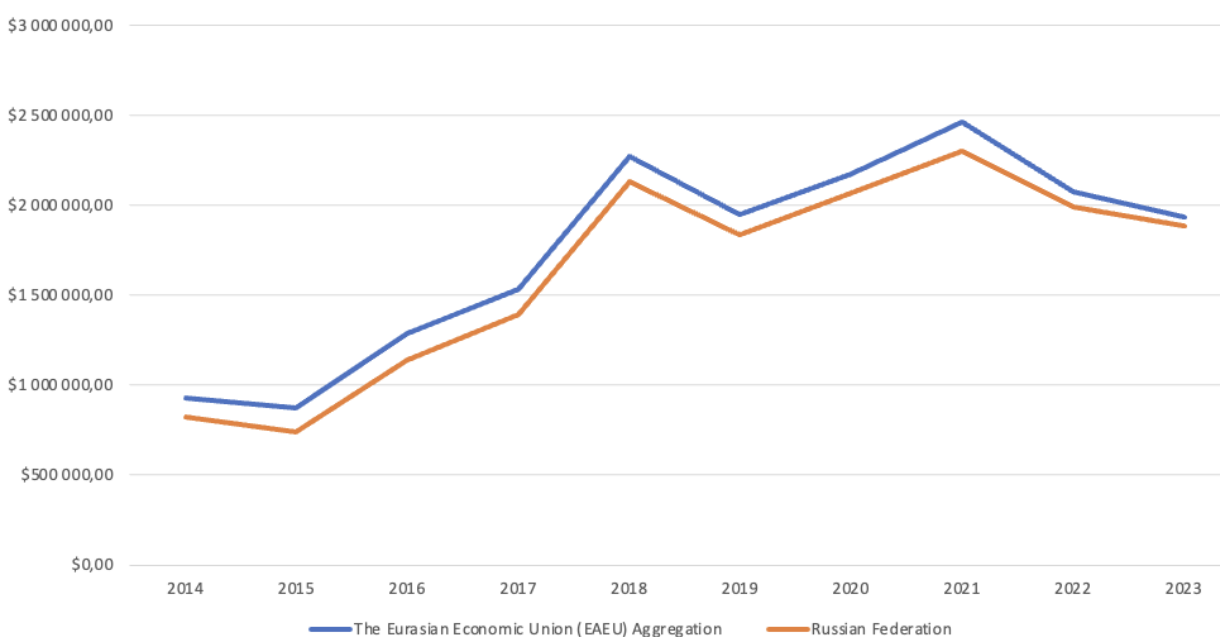


Рисунок 2. Импорт Вьетнама из ЕАЭС и России 2014-2023 гг. (млн.долл.)

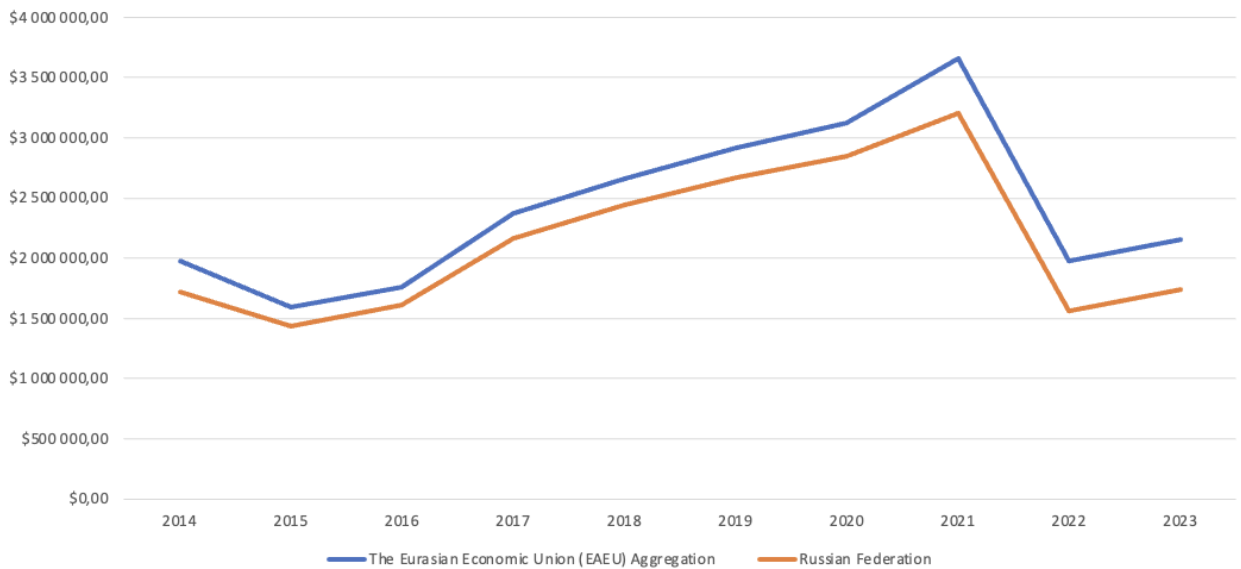


Рисунок 3. Экспорт Вьетнама в ЕАЭС и в Россию 2014-2023 гг. (млн.долл.)

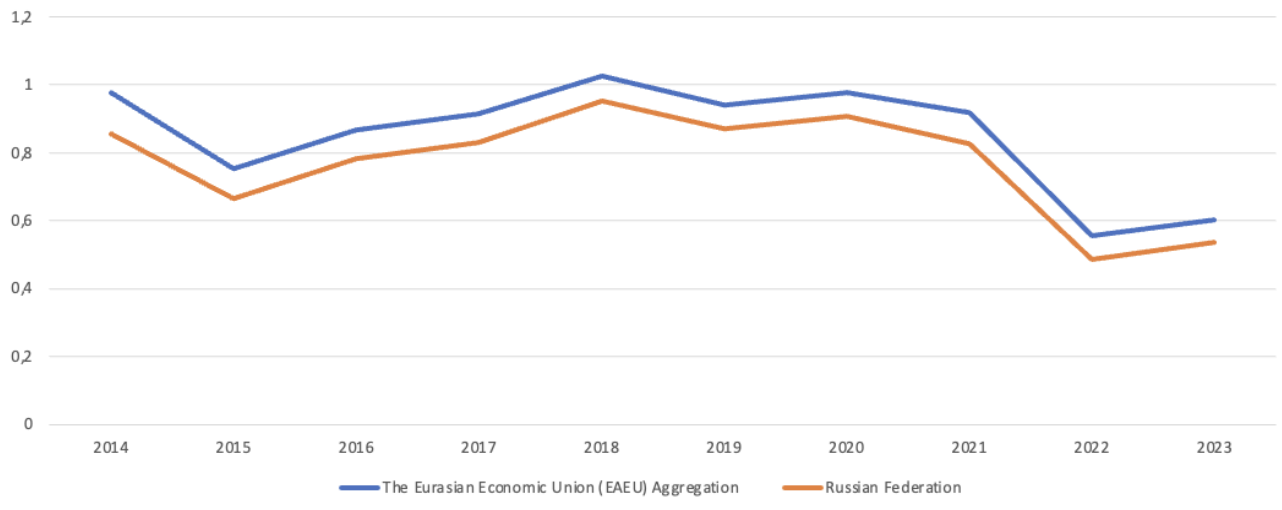


Рисунок 4. Доля торговли ЕАЭС и России в общей торговле Вьетнама 2014-2023 гг.

С некоторыми странами союза торговые отношения не развиваются, о чем свидетельствует низкий показатель товарооборота или его отсутствие. Таковыми странами являются Армения и Кыргызстан (таблица 1). Наибольшую долю в торговле между странами ЕАЭС занимает Россия и именно с ней сократился товарооборот в 2022 году, что привело к общему сокращению торговли в процентном соотношении.

Таблица 1. Товарооборот Вьетнам-Армения-Кыргызстан 2014-2023 гг. (млн.долл.)

Страна	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Армения	21,691	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кыргызстан	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Из стран ЕАЭС Вьетнам импортирует в основном уголь, минеральные удобрения, полимеры, металлы и сельхозпродукцию (пшеница, кукуруза). Импорт угля стабильно высокий (848 млн. долл. в 2023 году), это один из ключевых продуктов энергетического сектора Вьетнама [16]. Отмечаются значительные объемы импорта калийных и азотных удобрений. Продукты химической промышленности занимают большую долю в импорте:

Вьетнам импортирует полимеры и пластмассы, углерод, каустическую соду и другие товары. Другим важным товаром в импорте является алюминий и черные металлы. Помимо ресурсов и химической продукции Вьетнам также импортирует грузовые автомобили, электрооборудование, гидравлические турбины и насосы, однако их доля в общем объеме невысокая.

Основу экспорта из Вьетнама в страны ЕАЭС составляют высокотехнологичные товары (телефоны и электроника), продукция легкой промышленности (одежда и текстиль), а также сельскохозяйственная продукция (кофе, рыба, орехи) [16]. Рост экспорта высокотехнологичной продукции из Вьетнама объясняется переносом в страну ряда производственных мощностей из Китая, в том числе предприятий по выпуску мобильных телефонов и электронной техники. Существенное увеличение в 2023 году отмечено также в поставках резины и шин.

Как экспорт, так и импорт в 2022 году продемонстрировали снижение из-за международных санкций, затронувших Россию – основного партнера Вьетнама в рамках ЕАЭС.

К ключевым трудностям реализации Соглашения о свободной торговле относится ограниченная взаимодополняемость экспортных структур: основные экспортные позиции Вьетнама не совпадают с интересами и потребностями стран ЕАЭС. В результате государства объединения проявляют невысокую заинтересованность в расширении торговых отношений. Основным импорт в страны ЕАЭС включает медикаменты, автомобили, электронные процессоры, металлы, нефтепродукты, а также электро- и медицинское оборудование [16], что не в полном объеме экспортирует Вьетнам. Другим важным внешним фактором стали санкции Запада против России. Учитывая, что страны Запада играют огромную роль во внешней торговле Вьетнама, неудивительно, что после введения санкций произошла переориентация рынков и изменение в товарообороте между ЕАЭС и Вьетнамом.

Таким образом, эффективность Соглашения о свободной торговле между Вьетнамом и странами ЕАЭС оказалась ниже ожидаемой. Хотя в абсолютных показателях товарооборот после 2016 года демонстрировал устойчивый рост и не претерпел резких спадов до 2022 года, доля ЕАЭС во внешней торговле Вьетнама практически не изменилась, оставаясь в пределах 1 %, а к 2022–2023 годам снизившись до 0,6 %. Торговля по-прежнему сосредоточена на России, в то время как обмен с Арменией и Кыргызстаном остаётся минимальным, что свидетельствует о слабой диверсификации внутри союза.

Несмотря на ограниченные результаты, ряд направлений взаимодействия сохраняет значительный потенциал для дальнейшего развития.

Уязвимости сотрудничества: структура и конкуренция

Узость товарной корзины

Несмотря на успехи диверсификации, 78 % экспорта ЕАЭС во Вьетнам приходится на сырье. Прорывные исключения, вроде белорусских грузовиков или казахстанских агрохимикатов, пока не меняют картину. Вьетнамский импорт остается ориентирован на электронику (68 %) и текстиль (12 %), что делает торговлю чувствительной к колебаниям мировых котировок.

Логистика и финансы

Транспортная география региона по-прежнему отличается высокой сложностью. Российский сухопутный маршрут «Приморье-2» дополняется мультимодальным коридором через Казахстан, однако отсутствие единых тарифных правил приводит к удорожанию доставки на этапе «последней мили» на 8–10 % по сравнению с маршрутами, проходящими через дальневосточные порты Китая.

Китайские компании, обладающие значительным экономическим влиянием и заинтересованные в поставках своей продукции как в Россию и другие страны ЕАЭС, так и во Вьетнам, ограничивают возможности транзитных перевозок. Морские и контейнерные

операторы КНР (включая COSCO, OOCL и др.) приоритетно распределяют слот-места под экспорт китайских товаров на целевые рынки.

Основные сухопутные переходы – Алма-шанькоу и Хоргос – остаются хронически перегруженными: очередь поездов формируется на китайской стороне, где первоочередной пропуск получают составы с экспортной продукцией из Китая, а не транзитные грузы из других стран.

«Узким горлышком» продолжает быть морской порт «Владивосток»: перегруженный как общим объемом товарной массы и невозможностью оперативной поставки товаров (что часто крайне необходимо для товаров АПК).

Таблица 2. Факторы осложнения логистических поставок во Вьетнам в применении к Владивостокскому порту

Фактор	Что происходит	Почему это проблема для товаров АПК
Портовая инфраструктура	Физически не хватает глубинных стоянок и свободных складских площадей — порт работает на грани паспортной мощности.	Реально сократить задержку получается лишь для грузов с приоритетом «fresh»; остальное уходит в «холодные стоянки».
Дефицит «суши-выхода»	Восточный полигон (Транссиб + БАМ) загружен >97 %; запросы грузоотправителей уже в 1,5 раза выше пропускной способности.	Станционный манёвр с рефконтейнерами сложен: без фитинговых платформ их нельзя «пересадить» в полувагоны.
Нехватка фитинговых платформ	Операторы привозят на ДВ ровно столько реф-вагонов, сколько могут увезти обратно; «пустой оборот» не окупается. morvesti.ru	Застой рефа оборачивается обесцениванием груза (рыба, мясо, молочка).
Регуляторика и сезонность	Приоритет угля и минеральных удобрений в графике РЖД + ледовая кампания в бухте Золотой Рог.	«Окно» для агропартий сужается до 10–12 нед. в году.

Дополнительные издержки создаёт фрагментированная платёжная инфраструктура — несмотря на подключение банков к СПФС (Система передачи финансовых сообщений Банка России), комиссии за трансграничные переводы остаются выше, чем по азиатским коридорам.

Внешнее тарифное давление

После заключения Вьетнамом соглашений о свободной торговле СРТРР и EVFTA западно-азиатские и европейские поставщики получили сниженные таможенные тарифы - 0-5 %. Для продукции ЕАЭС, не подпадающей под правила происхождения действующего Соглашения о свободной торговле между Вьетнамом и ЕАЭС [14], сохраняется средняя ставка 9-15 %. Низкий коэффициент использования преференций — 32 % у России и лишь 24 % у Казахстана — демонстрирует, что малый и средний бизнес не всегда способен доказать евразийское происхождение своей продукции, теряя ценовое преимущество.

Отраслевые перспективы (2025-2030)

«Зеленая» экономика

Масштабные перспективы сосредоточены в сфере зеленой энергетики. В настоящее время климатическая повестка внутри ЕАЭС активно формируется, создавая основу для дальнейшего взаимодействия стран союза в этом направлении. Вопросы сотрудничества в области «зеленой» экономики и углеродного регулирования должны занять ключевое место при определении приоритетных направлений партнерства с Вьетнамом. Вьетнамский рынок способен стать значимым каналом продвижения разработок стран ЕАЭС в сфере климатического регулирования, особенно в контексте сотрудничества по вопросам стандартизации (ISO, ИСО). Потенциал сопряжения обусловлен тем, что Вьетнам официально принял обязательства достичь углеродной нейтральности к 2050 году и активно выстраивает собственную систему углеродного регулирования [9]. В 2022 году

принят Закон об охране окружающей среды, включающий систему углеродного налога и торговли квотами (ETS) [5].

Ввиду климатических и географических особенностей Вьетнам имеет большой потенциал в генерации возобновляемых источников энергии. Так, вьетнамские исследования доказывают, что технический потенциал ветра, солнца и биомассы способен конкурировать с традиционными углеводородами уже в горизонте 2030 г., при этом основным барьером остаётся избыточная доля угля в балансе и ограниченная пропускная способность сети [18]. Отечественные исследователи подтверждают большой потенциал участия в данных проектах инженеров и ученых, в частности речь идет о гидроэнергетике.

Для ЕАЭС именно стандартизация (ISO 14064, ISO 50001 и др.) и сопряжение национальных ETS выглядят наименее конфликтным и наиболее капитализируемым треком сотрудничества с Ханой: вьетнамский рынок способен «тестировать» решения по схеме «Мониторинг - Отчетность - Верификация» (М-О-В), сертификации углеродных единиц и методикам LCA, разработанные в государствах-членах Союза. Вьетнам может стать полигоном для апробации методик М-О-В, разработанных в странах ЕАЭС (например, в рамках национальных систем торговли выбросами – ETS). Совместимость систем М-О-В критична для взаимного признания углеродных кредитов (например, при совместных проектах в рамках Парижского соглашения).

Методики оценки жизненного цикла продукции (LCA) требуют надежных данных М-О-В, особенно для экспортно-ориентированных секторов (сталь, цемент, текстиль). Пилотными проектами в ETS (Emissions Trading System — Система торговли выбросами) могут стать энергетика или промышленность Вьетнама, например, с использованием технологий мониторинга, разработанных в странах Союза.

Аграрно-промышленный комплекс

Сотрудничество в агропромышленном комплексе развивается столь же интенсивно. Начиная с 2016 года, экспорт зерновых культур (пшеницы и ячменя), подсолнечного масла и минеральных удобрений демонстрирует среднегодовые темпы роста на уровне 18 %. По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, в 2024 году доля российской пшеницы в структуре импорта Вьетнама превысила 10 %. Одновременно объем поставок в страны ЕАЭС вьетнамской продукции – кофе, чая, тропических фруктов и морепродуктов — достиг 1 млрд долларов США в 2024 году, что вдвое превышает показатели пятигодичной давности. По оценкам вьетнамских исследователей, данный рост в значительной степени обусловлен эффектом тарифной либерализации, реализованной в рамках Соглашения о свободной торговле [15]. Методика расчета происхождения позволяет встраивать вьетнамские компоненты в продукты глубокой переработки на территории ЕАЭС, а триггерные защитные меры минимизируют риски вытеснения национальных производителей.

Структурная взаимодополняемость говорит о большой перспективе: ЕАЭС имеет устойчивый профицит зерновых, масличных и удобрений; Вьетнам — профицит кофе, чая, какао, рыбы и морепродуктов. Структуры экспорта/импорта практически «зеркальны», что снижает конкурентные конфликты. Различие по географическим поясам позволяет сгладить ценовые колебания на рынках свежей продукции.

Финансовые и цифровые сервисы

Проблематика взаиморасчетов существенно осложнила торгово-экономические операции после 2022 года. Несмотря на то, что с момента вступления в силу Соглашения о свободной торговле в 2016 г. объем товарооборота между Вьетнамом и странами Евразийского экономического союза (ЕАЭС) демонстрирует рост, структура платежей сохраняет традиционный характер: более 80 % транзакций осуществляются в долларах США через банки-корреспонденты третьих стран. Подобная архитектура расчетов повышает уязвимость участников к курсовым колебаниям доллара и увеличивает издержки вследствие высоких комиссий международных посредников.

Результаты анализа показывают, что при проведении трансграничных операций вьетнамские банки преимущественно используют систему SWIFT, не располагая прямыми корреспондентскими счетами в российских рублях. Конвертация валюты, как правило, осуществляется по схеме VND → USD → RUB посредством сингапурских и гонконгских банков. Жесткий валютный контроль (Decree 70/2014/ND-CP) ограничивает свободный оборот VND за пределами страны, что сдерживает создание офшорной ликвидности.

В ЕАЭС наибольшее значение имеет российская СПФС (система передачи финансовых сообщений) и платежная система «Мир». В 2023-2024 г. ЦБ РФ проводил пилотное исследование цифрового рубля. «СПФС + цифровой рубль» формируют перспективную технико-юридическую базу для двусторонних расчётов, не нуждающихся в системе SWIFT [12]. Замена монополии в расчетах внешней торговли должна обеспечить перспективу реальной либерализации внешней торговли не только в паре Вьетнам-ЕАЭС, но и в мировом масштабе.

Цифровая подпись

С 2016 г. зона свободной торговли Вьетнам – ЕАЭС стимулировала рост двустороннего товарооборота, однако большинство внешнеторговых документов (счета-фактуры, сертификаты происхождения, транспортные накладные) остаются бумажными или скан-копиями, подписанными «мокрой» печатью. Это увеличивает транзакционные издержки на 1,5-2 % стоимости партии и продлевает логистический цикл на 3-5 дней. Наличие зрелых правовых режимов электронной цифровой подписи (ЭЦП) у обеих сторон создаёт предпосылки для перехода к полностью цифровому документообороту.

Во Вьетнаме с 2020 г. все крупные компании обязаны применять e-invoice, а Национальный портал NAPAS внедрил мультимедийную верификацию ЭЦП [22].

У России, Беларуси и Казахстана действуют корневые удостоверяющие центры (УЦ), поддерживающие ГОСТ-криптографию; в 2023 г. запущена межгосударственная служба доверенной третьей стороны (СДТС), обеспечивающая онлайн проверку сертификатов [7].

Взаимное признание и введение в сфере внешней торговли ЭЦП обеспечило бы существенное снижение издержек как логистических, так и финансовых. Основные идеи по правовым и техническим вызовам в признании ЭЦП приведены в таблице ниже.

Таблица 3. Основные идеи по правовым и техническим вызовам в признании ЭЦП

Категория проблемы	Содержание	Возможные решения
Крипто-алгоритмы	PKI Вьетнама базируется на RSA/ECC; ЕАЭС – на ГОСТ Р 34.10-2012 ¹	двустороннее соглашение о «двойном стеке» алгоритмов; кросс-сертификация корневых УЦ [3]
Экспорт криптосредств	Закон Вьетнама требует локальной сертификации HSM и клиентских модулей [13]	создание «регуляторной песочницы» для сертификации ГОСТ-совместимых модулей в Ханое
Юридические аспекты	UNCITRAL MLETR пока имплементирована лишь в РФ [8]	включить MLETR-подобную норму в Протокол о цифровой торговле к ЗСТ

Заключение

Воздействие зоны свободной торговли (ЗСТ) между ЕАЭС и Вьетнамом оказалось ограниченным как в масштабах, так и в распределении выгод. Хотя с момента вступления Соглашения в силу в 2016 году общий товарооборот вырос в абсолютных цифрах, доля ЕАЭС во внешней торговле Вьетнама осталась практически неизменной – около 1%. При этом 75–80% операций по-прежнему обеспечивает Россия, что свидетельствует о низкой внутрисоюзной диверсификации и неравномерном доступе стран ЕАЭС к вьетнамскому рынку.

¹ QCVN 15:2023/BQP — National technical regulation on security of cryptographic algorithms used in civil products (англ./вьет.) — вводит RSA-2048/3072, DSA-2048, ECDSA-P-256 как «обязательные» для публичных УЦ.

Структура торговли остается узкой, несмотря на взаимодополняемость экономик. Более 78% экспорта ЕАЭС во Вьетнам составляют сырьевые товары (уголь, удобрения, металлопродукция), тогда как Вьетнам поставляет в основном электронику, товары легкой промышленности и сельхозпродукцию. Росту товарооборота мешает и несовпадение приоритетов: страны ЕАЭС фокусируются на развитии фармацевтики, автомобилестроения и нефтехимии, в то время как экспортный потенциал Вьетнама лежит в иных сферах.

Дополнительные барьеры создают логистические и финансовые проблемы. Перегруженность дальневосточных портов, дефицит контейнеров и неразвитость платежной инфраструктуры удорожают «последнюю милю» доставки на 8–10% и увеличивают сроки поставок на 3–5 дней. В совокупности это снижает ценовую конкурентоспособность продукции ЕАЭС по сравнению с товарами из Китая, ЕС и стран СРТРР.

Внешние условия также усиливают уязвимость поставщиков из ЕАЭС. Преференциальные режимы соглашений СРТРР и EVFTA дают конкурентам лучший доступ на рынок Вьетнама, нивелируя относительные преимущества ЗСТ с ЕАЭС. При этом коэффициент использования преференций по действующему соглашению не превышает 30%, особенно среди малого и среднего бизнеса.

Тем не менее, потенциал для роста сотрудничества остается значительным. Перспективными направлениями являются «зеленая» экономика, АПК и цифровизация торговли. Сближение систем торговли углеродными квотами (ETS) и стандартов оценки жизненного цикла (LCA), кооперация в ВИЭ, бартерные схемы (например, зерно на кофе или рыбу), взаимное признание электронных подписей, а также расчеты через СПФС и в цифровом рубле могут резко снизить транзакционные издержки и помочь удвоить товарооборот к 2030 году.

Реализация этих мер способна превратить ЗСТ в полноценный драйвер роста, обеспечив товарооборот на уровне 15 млрд долл. США к 2030 году и более сбалансированное распределение выгод между всеми членами ЕАЭС.

Таким образом, исторические связи, взаимодополняемость экономик и развитая нормативная база создают прочный фундамент для двукратного увеличения торговли между ЕАЭС и Вьетнамом в среднесрочной перспективе.

Список источников

1. Акцент на газомоторную и электрическую технику — МАЗ представил свой экспортный потенциал во Вьетнаме // Беларусь сегодня [Электронный ресурс] URL: <https://www.sb.by/articles/maz-predstavil-svoy-eksportnyy-potentsial-vo-vietname.html> (дата обращения: 21.09.2025).
2. АО «КазМунайГаз». Годовой отчет за 2024 год [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kmg.kz/> (дата обращения: 21.09.2025).
3. Банк России. Инструкция по формированию запроса на изготовление квалифицированного сертификата (PDF, п. 2.1) — рекомендуемый алгоритм ключа ЭП «ГОСТ Р 34.10-2012 (256-бит)».
4. Вьетнам // Газпром интернешнл [Электронный ресурс] URL: <https://www.gazprom-international.ru/tekhnologii/vietnam/> (дата обращения: 21.09.2025)
5. Вьетнам. Правительство. Декрет № 06/2022/ND-CP от 07.01.2022 «О сокращении выбросов парниковых газов и защите озонового слоя» [Электронный ресурс] // FAOLEX. URL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/vie212269.pdf> (дата обращения: 23.09.2025).
6. КазМунайГаз и PVEP обсудили вопросы сотрудничества // АО «КазМунайГаз» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kmg.kz/ru/press-center/press-releases/pvep/> (дата обращения: 21.09.2025).
7. Распоряжение Коллегии ЕЭК от 21.03.2023 № 33 «Об опытной эксплуатации службы доверенной третьей стороны интегрированной информационной системы Евразийского экономического союза» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.alt.ru/tamdoc/23r00033/> (дата обращения: 26.09.2025).

8. Соловяненко Н.И. Правовые вопросы цифрового взаимодействия, осуществляемого в целях реализации транспортной стратегии Российской Федерации // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2024. № 9. С. 125-130.
9. Социалистическая Республика Вьетнам. Премьер-министр. Выступление на 26-й Конференции Сторон РКИК ООН (Глазго, 01.11.2021) [Электронный ресурс]. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/VIET_NAM_cop26cmp16cma3_HLS_EN.pdf (дата обращения: 23.09.2025).
10. CPC Blend Purchases By Asian Refiners Remain Firm // Bloomberg [Электронный ресурс] URL: <https://www.mnimarkets.com/articles/cpc-blend-purchases-by-asian-refiners-remain-firm-1742214649269> (дата обращения: 21.09.2025).
11. Da Cunha D. Aspects of Soviet Vietnamese Economic Relations, 1979–1984 // Journal of Communist Studies. 1986. Vol. 7, №. 4. P. 306–319.
12. Ehlke R. Alternative Financial Infrastructures in Russia // The Cambridge Global Handbook of Financial Infrastructure / Ed. C. Westermeier, M. Campbell-Verduyn, B. Brandl. Cambridge : Cambridge University Press, 2025. P. 139–152.
13. ExtendMax Vietnam. Civil Cryptography Trading & Import Licence Guide (обзор требований Декрета № 32/2023/ND-CP)
14. Free Trade Agreement between the Eurasian Economic Union and its Member States, of the one Part and the Socialist Republic of Viet Nam, of the Other Part. URL: https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/272/EAEU_VN_FTA.pdf
15. Huong N. Vietnam's Agricultural Exports to the Eurasian Economic Union Market under the Vietnam-EAEU free trade agreement. Hanoi: Ho Chi Minh National Academy of Politics, 2024. 220 p.
16. International Trade Centre. Bilateral Trade Statistics (imports): Vietnam - The Eurasian Economic Union [Электронный ресурс] // Trade Map. — 2023. — URL: https://www.trademap.org/Bilateral_TS.aspx?nvpm=1%7c704%7c%7c%7c59232%7cTOTAL%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1%7c1%7c1 (дата обращения: 23.09.2025).
17. International Trade Centre. Trade Statistics (imports): The Eurasian Economic Union [Электронный ресурс] // Trade Map. — 2023. — URL: https://www.trademap.org/Product_SelCountry_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c59232%7c%7c%7cTOTAL%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1%7c1%7c1 (дата обращения: 23.09.2025).
18. Le Minh Thong; Tran Van Hiep; Bui Thi Thu Thuy; Do Huu Tung. The competition possibility between renewable energy and fossil energy in Vietnam in the future // The Journal of World Energy Law & Business. 2021. Vol. 14, № 3. P. 215–228
19. Mazyrin V. The State of the Russian-Vietnamese Strategic Partnership // The Russian Journal of Vietnamese Studies. 2021. № 5(4). P. 148-161.
20. National Payment Corporation of Vietnam (NAPAS). 24/7 IBFT Transactions Inquiry – API Technical Specification (PDF, 2023) [Электронный ресурс]. – URL: <https://developer.napas.com.vn/files/assets/files/Napas%20TechSpec%20for%20Payment%20Inquiry.pdf> – см. п. 3 «Authentication Token-based Authentication/Digital Signature». (дата обращения: 26.09.2025).
21. Tsvetov A. Vietnam-Russia relations: Glorious past, uncertain future // Le H. H., Tsvetov A. (eds.), Vietnam's Foreign Policy under Doi Moi. Singapore: ISEAS-Yusof Ishak Institute, 2018. P. 141-165.
22. Vietnam: Guidance on use of invoices according to Decree No. 123/2020/NĐ-CP // [Электронный ресурс]. – URL: <https://lawnet.vn/thong-tin-phap-luat/en/thue-phi-le-phi/vietnam-guidance-on-use-of-invoices-according-to-decree-no-123-2020-nd-cp-114408.html> (дата обращения: 26.09.2025);

References

1. Emphasis on gas-powered and electric equipment — MAZ presented its export potential in Vietnam // Belarus Today [Electronic resource] URL: <https://www.sb.by/articles/maz-predstavil-svoe-eksportnyy-potentsial-vo-vetname.html> (accessed: 21.09.2025).
2. KazMunayGas JSC. Annual Report for 2024 [Electronic resource]. URL: <https://www.kmg.kz/> (accessed on 21.09.2025).
3. Bank of Russia. Instructions for creating a request for a qualified certificate (PDF, section 2.1) — recommended algorithm for the ЭП key "GOST R 34.10-2012 (256-bit)".
4. Vietnam // Gazprom International [Electronic resource] URL: <https://www.gazprom-international.ru/tekhnologii/vietnam/> (accessed: 21.09.2025)
5. Vietnam. Government. Decree No. 06/2022/ND-CP dated 07.01.2022 "On Reducing Greenhouse Gas Emissions and Protecting the Ozone Layer" [Electronic resource] // FAOLEX. URL:

- <https://faolex.fao.org/docs/pdf/vie212269.pdf> (accessed on 23.09.2025). Nelepov M. V., Tomashev D. V., Paporotnaya A. A. Otsenka vliyaniya treshchinovatosti kollektorov na ehffektivnost' provedeniya geologo-tekhnicheskikh meropriyatii v produktivnykh otlozheniyakh Vostochnogo Stavropol'ya. *Neftepromyslovoe delo*. 2019. № 7 (607). S. 28–33. [https://doi.org/10.30713/0207-2351-2019-7\(607\)-28-32](https://doi.org/10.30713/0207-2351-2019-7(607)-28-32)
2. Ehlitologiya Rossii: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya: materialy Pervogo Vserossiiskogo ehlitologicheskogo kongressa s mezhdunarodnym uchastiem, 7-8.10.2013 g. Rostov-na-Donu. Red.-iz. V.V. Rudoi (rukov.) i dr. Rostov n/D.: Izd-vo YURIF RANKhIGS, 2013. T.1. 928s.; T.2. 832s.; T.3. Donskoe knizhnoe izdatel'stvo, 420s.
 3. Ehlitologiya: Ehntsiklopedicheskii slovar'. /Pod red. prof. P.L. Karabushchenko. M.: Ehkonform, 2013. 618 s.
 4. Ehlity i lidery: strategii formirovaniya v sovremennom universitete. Materialy mezhdunarodnogo kongressa. 19-22 aprelya 2017 g. / Pod redaktsiei prof. A.P. Luneva i prof. P.L. Karabushchenko. Astrakhan': Izdatel'skii dom «Astrakhanskii universitet». 2017. 364s.
 5. Hayes, Christopher. *Twilight of the Elites: America After Meritocracy*. Crown Publishing Group (NY), 2012. – 304r.
 6. KazMunayGas and PVEP Discussed Cooperation Issues // KazMunayGas JSC [Electronic resource]. URL: <https://www.kmg.kz/en/press-center/press-releases/pvep/> (accessed: 21.09.2025).
 7. Decree No. 33 of the EEC Board dated 21.03.2023 "On the Pilot Operation of the Trusted Third Party Service of the Integrated Information System of the Eurasian Economic Union" [Electronic resource]. – URL: <https://www.alt.ru/tamdoc/23r00033/> (accessed: 26.09.2025).
 8. Solovyannenko N.I. Legal Issues of Digital Interaction for the Implementation of the Transport Strategy of the Russian Federation // *Humanities, Social Sciences, Economics, and Law*. 2024. No. 9. Pp. 125-130.
 9. Socialist Republic of Vietnam. Prime Minister. Presentation at the 26th Conference of the Parties to the UNFCCC (Glasgow, 01.11.2021) [Electronic resource]. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/VIET_NAM_cop26cmp16cma3_HLS_EN.pdf (accessed: 23.09.2025).
 10. CPC Blend Purchases By Asian Refiners Remain Firm // Bloomberg [Электронный ресурс] URL: <https://www.mnimarkets.com/articles/cpc-blend-purchases-by-asian-refiners-remain-firm-1742214649269> (дата обращения: 21.09.2025).
 11. Da Cunha D. Aspects of Soviet Vietnamese Economic Relations, 1979–1984 // *Journal of Communist Studies*. 1986. Vol. 7, №. 4. P. 306–319.
 12. Ehlke R. Alternative Financial Infrastructures in Russia // *The Cambridge Global Handbook of Financial Infrastructure* / Ed. C. Westermeier, M. Campbell-Verduyn, B. Brandl. Cambridge : Cambridge University Press, 2025. P. 139–152.
 13. ExtendMax Vietnam. Civil Cryptography Trading & Import Licence Guide (обзор требований Декрета № 32/2023/ND-CP)
 14. Free Trade Agreement between the Eurasian Economic Union and its Member States, of the one Part and the Socialist Republic of Viet Nam, of the Other Part. URL: https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/272/EAEU_VN_FTA.pdf
 15. Huong N. Vietnam's Agricultural Exports to the Eurasian Economic Union Market under the Vietnam-EAEU free trade agreement. Hanoi: Ho Chi Minh National Academy of Politics, 2024. 220 p.
 16. International Trade Centre. Bilateral Trade Statistics (imports): Vietnam - The Eurasian Economic Union [Электронный ресурс] // Trade Map. — 2023. — URL: https://www.trademap.org/Bilateral_TS.aspx?nvpm=1%7c704%7c%7c%7c59232%7cTOTAL%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1%7c1%7c1 (дата обращения: 23.09.2025).
 17. International Trade Centre. Trade Statistics (imports):The Eurasian Economic Union [Электронный ресурс] // Trade Map. — 2023. — URL: https://www.trademap.org/Product_SelCountry_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c59232%7c%7c%7cTOTAL%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1%7c1%7c1 (дата обращения: 23.09.2025).
 18. Le Minh Thong; Tran Van Hiep; Bui Thi Thu Thuy; Do Huu Tung. The competition possibility between renewable energy and fossil energy in Vietnam in the future // *The Journal of World Energy Law & Business*. 2021. Vol. 14, № 3. P. 215–228
 19. Mazyrin V. The State of the Russian-Vietnamese Strategic Partnership // *The Russian Journal of Vietnamese Studies*. 2021. № 5(4). P.148-161.

20. National Payment Corporation of Vietnam (NAPAS). 24/7 IBFT Transactions Inquiry – API Technical Specification (PDF, 2023) [Электронный ресурс]. – URL: <https://developer.napas.com.vn/files/assets/files/Napas%20TechSpec%20for%20Payment%20Inquiry.pdf> – см. п. 3 «Authentication Token-based Authentication/Digital Signature». (дата обращения: 26.09.2025).
21. Tsvetov A. Vietnam-Russia relations: Glorious past, uncertain future // Le H. H., Tsvetov A. (eds.), Vietnam's Foreign Policy under Doi Moi. Singapore: ISEAS-Yusof Ishak Institute, 2018. P. 141-165.
22. Vietnam: Guidance on use of invoices according to Decree No. 123/2020/NĐ-CP // [Электронный ресурс]. – URL: <https://lawnet.vn/thong-tin-phap-luat/en/thue-phi-le-phi/vietnam-guidance-on-use-of-invoices-according-to-decree-no-123-2020-nd-cp-114408.html> (дата обращения: 26.09.2025);

Информация об авторах

Нарышкин Андрей Александрович, доктор политических наук, доцент Кафедры дипломатии МГИМО МИД России, Москва, Andr-Naryshkin@yandex.ru

Нарышкина Алиса Андреевна, кандидат политических наук, доцент, доцент Кафедры социологии медицины, экономики здравоохранения и медицинского страхования ГБОУ ВПО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова, Москва, alicepro@mail.ru

Мельникова Софья Владимировна, кандидат исторических наук, преподаватель Кафедры дипломатии МГИМО МИД России, Москва, melnikova_s_v@my.mgimo.ru

Погодин Никита Сергеевич, магистрант, МГИМО МИД России, Москва, pogodin080@gmail.com

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

Конфликт интересов: автор заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors

Naryshkin Andrey Aleksandrovich, Doctor of Political Sciences, Associate Professor, Department of Diplomacy, MGIMO, Ministry of Foreign Affairs of Russia, Moscow, Andr-Naryshkin@yandex.ru

Alice A. Naryshkina, Candidate of Political Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Sociology of Medicine, Health Economics and Medical Insurance, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, alicepro@mail.ru

Melnikova Sofya Vladimirovna, Candidate of Historical Sciences, Lecturer at the Department of Diplomacy, MGIMO University, Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Moscow, melnikova_s_v@my.mgimo.ru

Pogodin Nikita Sergeevich, Master's Student, MGIMO University, Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Moscow, pogodin080@gmail.com

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

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests

Научная статья

УДК 32, 316.614.5

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.19>

Эффективность технологий по обеспечению общественной безопасности в системе деятельности региональных органов исполнительной власти

Сергей Геннадьевич Чувикин^{1*}, Наталья Николаевна Пачина²

^{1,2}Липецкий государственный технический университет (д. 30, ул. Московская, г. Липецк, Липецкая область, 398042, Российская Федерация).

¹vtumane14919@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5869-2749>

²pachina_2017@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5869-2749>

*Автор, ответственный за переписку: Сергей Геннадьевич Чувикин, vtumane14919@mail.ru

Аннотация. Введение. В настоящее время ускоренными темпами идет развитие технологических новаций, внедряемых в повседневную жизнь человека. В связи с современными вызовами, с которыми столкнулась наша страна, органам исполнительной власти необходимо усилить меры в сфере национальной безопасности, а также проводить мероприятия, направленные на обеспечение общественной безопасности на региональном уровне. Несмотря на многократное рассмотрение отечественными учеными вопросов в области обеспечения общественной безопасности, остаются «темные пятна» в изучении данной темы. Не в полной мере исследованы вопросы обеспечения общественной безопасности при проведении массовых мероприятий в регионах страны. Актуальность проведенного анализа эффективных технологий в деятельности региональных органов исполнительной власти по обеспечению общественной безопасности может служить источником знаний по подготовке и проведению массовых мероприятий. Немаловажным условием для проведения таких мероприятий становится безопасность граждан, посещающих такие мероприятия. Немаловажной проблемой остается выявление наиболее эффективных технологий, применяемых при обеспечении общественной безопасности в системе деятельности региональных органов исполнительной власти. Цель работы заключается в выявлении и анализе эффективных технологий, применяемых в деятельности региональных органов исполнительной власти Российской Федерации по обеспечению общественной безопасности. Ключевой задачей статьи выступает исследование эффективных технологий, применяемых в деятельности региональных органов исполнительной власти по обеспечению общественной безопасности, а также исследование и разработка технологических программ по обеспечению общественной безопасности региональными органами исполнительной власти. **Материалы и методы исследований.** При проведении анализа эффективных технологий в деятельности органов исполнительной власти по обеспечению общественной безопасности использовались теоретический анализ научной литературы, описательный, сравнительный методы и метод сопоставительного анализа. **Результаты исследований и их обсуждение.** В ходе анализа эффективных технологий в деятельности региональных органов исполнительной власти по обеспечению общественной безопасности исследованы процессы, происходящие в органах исполнительной власти Липецкой области. Детально рассмотрены программы и методы, проводимые органами исполнительной власти региона. **Заключение.** Материалы и выводы, полученные в результате исследования, могут быть использованы в качестве методических разработок, применяемых при составлении учебных программ в области обеспечения безопасности в учебных учреждениях, а также в процессе преподавания курса теории административного права, особенно в разделах, посвященных органам исполнительной власти.

Ключевые слова: эффективность технологий, деятельность региональных органов исполнительной власти, национальная безопасность, общественная безопасность, общественный порядок

Для цитирования: Чувикин С.Г., Пачина Н.Н., Эффективность технологий по обеспечению общественной безопасности в системе деятельности региональных органов исполнительной власти // Современная наука и инновации. 2026. 1. С. 209-226. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.19>

Благодарности: авторы выражают благодарность рецензентам за ценные замечания.

Финансирование: исследование выполнено без целевого финансирования.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

Research article

Structural and functional analysis of the activities of executive authorities to ensure public safety

Sergey Gennadievich Chuvikin^{1*}, Natalia Nikolaevna Pachina²

^{1,2} Lipetsk State Technical University (30 Moskovskaya Street, Lipetsk, Lipetsk Region, 398042, Russian Federation).

¹vtumane14919@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5869-2749>

²pachina_2017@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5869-2749>

*Corresponding author: **Sergey Gennadievich Chuvikin**, vtumane14919@mail.ru

Abstract. Introduction. Currently, technological innovations are being introduced into everyday life at an accelerated pace. In connection with the modern challenges that our country is facing, executive authorities need to strengthen measures in the field of national security, as well as carry out activities aimed at ensuring public safety at the regional level. Despite the repeated consideration by domestic scientists of issues in the field of ensuring public safety, there are still "dark spots" in the study of this topic. The issues of ensuring public safety during mass events in the regions of the country have not been fully studied. The relevance of the conducted analysis of effective technologies in the activities of regional executive authorities to ensure public safety can serve as a source of knowledge on the preparation and holding of mass events. An important condition for holding such events is the safety of citizens attending such events. An important problem remains the identification of the most effective technologies used in ensuring public safety in the system of activities of regional executive authorities. The purpose of the work is to identify and analyze effective technologies used in the activities of regional executive authorities of the Russian Federation to ensure public safety. The key objective of the article is to study effective technologies used in the activities of regional executive bodies to ensure public safety, as well as to study and develop technological programs to ensure public safety by regional executive bodies. **Materials and methods.** When analyzing effective technologies in the activities of executive bodies to ensure public safety, theoretical analysis of scientific literature, descriptive, comparative methods and the method of comparative analysis were used. **Results and discussion.** During the analysis of effective technologies in the activities of regional executive bodies to ensure public safety, the processes occurring in the executive bodies of the Lipetsk region were studied. The programs and methods carried out by the executive bodies of the region are considered in detail. **Conclusion** The materials and conclusions obtained as a result of the study can be used as methodological developments applied in the preparation of educational programs in the field of ensuring security in educational institutions, as well as in the process of teaching a course in the theory of administrative law, especially in sections devoted to executive authorities.

Key words: efficiency of technologies, activities of regional executive authorities, national security, public safety, public order

For citation: Chuvikin S.G., Pachina N.N., The Effectiveness of Technologies for Ensuring Public Safety in the System of Activities of Regional Executive Authorities. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):209-226. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.19>

Acknowledgments: The authors are grateful to the reviewers for their valuable comments.

Funding: The study was carried out without targeted funding.

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

The article was submitted 01.12.2025;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026].

Введение. Введение.

В связи с актуальностью данной темы, в статье исследованы технологии, с помощью которых органы исполнительной власти осуществляют общественную безопасность. Рассмотрены научные методы, которыми проводились исследования технологий, такие как: нормативно-правовой подход и технологический подход.

Методология исследования. Проведен подробный анализ нормативно-правового подхода и технологического подхода.

Классифицированы виды технологий на основании регламентов региональных органов исполнительной власти. Разработаны критерии эффективности применяемых технологий при обеспечении общественной безопасности и из них выделены наиболее значимые для этой сферы деятельности органов исполнительной власти.

В работе уделяется внимание действующим критериям эффективности, разработанным российскими учеными. Введены новые критерии оценки технологий, направленных на обеспечение общественной безопасности в деятельности региональных органов исполнительной власти.

Результаты и обсуждения.

Проведен мониторинг эффективности технологий обеспечения общественной безопасности. В ходе мониторинга рассмотрен нормативно-правовой акт, на основании которого региональные органы исполнительной власти взаимодействуют с министерством безопасности Липецкой области. Исследована теоретическая часть алгоритмов взаимодействия органов исполнительной власти при возникновении чрезвычайных происшествий и обеспечения общественной безопасности.

На примере ФГБОУ ВО «Липецкого государственного технического университета» ЛГТУ» представлены практические действия руководства университета, при возникновении различных внештатных ситуациях. Подробно рассмотрены действия служб университета при поступлении сигналов тревоги. Для избегания ошибочных действий, как работников, так и обучающихся при возникновении чрезвычайных ситуаций, а также облегчения восприятия команд, разработаны специальные сигналы оповещения. Рассмотрены нормативно-правовые акты, на основании которых проводятся практические учения с работниками и обучающимися университета.

1. Подходы к исследованию технологий обеспечения общественной безопасности (нормативно-правовой и технологический подходы)

В XXI веке все чаще стал использоваться термин «технология, технологический процесс» и стал активно применяться не только в математических и других точных науках,

но и в гуманитарных, таких как юриспруденция, социология, политология и т.д. При этом, как правило, термин «технология» используется в отношении самой деятельности человека (методы управления и т.д.).

Основным предметом исследования здесь является выявление наиболее эффективных технологий, применяемых в осуществлении общественной безопасности региональными органами исполнительной власти. Для детального анализа применяемых органами исполнительной власти в обеспечении общественной безопасности технологий целесообразно установить и применить наиболее подходящие в этой сфере деятельности научные методы.

Гегель писал: «...Следуя формальному, а не философскому методу наук, обычно ищут и требуют прежде всего дефиницию ради сохранения, по крайней мере, внешней научной формы. Впрочем, наука о позитивном праве может не очень заботиться об этом хотя бы потому, что она преимущественно видит свою цель в том, что правомерно, т.е. каковы особенные законодательные определения; поэтому и было предостерегающе сказано: «*Omnis Definitio in jure civili periculosa*²» [3]. С формальной точки зрения нет ничего предосудительного в дефиниции «права», в узком смысле оно может, определяться как - находящиеся под защитой государства основы волеизъявления граждан. Философский метод занимается поиском смысла права, его влиянием в обществе.

Нормативно-правовой подход («совокупность юридических средств, при помощи которых осуществляется правовое регулирование качественно однородных общественных отношений» [20]) к исследованию выбран не случайно. Этот научный метод необходим с правовой точки зрения, так как технологии по обеспечению общественной безопасности используются органами исполнительной власти, т.е. государством, а государство, в свою очередь, обязано соблюдать все права и свободы граждан [6]. В своей книге о праве Г.В. Мальцев пишет «... один из подходов заключается в том, что для изучения права пригодны методы социальных наук, которые типологически близки к естественно-научным методам, но не тождественны им. Второй подход утверждал методологическую однородность естественных и общественных наук, тогда как представители третьего подхода настаивали на прямом действии естественно-научной методологии в юридических исследованиях, хотели видеть в правоведении некое подобие математики или физики» [9].

Технология нормативно-правового подхода заключается в соблюдении законности, в целях эффективного осуществления общественной безопасности региональными органами исполнительной власти, применяя при этом различные правовые методы для достижения поставленных задач. В ФЗ «О безопасности», в статье 5. Правовая основа обеспечения безопасности, прописано «правовую основу обеспечения безопасности составляют Конституция Российской Федерации, общепризнанные принципы и нормы международного права, международные договоры Российской Федерации, федеральные конституционные законы, настоящий Федеральный закон, другие федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, принятые в пределах их компетенции в области безопасности» [15].

Нормативно-правовые методы регулярно применяются органами исполнительной власти во время обеспечения общественной безопасности, эти методы значительно повышают эффективность, позволяют экономить трудовые ресурсы, достигать иных благоприятных результатов. «Правовая норма является общеобязательной, содержит не просто рекомендацию, пожелание поступить определенным образом. Она имеет властный характер, обязательна для исполнения. В случае неисполнения правовой нормы в добровольном порядке ее реализация обеспечивается государством принудительно» [17]. Применяя этот тезис можно также сослаться на М.В. Шульгу, которая утверждает, что «основную функцию обеспечения законности и правопорядка осуществляют органы

² «Всякая дефиниция в цивильном праве опасна» (лат.)

внутренних дел Российской Федерации, которые должны выступать и выступают как субъекты правового воспитания граждан. Это связано с тем, что сотрудники ОВД (полиции) являются основными субъектами в области пресечения правонарушений и регулирования вопросов по поддержанию правопорядка» [16].

«Под «технологией» понимается – техника; описание последовательности трудовых операций, необходимых для превращения предмета труда в продукт, и самый процесс, соответствующий описанной методике; сфера деятельности человека вместе с совокупностью знаний, обеспечивающих ее; общая характеристика деятельности, типичной для того или иного социума; особый тип мироотношения, присущий индустриальной и постиндустриальной эпохи» [13].

На современном этапе развития технологий в органах исполнительной власти, выступают информационные технологии. М.А. Троянская и А.А. Еременков считают, что «информационные технологии в современном понимании представляют собой совокупность способов и методов сбора, обработки, хранения и передачи информации для разрешения наиболее значимых и ресурсоемких процессов и задач». [14]

В.И. Родионова дает определение, что – «технологии представляют собой сочетание когнитивных, теоретических и практических составляющих деятельности и служат траекториями усложнения социальных практик» [11].

Как отмечают А.М. Бекарев, Г.С. Пак «технология принятия решений как алгоритм будет включать в себя два этапа. Первый этап – выявление всего спектра возможных траекторий развития социальной системы, их оценка с точки зрения желательности и нежелательности. Второй этап – проблема предпочтительного выбора среди желательных сценариев дальнейшего развития» [1].

Д.А. Махотин, Е.Г. Ряхимова считают, что «технологическое развитие общества – процесс необратимый и связанный не только с использованием передовых достижений науки, техники и технологий в экономике и производстве, но и с появлением новых форм организационной (технологической) культуры и опережающего (текущие запросы) технологического образования» [10].

Исходя из основной цели статьи, надлежит выявить наиболее эффективные технологии, а для этого с научной позиции был выбран технологический подход. Именно на его основе можно составить свод определенных правил по планированию и проектированию комплекса программ, которыми с наибольшей эффективностью в своей деятельности могут пользоваться региональные органы исполнительной власти по обеспечению общественной безопасности.

Систематизация разрозненных элементов и последующее за этим морфологическое синтезирование их в функционирующую технологическую систему органов исполнительной власти и будет являться решением задачи.

В ходе анализа современных технологий надлежит отсеять неэффективные технологии, не отвечающие требованиям и современным критериям обеспечения общественной безопасности. В ходе отбора эффективных технологий целью определяется синтез этих технологий для разработки программ по управлению и постановке задач в сфере обеспечения общественной безопасности органами исполнительной власти.

Внедрение новых эффективных технологий в деятельность органов исполнительной власти для обеспечения общественной безопасности имеет большое значение для гражданского общества как объекта, на который обращено основное внимание исполнительной власти и главного интересанта в стабильном развитии – Государства в целом.

В связи с изложенным, можно сделать вывод о том, что нормативно-правовой подход и технологический подход способствуют благоприятному развитию «кратологии», которая, в свою очередь, нуждается в постоянном совершенствовании. Государство в лице органов исполнительной власти применяет нормативно-правовые методы для правового

регулирования государственной власти и общества. Технологическими методами органы исполнительной власти определяют последовательность применения правового регулирования. Эти два метода хорошо сопрягаются между собой и дополняют друг друга для координирования действий (задач).

2. Классификационные основания технологий обеспечения общественной безопасности в системе деятельности региональных органов исполнительной власти (виды технологий на основании регламентов или стандартов деятельности региональных органов общественной безопасности)

Для обеспечения общественной безопасности Правительство Липецкой области издало Постановление № 742 от 21 декабря 2023 г., «Обеспечение общественной безопасности населения и территории Липецкой области» [21].

В этом Постановлении утверждена государственная программа Липецкой области «Обеспечение общественной безопасности населения и территории Липецкой области», период реализации 2024 - 2030 год. В программе п. 1.4. определены основные задачи государственного управления, способы их эффективного решения в сфере обеспечения общественной безопасности:

- 1) Совершенствование системы профилактики правонарушений;
- 2) Минимизация условий, благоприятствующих возникновению коррупции в исполнительных органах государственной власти Липецкой области;
- 3) Повышение безопасности участников дорожного движения;
- 4) Совершенствование профилактики дорожно-транспортного травматизма;
- 5) Повышение эффективности предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, пожаров, иных происшествий;
- 6) Развитие элементов аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» в Липецкой области;
- 7) Создание условий для своевременного и качественного осуществления правосудия мировыми судьями.

Ответственным исполнителем государственной программы является Министерство региональной безопасности Липецкой области.

Министерство региональной безопасности Липецкой области напрямую взаимодействует с региональными силовыми органами исполнительной власти УМВД, УФСБ, Росгвардия и т.д.

Все региональные органы исполнительной власти Липецкой области осуществляют мероприятия по обеспечению общественной безопасности в пределах своей компетенции. Все управления (УМВД, УФСБ и т.д.) и их подразделения могут взаимодействовать друг с другом по горизонтали, т.е. от ведомства к ведомству, но напрямую не подчинены друг другу, хотя иерархия присутствует как бы по «статусу» (органы безопасности выше правоохранительных органов). Непосредственное управление подведомственными подразделениями происходит по вертикали и в зависимости от поставленных задач.

Классифицировать технологии в области обеспечения общественной безопасности можно по сфере их применения – информационные, управленческие и интегральные. Это связано с тем, что развитие квантовых компьютеров и искусственного интеллекта значительно ускорило процесс производства и внедрения новых технологий, что, в свою очередь, повысило эффективность в области общественной безопасности.

В своем исследовании Магрицкая А.В. полагает, что «...таким образом, информация, доступная для обработки и последующего анализа постоянно и быстро растет. На современных предприятиях она используется на всех уровнях. Для ее обработки разрабатываются различные информационные технологии. Классификация информационных технологий необходима для правильной оценки их применения в различных сферах жизни общества» [8].

Информационные технологии твердо заняли свою «нишу» в повседневной жизни, как отдельного человека, так и всего общества. На сегодняшний день трудно представить

себе какую-либо организацию без информационных технологий. М.А. Троянская и А.А. Еременков считают, что «сама цель существования информационных технологий состоит в том, чтобы облегчить человеку процесс принятия важных решений. Аналитическая способность электронных вычислительных машин помогает сократить время на поиски альтернативных вариантов достижения желаемой цели» [14]. Следуя изложенному, можно сделать вывод, что достичь целей, поставленных перед органами исполнительной власти по обеспечению общественной безопасности, без современных информационных технологий невозможно. Повышение скорости обработки информации с последующим ее применением подразделениями органов исполнительной власти позволяет оперативно задействовать необходимые ресурсы для обнаружения нужной информации и применения ее. Как однажды сказал Натан Майер Ротшильд, «кто владеет информацией, тот владеет миром» [22].

Управленческие технологии, установленные в конкретной сфере деятельности знания, умения, навыки для наиболее эффективного их применения в управлении объектами, а также использование последних научных разработок в этом направлении деятельности способствуют обеспечению общественной безопасности.

Интегральные технологии обеспечения общественной безопасности объединяют два или более вида других технологий с целью получения наилучшего эффекта в том или ином виде деятельности, в конкретных процессах и областях.

Здесь также следует подробно рассмотреть кибернетику и синергетику (самоорганизация), так как их можно рассматривать через призму технологического подхода. Кибернетика – управление процессами с обратной связью [5], человек (субъект управления) заводит часовую пружину в ручных часах, он осуществляет управление часами (объектом), стрелки часов показывают время, обратная связь с человеком происходит мгновенно. Если человек замечает, что стрелки часов показывают неправильное время, то ему потребуются разобраться с причиной неправильной обратной связи (выяснить что случилось с механизмом?). В современном мире обратная связь имеет огромное значение в управлении объектами, идет постоянное развитие различных технологий по достижению этих целей (квантовые компьютеры, искусственный интеллект). Но управление может быть не только от центра к периферии. Оно также имеет свойство самоорганизации. Как точно описывает взаимодействие между кибернетикой и синергетикой Россинский Б.В.: «что и кибернетика, и синергетика исходят лишь из разных аксиом, заложенных, по сути, в едином системном подходе. Если главная идея кибернетической парадигмы связана с утверждением, что существующие системы функционируют на основе управления из центра, то основной постулат синергетической парадигмы - существующие системы функционируют путем согласованных действий их элементов, в результате самоорганизации (самоуправления)» [12]. Исходя из изложенного, приведем пример реальной ситуации по самоорганизации одного небольшого отряда, находящегося в здании спортзала во времена КТО по обеспечению общественной безопасности на Северном Кавказе, в одном из сел, окруженных боевиками. Центральное управление прервано (кибернетика), внешняя связь отсутствует полностью. При «боевом расчете» (такая формальность) каждый сотрудник из личного состава знает свое место, где в случае нападения он должен находиться. В реальной боевой обстановке выяснилось, что места, которые должны были занимать сотрудники, сильно простреливаются и держать оборону в этих местах опасно для жизни. В течение первого получаса было некоторое замешательство, но к концу первого часа боя все организовались самостоятельно и заняли места с возможностью наиболее эффективно отражать атаки. Следует добавить, что, дождавшись ночи, этот отряд с минимальными потерями вышел из окружения благодаря самоорганизации личного состава.

Применяемые технологии в области обеспечения общественной безопасности подразделяются на - информационные, управленческие и интегральные. Все эти

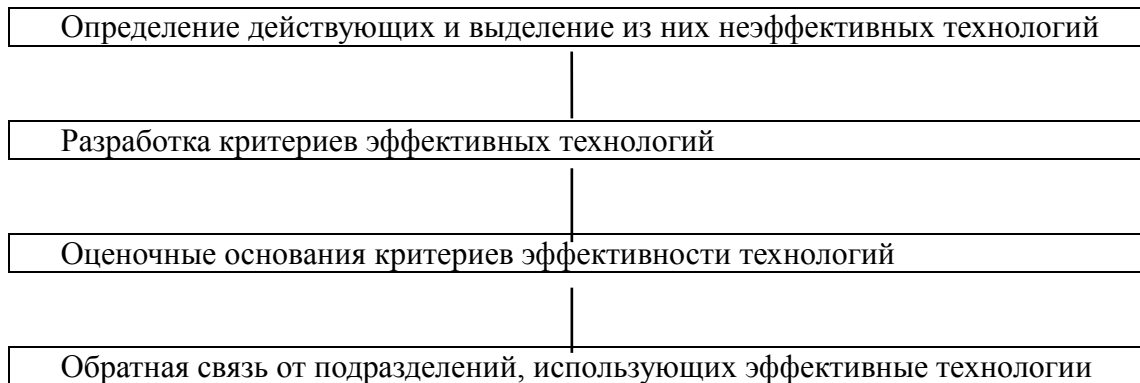
технологии используются в соответствии с Постановлением Правительства Липецкой области № 742 от 21 декабря 2023 г. и другими правовыми актами Российской Федерации [21].

3. Разработка критериев эффективности технологий обеспечения общественной безопасности в системе деятельности региональных органов исполнительной власти

«Один из постулатов теории эффективности, являющейся частью теории управления, гласит, что эффективность того или иного средства определяется в первую очередь его способностью достигать целей операции» [4]. В разработке критериев эффективности присутствует «технология управления» - «научно обоснованный процесс формирования управленческих решений; совокупность операций, процедур и управленческих задач, образующих определенную последовательность обработки управленческой информации» [18].

Безусловно, научно-технологической сфере необходимо постоянно развиваться. Отставание от технологически развитых стран недопустимо, так как небольшое замедление уже может неблагоприятно отразиться на общественной безопасности. Исходя из того, что общественная безопасность и общественный порядок являются составными частями национальной безопасности, можно сказать о том, что такая тенденция может оказать негативное влияние на устойчивость государства вообще. В России в целом и на региональном уровне на органы исполнительной власти возложены основные задачи по обеспечению общественной безопасности. Для обоснования замены устаревших/неэффективных технологий необходима обратная связь, т.е. информация о неработающей технологии в сфере общественной безопасности должна поступать максимально быстро. Именно по этой причине целесообразно разработать *критерии* эффективности технологий обеспечения общественной безопасности.

На рисунке 1 описана схема разработки критериев эффективных технологий и их внедрение в органы исполнительной власти, которые осуществляют общественную безопасность.



**Рисунок 1. Схема разработки критериев эффективных технологий и их внедрение/
Figure 1. Scheme of development of criteria for effective technologies and their implementation.**

Кочина С.К. выделяет «... шесть ключевых критериев (факторов успешности) эффективности управления в условиях цифровой трансформации:

- интеграция стратегии предприятия с целями трансформации;
- полная вовлеченность руководства всех уровней в процесс трансформации;
- выделение высококвалифицированных кадров;
- создание и продвижение гибкой философии управления, которая будет совместима с общей культурой предприятия и образом мышления коллектива;
- проведение эффективного мониторинга продвижения к заданным целям;
- наличие модульной платформы технологий и данных, диктуемой потребностями предприятия» [7].

С указанными критериями невозможно не согласиться, но для эффективной оценки обеспечения общественной безопасности органами исполнительной власти необходимо добавить еще несколько критериев оценки эффективности:

— оценка эффективной технологии, с помощью которой, достигнут поставленный результат с минимальным использованием сил и средств, при выполнении мероприятий по обеспечению общественной безопасности;

— оценка скорости контроля подразделений, задействованных в мероприятиях по обеспечению общественной безопасности;

— показатель технологии, при которой оцениваются личные достижения каждого сотрудника по подготовке его для выполнения им задач в максимально приближенной к критической обстановке.

«Эффективность может зависеть от своевременного выявления слабого звена в технологии обеспечения общественной безопасности и преодоление выявленных неэффективных элементов технологии, которые подлежат замене в связи с расшатыванием всей системы и преодоление точки бифуркации. Точка бифуркации — это критическое состояние системы, при котором система становится неустойчивой относительно флуктуаций и возникает неопределённость: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более дифференцированный и высокий уровень упорядоченности. Термин из теории самоорганизации» [23].

Для нашего исследования наиболее важны/значимы - оценка эффективности достигнутого результата (решение поставленных задач) с минимальным использованием сил и средств, при этом оперативно реагировать на обстановку, складывающуюся во время обеспечения общественной безопасности. Также необходима оценка показателей сотрудника с целью выявления его уровня подготовки для выполнения им поставленных задач по обеспечению общественной безопасности.

4. Мониторинг эффективности технологий обеспечения общественной безопасности в системе деятельности региональных органов исполнительной власти (на примере Липецкой области)

Выполнение мониторинга эффективности технологий обеспечения общественной безопасности в системе деятельности региональных органов исполнительной власти возложено как на местные силовые органы (УФСБ, УМВД и т.д.), так и на Министерство региональной безопасности Липецкой области. УФСБ, УМВД и т.д. свои отчеты по служебной деятельности предоставляют в федеральные министерства и ведомства и имеют ограниченный доступ к направляемой информации.

Министерство региональной безопасности Липецкой области в пределах своей компетенции на основании Положения о Министерстве, утвержденного Распоряжением от 19 октября 2022 г. N 420-р., в п. 2.1, обеспечивает взаимодействие и координацию деятельности исполнительных органов государственной власти области с территориальными органами федеральных органов исполнительной власти [24]. Министерство региональной безопасности Липецкой области проводит мониторинг результатов деятельности подведомственных учреждений.

«Мониторинг как функция управления – специфическая технология наблюдения, характеризующаяся постоянством, регулярностью осуществления в течение всего управленческого цикла. Имеет, как правило, своими объектами слабоструктурированные среды» [19].

Внедрение передовых цифровых технологий может позволить органам исполнительной власти осуществлять непрерывный (в реальном времени) мониторинг сведений и отчетов от подразделений, задействованных в осуществлении общественной безопасности.

Утвержденная последовательность методов и инструментов, позволяющих оценить эффективность результатов выполнения поставленных задач, применяется не только самими органами исполнительной власти Липецкой области, но и их подразделениями в рамках, имеющихся у них полномочий по обеспечению общественной безопасности.

Мониторинг эффективности технологий, используемых органами исполнительной власти по обеспечению общественной безопасности, проводимый в регионе, непосредственно зависит от обратной связи и скорости поступления информации от подразделений-исполнителей (объектов управления). Как считает Борзенкова Н.С., «специалистами и исследователями выделяется два подвида мониторингового процедурного комплекса: параметрический динамический мониторинг и статический мониторинг текущего состояния. Ключевыми методическими вопросами здесь являются определение системы показателей для мониторинга и базиса для их сравнения в системе оценок «отлично-плохо» [2]. Как указано выше, в данной работе по мониторингу эффективности технологий в системе деятельности региональных органов исполнительной власти использованы динамический и статистический мониторинг.

Мониторинг эффективности технологий:

1. Субъект управления контролирует и передает информацию в структурные подразделения органов исполнительной власти (УФСБ, УМВД и т.д.) при смене дежурств или в конце рабочего дня. Структурные подразделения отчитываются о проделанной работе за рабочий день (сутки).

2. Субъект управления проводит анализ полученной (собранной) информации от структурных подразделений, полученной в ходе службы в течение рабочих суток, и принимает решение о работе с информацией или передаче ее другим ведомствам (подразделениям).

3. Сбор информации происходит в режиме реального времени с помощью современных средств коммуникаций (сети интернет, мобильная связь, беспилотные летательные аппараты, уличные видеокамеры и т.д.). Обратная связь осуществляется максимально быстро, что позволяет оперативно принять решение по полученной информации.

4. Анализ поступившей информации за месяц, квартал, год, в ходе которого составляется отчет об эффективности применяемых технологий (повысилась эффективность или понизилась), выясняются причины, если эффективность снизилась.

Ресурсы, применяемые в ходе мониторинга:

— используются технологии, которые обеспечивают взаимодействие между подразделениями при выполнении задач по охране общественного порядка и общественной безопасности и с помощью мониторинга проводится анализ результатов такого взаимодействия;

— в программе мониторинга учитывается информация (какие использовались силы и средства, зафиксированные происшествия) от подразделений после проведения мероприятий по обеспечению общественной безопасности, что позволяет сопоставлять с информацией за прошлый период и планировать мероприятия в будущем;

— программа производит анализ опасной ситуации, включающий в себя определение вероятности ее возникновения, а также необходимых ресурсов и инструментов, способствующих ее устранению или минимизации последствий;

— с помощью программы проводится анализ эффективности не только на мезоуровне (отдельные подразделения), но и на микроуровне (отдельно взятый сотрудник), что позволяет детализировать ранее полученные данные.

В связи с Распоряжением Правительства РФ от 3 декабря 2014 г. № 2446-р О Концепции построения и развития аппаратно-программного комплекса "Безопасный город" [25], Министерством региональной безопасности создана система для «информатизации процессов функционирования единых дежурно-диспетчерских служб муниципальных образований Липецкой области и взаимодействия с дежурно-диспетчерскими службами в

части повышения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания» [26].

На рисунке 2 изображена схема мониторинга поступающей информации и принятия по ней решения органами исполнительной власти Липецкой области.

В рамках этой системы предусмотрено информационное взаимодействие со службами: УФСБ России по Липецкой области; УМВД России по Липецкой области; УМВД России по г. Липецку; ГУ МЧС России по Липецкой области и т.д.



Рисунок 2. Схема мониторинга поступающей информации (Источник: составлено по данным [26]) / Figure 2. Monitoring scheme for incoming information. (Source: compiled according to [26]).

На территории Липецкой области применяются все виды технологий, рассматриваемые в данной работе, которыми пользуются региональные органы исполнительной власти. По результатам мониторинга выявляются недостатки в работе органов исполнительной власти при выполнении ими задач по обеспечению общественной безопасности. С помощью мониторинга выявляются наиболее эффективные методы, быстрота реагирования, отчего зависит скорость реагирования, возможная уязвимость системы, степень рисков (как для граждан, так и для сотрудников), и уровня принятия решения.

5. Технологии обеспечения безопасности работников и обучающихся администрацией университета (на примере ФГБОУ ВО «Липецкого государственного технического университета» ЛГТУ»)

Для обеспечения безопасности учебного процесса и полноценного функционирования университета, и на основании Постановления Правительства РФ от 7 ноября 2019 г. N 1421 «Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий) Министерства науки и высшего образования РФ и подведомственных ему организаций, объектов (территорий), относящихся к сфере деятельности Министерства науки и высшего образования РФ, формы паспорта безопасности этих объектов (территорий) и признании утратившими силу некоторых актов Правительства РФ» [27], администрацией ЛГТУ приняты внутренние нормативные акты в виде приказов, в которых утверждено, при каких обстоятельствах и как именно действовать при возможности возникновения или же возникновении какой либо опасности (террористический акт, поджог, вооруженное нападение, захват заложников, угроза атаки БПЛА и т.д.)

В ЛГТУ круглосуточно осуществляется охрана с помощью частной охранной организации, а также с помощью дежурных пультов управления (работники университета),

которые с помощью камер видеофиксации и других технических средств, в течение суток постоянно мониторят обстановку в помещениях университета и его территорию. При поступлении на пульт управления информации, как от технических средств (с помощью камеры видеофиксации обнаружено нападение, поступило сообщение по телефону и т.д.) или же поступила команда от ректора университета (от работников безопасности университета), дежурный пульт управления, согласно внутренних приказов и инструкции, объявляет по громкоговорящему устройству (повтор команды происходит через каждые две минуты и длится в течение десяти минут), о происшествии и что нужно при этом делать, работникам, обучающимся и посетителям университета.

В целях упорядочивания действий, при получении сообщения об угрозе минирования объекта, и другим нештатным ситуациям в ФГБОУ ВО ЛГТУ и в соответствии с рекомендациями Минобрнауки России о дополнительных антитеррористических мерах в условиях проведения специальной военной операции (№ МН-6/1325 от 23.06.2023г.) [28], разработан Приказ № 25-802 от 22.08.2023 г. «Об утверждении и введении в действие Инструкции по эвакуации работников, обучающихся и посетителей ФГБОУ ВО «ЛГТУ» при возникновении угрозы и совершении террористических актов» [29], в прилагаемой Инструкции которого, утверждены действия ректора, работников управления безопасности, дежурных пультов управления и работников охраны.

При получении сообщения об угрозе минирования объекта, при возникновении других нештатных ситуациях, ректор:

- собирает группу управления (контроля) и вырабатывает решение (в группу управления входят проректор, проректор по административно-хозяйственной работе и комплексной безопасности, начальник управления безопасности и работники управления безопасности);

- дает указание дежурному пульту управления на проведение оповещения работников, обучающихся;

- информирует через проректора по административно-хозяйственной работе и комплексной безопасности о внештатной ситуации соответствующие территориальные подразделения (Минобрнауки России, УМВД по Липецкой области, УФСБ по Липецкой области и т.д.);

- через группу управления осуществляет контроль по устранению нештатной ситуации.

На рисунке 3 указаны статистические данные по нештатным ситуациям, зафиксированным с 01.03.2022 года по 01.03.2025 года в ЛГТУ.

Год	Угроза минирования	Угроза атаки БПЛА	Ракетная опасность
	(информация о минировании поступила по электронной почте)	(информация поступила по телеграмм- каналам службы 112)	(информация поступила по телеграмм- каналам службы 112)
2022	8	0	0
2023	14	0	0
2024	4	2	0
2025	0	0	1
Итого	26	2	1

Рисунок 3. Статистические данные по нештатным ситуациям/ Figure 3. Statistical data on emergency situations.

Информация для эвакуации или перехода в укрытие (в зависимости от поступившего сигнала), работников, обучающихся и посетителей, доводится с помощью информационных технологий, которыми оборудован университет.

Устаревшие технологии, например, такие как Мегафон (мобильное громкоговорящее устройство), используется лишь для оповещения (передачи информации) конкретных лиц (посетители и т.д.), которые могут растеряться (впасть в замешательство), что-то не слышать и т.д.

Разрабатываются алгоритмы действий для работников частной охранной организации, по действиям в конкретных чрезвычайных ситуациях:

- при обращении лица к охраннику с очевидным ранением;
- при обращении к охраннику с информацией о звуках выстрелов, обнаружения подозрительного предмета похожего на взрывное устройство;
- при поступлении информации о нахождение на территории университета подозрительных лиц, возможно с оружием (огнестрельным, холодным и т.д.).
- иная информации, которая поможет вовремя принять меры по пресечению каких-либо правонарушений или преступлений на территории университета.

Во избежание ошибочных действий, как работников, так и обучающихся при возникновении чрезвычайных ситуаций, а также облегчения восприятия команд, возможно, использовать разработанные специальные сигналы оповещения. На рисунке 3 изображены примерные сигналы для оповещения работников, обучающихся, посетителей какого-либо учебного учреждения.

Наименование сигнала	Способ оповещения	Оповещение и действие
«Пернатый» ³	По мегафону, и другим громкоговорящим устройствам	Внимание всем! «Срочно перейти в укрытие» Объект атакован или может быть атакован, беспилотным воздушным судном, приготовиться к переходу в укрытие.
«Смерч» ⁴	По мегафону, и другим громкоговорящим устройствам	Внимание всем! «Срочно покинуть здание и территорию университета!» Объект прекращает работу. Принятое решение об эвакуации работников, обучающихся и посетителей университета.
«Пожарная тревога» ⁵	По мегафону, и другим громкоговорящим устройствам (в том числе автоматическим)	Внимание всем пожарная тревога! «Срочно покинуть здание и территорию университета!» Объект прекращает работу. Принятое решение об эвакуации работников, обучающихся и посетителей университета.
«Крепость» ⁶	По мегафону, и другим громкоговорящим устройствам	Внимание всем! «Срочно закрыться в помещениях университета!» Необходимо укрыться в аудитории (помещении) и закрыть двери. ⁷

Рисунок 4. Сигналы для оповещения работников, обучающихся, посетителей/ Figure 4. Signals for notifying employees, students, and visitors.

³ «Пернатый» - (Объект атакован или может быть атакован, беспилотным воздушным судном).

⁴ «Смерч» - (Получение сообщения об угрозе минирования или минировании объекта университета, попытка вооруженного проникновения и проникновение вооруженных лиц на территорию объекта университета, на объекте университета вооруженный(е) лицо(а)).

⁵ «Пожарная тревога» - (На объекте университета пожар или совершен поджог).

⁶ «Крепость» - (Необходимо укрыться в аудитории (помещении) и закрыть двери).

⁷ При наличии информации текст сигнала может быть дополнен указанием конкретного корпуса.

Для выработки практических навыков, при возникновении чрезвычайной ситуации руководством ФГБОУ ВО ЛГТУ, в соответствии с Федеральными законами от 06.03.2006 № 35-ФЗ «О противодействии терроризму» [30], от 25.07.2002 № 114-ФЗ «О противодействии экстремистской деятельности» [31], от 12 февраля 1998 № 28-ФЗ «О гражданской обороне» [32], Указом Президента Российской Федерации от 15.02.2006 № 116 «О мерах по противодействию терроризму» [33], Постановлением Правительства РФ от 07.11.2019 № 1421 «Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, его территориальных органов и подведомственных ему организаций, объектов (территорий), относящихся к сфере деятельности Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, формы паспорта безопасности этих объектов (территорий) и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» [27], Приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 29.07.2020 № 565 "Об утверждении Инструкции по подготовке и проведению учений и тренировок по гражданской обороне, защите населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечению пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» [34], не менее одного раза в месяц проводятся обучения, где отрабатываются действия при различных нештатных ситуациях.

После проведения практических учений, ректором университета и группой контроля подводятся итоги тренировки, где выявляются недостатки, делаются выводы и вносятся предложения по усовершенствованию проведения таких учений.

Заключение

Проведенный анализ применяемых технологий в сфере обеспечения общественной безопасности позволяет сделать вывод о том, что эффективность технологий достигается в условиях взаимосвязанного взаимообусловленного комплекса мер, реализуемых региональными органами исполнительной власти Российской Федерации по обеспечению общественной безопасности.

В данной статье были классифицированы виды технологий на основании регламентов региональных органов исполнительной власти. Разработаны критерии эффективности применяемых технологий при обеспечении общественной безопасности и из них выделены наиболее значимые для этой сферы деятельности органов исполнительной власти.

Кроме того, проведен мониторинг эффективности технологий обеспечения общественной безопасности. В ходе мониторинга рассмотрен нормативно-правовой акт, на основании которого региональные органы исполнительной власти взаимодействуют с министерством безопасности Липецкой области. Исследована теоретическая часть алгоритмов взаимодействия органов исполнительной власти при возникновении чрезвычайных происшествий и обеспечения общественной безопасности.

Наряду с этим на примере ФГБОУ ВО «Липецкого государственного технического университета» ЛГТУ» представлены практические действия руководства университета, при возникновении различных нештатных ситуациях. Подробно рассмотрены действия служб университета при поступлении сигналов тревоги. Рассмотрены нормативно-правовые акты, на основании которых проводятся практические учения с работниками и обучающимися университета.

Список источников

1. Бекарев А.М., Г.С. Пак «От технологий управления к управлению технологиями», Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. 2023. № 3., С.26;
2. Борзенкова Н.С. «Перспективные направления совершенствования системы мониторинга социально-экономического развития региона», «Вестник АГУ, серия «Экономика». Выпуск 2 (340) 2024., С. 26;

3. Гегель Георг Вильгельм Фридрих / Философия права ; пер. с нем. Б. Столпнера. – СПб. : Азбука, Азбука-Аттикус, 2023. – 480 с. стр. 26;
4. Диваев А.Б., «К вопросу об эффективности применения и исполнения мер пресечения в уголовном процессе»: ФКОУ ВО Кузбасский институт ФСИН России Вестник Кузбасского института № 4 (57) / 2023, С.-117;
5. Винер Н., «Кибернетика» : Типография Госэнергоиздата, Москва., 1958 г., стр. 24;
6. Конституция Российской Федерации. Новая редакция с поправками и основными законами. – 3-е изд. – Москва: Проспект, 2023. – 320 с.;
7. Кочина С.К., «Критерии эффективности управления предприятием в условиях цифровой трансформации», Вестник университета № 4, 2023, с-18;
8. Магрицкая А.В. «Информационные технологии в управлении предприятием: эволюция развития и классификация», Огарёв-Online Научный журнал на тему: Естественные и точные науки, Техника и технологии, Социальные науки, Гуманитарные науки № 10 (195) 23, С.- 6;
9. Мальцев Г.В., Социальные основания права., / М. : Норма : ИНФРА-М, 2023. – 800, стр. 68;
10. Махотин Д.А., Ряхимова Е.Г. «Технологическое образование школьников как базис для достижения научного и технологического суверенитета России» Вестник РМАТ № 1 • 2023., С.86;
11. Родионова В.И. Социально-философский анализ технологизации социальных практик в современном обществе: автореф. дис. ... д-ра филос. наук. Ставрополь, 2015. С. 48;
12. Россинский Б.В., Исполнительная власть в системе государственного управления : монография – Москва : Норма : ИНФРА-М, 2023. – 367 с., стр.157;
13. Современный философский словарь / Под общ. Ред. В.Е. Кемерова и Т.Х. Керимова. – 4-е изд., испр. И доп. – М.: Академический проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2015. – 823 с, стр.706-707;
14. Троянская М.А. и Еременков А.А., «Информационные технологии в государственном управлении: понятие, виды, задачи и направления государственного регулирования», Вестник Академии знаний № 50 (3), 2022, , С.332;
15. Ф3 «О безопасности», / Изд. Проспект / М. : 2022. 16 с.
16. Шульга М.В. «Правосознание и информация: теоретико-правовой подход», Вестник Московского университета МВД России, № 2 / 2024, С.214-215;
17. Энциклопедия государственного управления в России: 4 т. / под ред. В.К. Егорова и др. / Том IV П-С., М. : изд РАГС. 2006. – 304 с.;
18. Энциклопедия государственного управления в России: в 4 т. / Под общ. Ред. В.К. Егорова / Том IV / Часть II. Т-Я, М.: Изд-во РАГС, 2006. 306 с., стр.-69;
19. Энциклопедия государственного управления в России: в 4 т./ Под общ ред. И т.д. / Том III – М. : Изд-во РАГС, 2005. – 344 с.;
20. Юридический энциклопедический словарь / под ред. А.В. Малько. – 2-е изд. – Москва : Проспект, 2023. – 1136 с., стр. 78;
21. Постановление Правительства Липецкой области №742 от 21 декабря 2023 г. «Об утверждении государственной программы Липецкой области «Обеспечение общественной безопасности населения и территории Липецкой области». [Электронный ресурс]. URL: https://липецкаяобласть.рф/storage/docs/econ/prog24/pp_GP_742_r211223.pdf (дата обращения: 05.02.2025 г.);
22. Кто владеет информацией, тот владеет миром. [Электронный ресурс]. URL: <https://spletnik.ru/75404-kto-vladeet-informatsiey-tot-vladeet-mirom-180282> (дата обращения: 10.02.2025 г.);
23. Точка бифуркации. [Электронный ресурс]. URL: <https://kartaslov.ru/карта-знаний/Точка+бифуркации> (дата обращения: 25.02.2025 г.);
24. Постановление Правительства Липецкой области от 25 июня 2024 г. N 355 «Об утверждении положения о Министерстве региональной безопасности Липецкой области». [Электронный ресурс]. URL: <https://uao-lipetsk.ru/about/order> (дата обращения: 06.03.2025 г.);
25. Распоряжение Правительства РФ от 3 декабря 2014 г. № 2446-р «О Концепции построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70717448> (дата обращения: 06.03.2025 г.);

26. Аппаратно-программный комплекс «Безопасный город». [Электронный ресурс]. URL: https://uao-lipetsk.ru/apk_bg/120954/696649 (дата обращения: 06.03.2025 г.);
27. Постановление Правительства РФ от 7 ноября 2019 г. N 1421 «Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и подведомственных ему организаций, объектов (территорий), относящихся к сфере деятельности Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, формы паспорта безопасности этих объектов (территорий) и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/72979284/> (дата обращения: 15.03.2025 г.);
28. Рекомендации по исполнению подведомственными Минобрнауки России организациями установок председателя Национального антитеррористического комитета о дополнительных антитеррористических мерах в условиях проведения специальной военной операции. [Электронный ресурс]. URL: <https://iskran.ru/wp-content/uploads/Доп-меры-по-СВО.pdf> (дата обращения: 15.03.2025 г.);
29. Приказ ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет» от 22.08.2023 г. №25-802 «Об утверждении и введении в действие Инструкции по эвакуации работников, обучающихся и посетителей ФГБОУ ВО «ЛГТУ» при возникновении угрозы и совершения террористических актов». [Электронный ресурс]. URL: https://stu.lipetsk.ru/assets/struct/resources/smk/docs/DocSMQ/po/pr_28-802_ot_22082023_ob_utv_i_vved_instrukcii_po_evakuaczii.pdf (дата обращения: 15.03.2025);
30. Федеральный закон от 6 марта 2006 г. N 35-ФЗ «О противодействии терроризму». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12145408/> (дата обращения: 15.03.2025 г.);
31. Федеральный закон от 25 июля 2002 г. N 114-ФЗ «О противодействии экстремистской деятельности» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12127578/> (дата обращения: 15.03.2025 г.);
32. Федеральный закон от 12 февраля 1998 г. N 28-ФЗ «О гражданской обороне» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/178160/> (дата обращения: 15.03.2025г.);
33. Указ Президента РФ от 15 февраля 2006 г. N 116 «О мерах по противодействию терроризму» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12145028/> (дата обращения: 15.03.2025 г.);
34. Приказ МЧС России от 29 июля 2020 г. № 565 «Об утверждении Инструкции по подготовке и проведению учений и тренировок по гражданской обороне, защите населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечению пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74478838/> (дата обращения: 15.03.2025 г.).

References

1. Bekarev A.M., G.S. Pak "From management technologies to technology management", Bulletin of PNRPU. Social and economic sciences. 2023. No. 3., p.-26;
2. Borzenkova N.S. "Promising directions for improving the system of monitoring the socio-economic development of a region"., "Bulletin of ASU, series" Economics ". Issue 2 (340) 2024., p.-26;
3. Hegel Georg Wilhelm Friedrich / Philosophy of Law; trans. from German by B. Stolpner. - SPb.: Azbuka, Azbuka-Atticus, 2023. - 480 p. p. 26;
4. Divaev A.B., "On the Effectiveness of the Application and Execution of Preventive Measures in Criminal Proceedings": Federal State Educational Institution of Higher Education Kuzbass Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Bulletin of the Kuzbass Institute, No. 4 (57) / 2023, p.-117;
5. Viner N., "Cybernetics": Gosenergoizdat Printing House, Moscow., 1958, p. 24;
6. Constitution of the Russian Federation. New edition with amendments and basic laws. - 3rd ed. - Moscow: Prospect, 2023. - 320 p.;
7. Kochina S.K., "Criteria for the Effectiveness of Enterprise Management in the Context of Digital Transformation", University Bulletin, No. 4, 2023, p.-18;
8. Magritskaya A.V. "Information technologies in enterprise management: evolution of development and classification", Ogarev-Online Scientific journal on the topic: Natural and exact sciences, Engineering and technology, Social sciences, Humanities No. 10 (195) 23, p. - 6;

9. Maltsev G.V., *Social Foundations of Law.*, / M.: Norma: INFRA-M, 2023. – 800, p. 68;
10. Makhotin D.A., Ryakhimova E.G. “Technological Education of Schoolchildren as a Basis for Achieving Scientific and Technological Sovereignty of Russia” *RMAT Bulletin* No. 1 • 2023., P. 86;
11. Rodionova V.I. *Social and Philosophical Analysis of the Technologization of Social Practices in Modern Society: author's abstract. dis. ... doctor of philosophical sciences.* Stavropol, 2015. P. 48;
12. Rossinsky B.V., *Executive power in the public administration system: monograph* – Miskva: Norma: INFRA-M, 2023. – 367 p., p. 157;
13. *Modern philosophical dictionary / Under the general. Ed. V.E. Kemerov and T.Kh. Kerimov.* – 4th ed., corr. and add. – M.: Academic project; Yekaterinburg: Business book, 2015. – 823 p., pp. 706-707;
14. Troyanskaya M.A. and Eremenkov A.A., “Information technologies in public administration: concept, types, tasks and directions of state regulation”, *Bulletin of the Academy of Knowledge* No. 50 (3), 2022, , p. 332;
15. *Federal Law “On Security”*, / Publ. Prospect / M.: 2022. 16 p.
16. Shulga M.V. "Legal consciousness and information: theoretical and legal approach", *Bulletin of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia*, No. 2 / 2024, pp. 214-215;
17. *Encyclopedia of public administration in Russia: 4 volumes / edited by V.K. Egorov et al. / Volume IV P-S*, M.: RAGS Publishing House. 2006. - 304 p.;
18. *Encyclopedia of public administration in Russia: in 4 volumes / Under the general editorship of V.K. Egorov / Volume IV / Part II. T-Ya*, M.: RAGS Publishing House, 2006. 306 p., p.-69;
19. *Encyclopedia of public administration in Russia: in 4 volumes / Under the general editorship of Etc. / Volume III - M.: RAGS Publishing House, 2005. - 344 p.;*
20. *Legal encyclopedic dictionary / edited by A.V. Malko. - 2nd ed. - Moscow: Prospect, 2023. - 1136 p., p. 78;*
21. Decree of the Government of the Lipetsk Region No. 742 dated December 21, 2023 «On approval of the State program of the Lipetsk region «Ensuring public safety of the population and territory of the Lipetsk Region». Available from: https://липецкаяобласть.рф/storage/docs/econ/prog24/pp_GP_742_r211223.pdf [Accessed 02/05/2025]. (In Russ.);
22. Whoever owns information owns the world. Available from: <https://spletnik.ru/75404-kto-vladeet-informatciy-tot-vladeet-mirom-180282> [Accessed 02/10/2025]. (In Russ.);
23. The bifurcation point. Available from: <https://kartaslov.ru/карта-знаний/Точка+бифуркации> [Accessed 02/25/2025]. (In Russ.);
24. Decree of the Government of the Lipetsk Region dated June 25, 2024 No. 355 «On Approval of the Regulations on the Ministry of Regional Security of the Lipetsk Region». Available from: <https://uao-lipetsk.ru/about/order> [Accessed 03/06/2025]. (In Russ.);
25. Decree of the Government of the Russian Federation dated December 3, 2014 No. 2446-r «On the Concept of building and developing the hardware and software complex «Safe City». Available from: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70717448> [Accessed 03/06/2025]. (In Russ.);
26. Hardware and software complex «Safe City». Available from: https://uao-lipetsk.ru/apk_bg/120954/696649 [Accessed 03/06/2025]. (In Russ.);
27. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1421 of November 7, 2019 «On Approval of the Requirements for the Anti-Terrorist Security of Facilities (Territories) of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and its Subordinate Organizations, Facilities (Territories) Related to the Sphere of Activity of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, the form of the safety passport of these facilities (territories) and invalidation of certain acts of the Government of the Russian Federation» (with amendments and additions). Available from: <https://base.garant.ru/72979284/> [Accessed 03/15/2025]. (In Russ.);
28. Recommendations on the implementation by organizations subordinate to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation of the instructions of the Chairman of the National Anti-Terrorist Committee on additional anti-terrorist measures in the context of a special military operation. Available from: <https://iskran.ru/wp-content/uploads/Доп-меры-по-СВО.pdf> [Accessed 03/15/2025]. (In Russ.);
29. Order No. 25-802 of Lipetsk State Technical University dated 08/22/2023 «On the Approval and Implementation of Instructions for the Evacuation of employees, Students and Visitors of LGTU in the Event of a threat and commission of terrorist acts». Available from:

https://stu.lipetsk.ru/assets/struct/resources/smk/docs/DocSMQ/po/pr_28-802_ot_22082023_ob_utv_i_vved_instrukczii_po_evakuaczii.pdf [Accessed 03/15/2025]. (In Russ.);

30. Federal Law No. 35-FZ of March 6, 2006 «On countering terrorism». Available from: <https://base.garant.ru/12145408/> [Accessed 03/15/2025]. (In Russ.);

31. Federal Law No. 114-FZ of July 25, 2002 «On Countering Extremist Activity» (with amendments and additions). Available from: <https://base.garant.ru/12127578/> [Accessed 03/15/2025]. (In Russ.);

32. Federal Law No. 28-FZ of February 12, 1998 «On Civil Defense» (with amendments and additions). Available from: <https://base.garant.ru/178160/> [Accessed 03/15/2025]. (In Russ.);

33. Decree of the President of the Russian Federation No. 116 dated February 15, 2006 «On measures to combat terrorism» (with amendments and additions). Available from: <https://base.garant.ru/12145028/> [Accessed 03/15/2025]. (In Russ.);

34. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated July 29, 2020 No. 565 «On Approval of Instructions for the preparation and conduct of exercises and trainings on civil defense, protection of the population from natural and man-made emergencies, ensuring fire safety and human safety on water bodies». Available from: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74478838/> [Accessed 03/15/2025]. (In Russ.).

Информация об авторах

Чувикин Сергей Геннадьевич - соискатель, научная специальность 5.5.3 Государственное управление и отраслевые политики кафедры социологии, ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», начальник отдела антитеррористической защищенности, ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», e-mail: vtumane14919@mail.ru

Пачина Наталия Николаевна - доктор психологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», e-mail: pachina_2017@mail.ru

Вклад авторов:

Пачина Наталия Николаевна- Концептуализация и общее руководство - разработка методологии, общее научное руководство исследованием.

Редактирование текста - критический пересмотр рукописи, формирование её окончательного варианта.

Чувикин Сергей Геннадьевич - Проведение исследования - сбор и анализ эмпирических данных, работа с источниками на тайском языке, подготовка таблиц и графиков.

Написание черновика - составление первоначального текста разделов.

Information about the authors

Chuvikin Sergey Gennadievich - applicant, scientific specialty 5.5.3 State administration and sectoral policies of the Department of Sociology, Lipetsk State Technical University, Head of the Department of Anti-terrorist Security, Lipetsk State Technical University, e-mail: vtumane14919@mail.ru

Pachina Natalia Nikolaevna - Doctor of Psychology, Professor, Lipetsk State Technical University, e-mail: pachina_2017@mail.ru

Contribution of the authors:

Pachina Natalia Nikolaevna - Conceptualization and general management - development of methodology, general scientific management of the study. Text editing - critical review of the manuscript, formation of its final version.

Chuvikin Sergey Gennadievich - Conducting the study - collection and analysis of empirical data, work with sources in the Thai language, preparation of tables and graphs. Writing the draft - compilation of the initial text of the sections.

Научная статья
УДК 321
<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.21>



Национально-ориентированная модель политического управления: концептуальные основы и механизмы реализации

Валерия Юрьевна Акентьева^{1*}

¹ФГБОУ ВО «Пятигорский государственный университет», г. Пятигорск, Россия
Valeria.Akentyeva@yandex.ru

*Автор, ответственный за переписку: Валерия Юрьевна Акентьева, Valeria.Akentyeva@yandex.ru

Аннотация. Трансформация политической системы России в условиях вызовов требует новой модели управления, обеспечивающей суверенитет и идентичность. Россия внедряет механизмы для защиты национальной идентичности и укрепления стабильности. Т.А. Шебзухова и другие отмечают, что многие государства пересматривают модели управления из-за внутренних и внешних изменений. Это требует анализа и переосмысления существующих подходов. Формируется национально-ориентированная модель управления (НОМПУ), основанная на национальных интересах и ценностях. Этот подход ориентирован на самостоятельное развитие и учитывает региональную специфику. Критериями эффективности становятся реализация задач по укреплению суверенитета и благосостояния граждан, а не международные стандарты. НОМПУ предполагает интеграцию в международное сотрудничество, учитывая национальные особенности. Исследование строится на комплексном анализе НОМПУ для всестороннего изучения трансформации политического управления. В статье представлена концепция национально-ориентированной модели политического управления. Рассмотрены институциональные преобразования, дискурсивные практики, технологические решения и механизмы встраивания ценностно-нормативных оснований в рамках исследуемой модели.

Ключевые слова: политическое управление, национально-ориентированная модель, ценностно-нормативные основания, политические технологии, суверенитет.

Для цитирования: Акентьева В.Ю. Национально-ориентированная модель политического управления: концептуальные основы и механизмы реализации // Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 227-236. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.21>

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.12.2026.

Research article

National-oriented political management model: institutional structure and implementation mechanisms

Valeria Yurievna Akentyeva^{1,*}

© Акентьева В.Ю., 2026

IPyatigorsk State University, Pyatigorsk, Russia Valeria.Akentyeva@yandex.ru

***Corresponding author:** Valeria Yurievna Akentyeva, Valeria.Akentyeva@yandex.ru

Abstract. The transformation of Russia's political system in the face of challenges requires a new governance model that ensures sovereignty and identity. Russia is implementing mechanisms to protect national identity and strengthen stability. T.A. Shebzukhova and others note that many states are reviewing governance models due to internal and external changes. This requires an analysis and rethinking of existing approaches. A nationally oriented management model (NOM) based on national interests and values is being formed. This approach is focused on independent development and takes into account regional specifics. The criteria for effectiveness are the implementation of tasks to strengthen the sovereignty and welfare of citizens, rather than international standards. NOMPU involves integration into international cooperation, taking into account national specifics. The study is based on a comprehensive analysis of NOMPU to comprehensively study the transformation of political governance. The article presents the concept of a nationally oriented model of political governance. Institutional transformations, discursive practices, technological solutions, and mechanisms for embedding value-normative foundations within the framework of the model under study are considered.

Keywords: political management, nationally oriented model, value-based regulatory foundations, political technologies, and sovereignty.

For citation: Akentyeva V.Yu. National-oriented model of political management: conceptual foundations and implementation mechanisms. *Modern science and innovation*. 2026;(1):227-236. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.21>

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

The article was submitted 01.10.2025;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026.

Введение. Актуальность статьи обусловлена трансформацией политической системы России в ответ на нарастающую потребность в формировании такой модели политического управления, способная обеспечить суверенитет в различных сферах деятельности общества и государства, а также цивилизационную идентичность России в условиях усиления внутренних и внешних вызовов.

Л.Х. Дзахова и М.А. Аствацатурова акцентируют внимание на том, что «современный российский политико-управленческий процесс в силу очевидных и жестких внешних вызовов, и рисков приобретает особую значимость в плане оперативности, достоверности, качества и эффективности» [1:184]. Так, на современном этапе развития Россия активно внедряет механизмы, которые направлены на защиту своей национальной идентичности и укрепление внутренней стабильности.

Ориентация на национальные приоритеты и интересы охватывает широкий спектр сфер деятельности общества и государства, в результате принимаются нормативно-правовые акты, направленные на укрепление суверенитета, развитие национальной экономики, сохранение культурного наследия и обеспечение социальной стабильности.

Т. А. Шебзухова, А. А. Вартумян и М. В. Лимарева отмечают, что «многие современные государства сталкиваются с необходимостью трансформации политического управления под воздействием внутренних и внешних изменений. Зачастую подобные трансформации ставятся в группу приоритетных политических целей... Все это требует политологического осмысления, включающего сравнение и оценку происходящих событий, а впоследствии и расширение категориального аппарата» [12:7-8].

Происходит формирование модели политического управления, основанной на национальных интересах и приоритетах, что демонстрирует кризис универсальных

управленческих моделей, которые, не имеют возможности в полной мере раскрыться в российских реалиях в связи с тем, что не учитывают российскую специфику. Исходя из этого особую значимость и приобретает разработка и дальнейшее внедрение национально-ориентированной модели политического управления (*далее по тексту* - НОМПУ), которая декларирует приоритет национальных ценностей, приоритетов и интересов, а также сохранение культурной идентичности при осуществлении управления.

Данный подход к планированию и управлению отражает стремления государства к самостоятельному определению путей развития без допущения вмешательства извне. В результате происходит переориентация всей системы политического управления, при которой критериями эффективности становится не соответствие международным стандартам, а способность обеспечить реализацию поставленных задач, основной целью которых является укрепление государственного суверенитета и повышение благосостояния народа. Важно отметить, что данный подход не противопоставляет себя глобальным идеям и процессам, не предполагает изоляцию или отказ от международного сотрудничества, а прокладывает собственный путь развития, учитывающий специфику страны и ее разнообразных по структуре регионов.

Методология. Методологическая основа исследования формируется на базе комплексного подхода к анализу НОМПУ. Методологический инструментарий исследования включает в себя общенаучные методы (анализ, синтез, индукция, дедукция), а также специальные методы политологического анализа, что позволяет обеспечить комплексный характер исследования. Основой служит системный анализ, который позволяет исследовать управленческие процессы как целостную структуру взаимосвязанных элементов, в которой каждый из них взаимно влияет друг на друга и на систему в целом. Также используется цивилизационный подход, позволяющий раскрыть специфику российского политического управления через призму культурно-исторического развития. Данный подход дополняется ценностно-нормативным анализом, используемый для прослеживания трансформации национальных приоритетов и ценностей в управленческих решениях. Помимо этого, активно используется дискурсивный анализ, необходимый для изучения способов артикуляции национальных интересов и легитимации управленческих решений. Такой комплексный подход позволяет раскрыть механизмы функционирования НОМПУ и выявить особенности её реализации в современной России. В статье представлен авторский методологический инструментарий, позволяющий выявить и выделить пять ключевых направлений НОМПУ, которые при взаимодействии с друг другом обеспечивают реализацию модели на практике:

1. институциональный (структура и взаимодействие институтов);
2. нормативно-правовой (законодательное закрепление приоритетов);
3. функциональный (механизмы принятия и реализации решений);
4. коммуникативный и дискурсивный (каналы и язык взаимодействия власти и общества);
5. технологический (сохранение национальной идентичности и интеграция современных практик).

Материал исследования. Материалом для исследования послужили нормативно-правовые акты: стратегии национальной безопасности, концепции развития, законы и подзаконные акты, определяющие и закрепляющие принципы и механизмы НОМПУ. Важную часть эмпирической базы составили тексты публичных выступлений представителей власти и экспертов, а также научные статьи, посвящённые теоретическим и прикладным аспектам национально-ориентированного политического управления.

Исследовательские результаты и их интерпретация. Л.А. Итиуридзе выделяет следующие базовые постулаты модернизации политического управления в РФ: «базирование на «традиционных ценностях», укрепление социального государства,

повышение качества жизни граждан, демократическое политическое представительство, активное гражданское и политическое участие» [2: 15-16].

В ходе проведенного исследования автором была предложена и обоснована концепция национально-ориентированной модели политического управления (НОМПУ), которая представляет собой комплексную систему, в которой политические процессы и управленческие решения в значительной степени определяются национальными интересами, ценностями и идентичностью. Формирующаяся модель выступает ответом на современные вызовы глобализма. Сущность рассматриваемой модели политического управления заключается в системной трансформации ценностно-нормативных оснований как механизмов разработки стратегических решений, так и при реконструкции политических институтов, необходимых для реализации этих решений.

Анализ действующей нормативно-правовой базы России позволяет сделать вывод, что в стране последовательно формируется и закрепляется НОМПУ. Наблюдается системная интеграция ценностно-нормативных оснований в механизмы принятия и реализации политических решений.

Так, Конституция Российской Федерации принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 1 июля 2020 года содержит в себе принципы и нормы, отражающие национальные интересы страны: суверенность, социальная справедливость, публичность народной власти, территориальная целостность страны и другие [3].

Также отметим, Указ Президента РФ от 2 июля 2021 года №400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». Документ определяет национальные интересы и приоритеты страны, цели и задачи государственной политики в области обеспечения национальной безопасности и устойчивого развития России [4].

Ключевым сдвигом для формирования НОМПУ стало использование традиционных ценностей в качестве юридически значимых критериев.

Данный перевод зафиксирован в Указе Президента РФ от 9 ноября 2022 г. № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей» [5].

-обозначен перечень ценностей, признанных основой общероссийской идентичности;

-установлена обязанность должностных лиц органов власти учитывать признанные ценности при разработке и экспертизе нормативно-правовых актов;

-дан курс на защиту культурного суверенитета как одного из основных элементов национальной безопасности РФ.

В результате формируется комплексная система оценки законопроектов, при которой соответствие установленным традиционным ценностям и ориентирам становится обязательным и основополагающим критерием.

Одним из аспектов реализации НОМПУ является функционирование многоуровневой системы управления, при которой органы власти формируют стратегические направления развития государства, опираясь на общественное мнение, национальные интересы и принципы. В основе системы заложен принцип централизованного управления, что обеспечивает единое стратегическое руководство и координацию всех уровней управления, что особенно актуально для нашей страны. Высшие органы власти определяют ключевые приоритеты развития, формируют нормативно-правовую базу, отвечающую новым стандартам, а также контролируют реализацию принятых решений и корректируют при необходимости. Рассматриваемая система управления базируется на следующих принципах:

1.Участие высших должностных лиц в определении и разработке стратегических решений (личный контроль президента РФ и администрации Президента над ключевыми направлениями развития, утверждение президентом РФ основополагающих документов, стратегий, ежегодные послания с целью определения курса развития и важнейших задач и

т.д.); Одним из основополагающих элементов выступает система ежегодных посланий президента, которое задает курс для развития страны и обеспечивающая единство политического курса.

2.Формирование специализированных институтов, необходимых для реализации НОМПУ (формирование профильных ведомств, экспертных площадок, разработка и интеграция систем коммуникации и координации между властью и обществом, а также научными сообществами и т.д.).

3.Интеграция ценностных ориентиров и создание критериев для оценки работы и нормативно-правовых актов на предмет соответствия признанным национальным интересам и ценностям (реализация происходит за счет законодательного закрепления ценностей, внедрение критериев оценки соответствия принимаемых решений национальным интересам и приоритетам, развитие механизмов общественного контроля через институты гражданского общества и экспертов и т.д.).

4.Формирование единой системы принятия и исполнения решений (реализация происходит посредством обеспечения четкой иерархии полномочий, создания механизмов межведомственного взаимодействия, внедрение современных практик управления, отвечающих новым стандартам и т.д.).

В НОМПУ особое место занимает интегрирование ценностных критериев в функционал министерств, ведомств и агентств. Это проявляется в конкретизации обозначенных для ведомства задач (Например, Минпросвещения подготавливает методическое сопровождение воспитания, построенное на основе исторических традиций и национальных ценностях, а Минкультуры разрабатывает нормативно-правовые акты, что позволяют противодействовать фальсификации истории и т.д.)

Каждый из обозначенных принципов работает в комплексе, тем самым создавая целостную систему управления, которая позволяет оперативно реагировать на внутренние и внешние вызовы, поддерживая внутреннюю стабильность и устойчивое развитие. Система НОМПУ выстроена таким образом, что все задействованные структуры работают в едином правовом поле, одновременно обеспечивая трансляцию ценностных установок и их имплементацию в повседневную управленческую практику.

Другим немаловажным элементом НОМПУ, необходимый для ее эффективного функционирования является механизм дискурсивной легитимации, которая позволяет закреплять управленческие решения в общественном сознании через формирование особого политического дискурса.

Данный процесс реализуется посредством использования специфического языка представителями власти, где используемые в речи конструкции неразрывно связаны с практическими действиями. Таким образом, публичные выступления представителей власти выполняют двойную функцию. С одной стороны, они декларируют законодательно закреплённые ценности, а с другой стороны, они демонстрируют их связь с конкретными управленческими решениями. Дискурсивное поле демонстрирует, что НОМПУ является не просто идеологической конструкцией, а выступает в роли ответа на существующие вызовы как внутренние, так и внешние.

В.Н. Панин отмечает, что «духовная безопасность выступает в единой связи с политическими, экономическими, информационными, конфессиональными, интеллектуальными, демографическими, экологическими и с национальными компонентами безопасности» [6: 76]. Дополняют картину и образовательные инициативы, нацеленные на воспитание и обучение молодежи. Так, разработан и представлен во многих университетах России курс «Основы российской государственности», где системно разъясняются ценностные основания управления, связывая их с историческими и правовыми реалиями.

Помимо этого, НОМПУ предполагает активное развитие качественно новых механизмов взаимодействия общества (в лице институтов гражданского общества, экспертов, ученых, диалогов на открытых площадках и т.д.) и представителей власти.

Росенко М.И и Братусь И.А считают, что именно «институты гражданского общества позволяют направлять гражданскую инициативу в нужное русло, своевременно и в достаточной степени осуществлять контроль над государством, смягчать возможные конфликты внутри общества» [7:64]. Государство оказывает поддержку институтам гражданского общества, чья деятельность лежит в плоскости приоритетных для государства направлений. НОМПУ предполагает вовлечение в управление посредством:

1. Грантовой поддержки по приоритетным направлениям (поддержка семьи, детства, патриотическое воспитание, долголетие и т.д.).

2. Создания экспертных советов при министерствах для активного вовлечения независимых экспертов к обсуждению проектов нормативных актов.

3. Включения представителей институтов гражданского общества в комиссии при приеме на службу должностных лиц для объективной оценки.

4. Поддержки открытого диалога между представителями власти и обществом по вопросам, касающимся развития государства в различных сферах.

Согласно Л.В. Сморгуну, «сетевое политическое управление устойчивую сложную структуру взаимодействий всех заинтересованных сторон в определённой отрасли политики или сформированную для решения определённой политической проблемы» [8: 8-9]. Концепция базируется на связях между участниками политического процесса, где они выступают равноправными сторонами для достижения общих целей

Отметим, что НОМПУ включает в себя комплексную систему механизмов принятия и реализации управленческих решений, которая направлена на модернизацию политического управления посредством технологического развития и адаптации. Рассматривая данный аспект, отметим, что функциональная составляющая тесно переплетена с технологической составляющей НОМП. Она реализуется через интеграцию различных аналитических систем поддержки принятия решений, позволяющие оперативно обрабатывать большие массивы данных в режиме реального времени, что обеспечивает формирование оптимальных управленческих решений, учитывая множества факторов и определяя возможные последствия.

Особое значение приобретает цифровизация управленческих процессов, обеспечивающая модернизацию политического управления. Современные технологии позволяют значительно повысить эффективность принятия решений и контроля их исполнения:

1. Технологии больших данных (Big Data) являются одним из ключевых инструментов современного управления, которое позволяет в режиме реального времени проводить комплексный анализ различных показателей для обеспечения принятия оптимального управленческого решения.

2. Искусственный интеллект (ИИ) сейчас активно внедряется в управленческие процессы для автоматизации рутинных административных процедур, позволяя оптимизировать распределение ресурсов, а также своевременно выявлять аномалии с помощью предиктивной аналитики, что, в свою очередь, повышает эффективность контроля и надзора.

3. Блокчейн-технологии позволяют обеспечить высокий уровень прозрачности управленческих процессов и защиты данных от несанкционированного доступа. Также данные технологии упрощают межведомственное взаимодействие и существенно снижают риски коррупционных проявлений.

4. Защищённые информационные каналы представляют собой стратегический важный элемент современной системы управления, позволяющие обеспечить безопасную передачу данных между государственными органами, защиту персональных данных и противодействие киберугрозам.

Р.Х. Усманов утверждает, что «государство для минимизации рисков доверия вынуждено наращивать свое присутствие в онлайн-пространстве и использовать цифровые технологии с целью формирования образов, представлений и ценностей, помогающих достигать доверительного к себе отношения со стороны граждан» [10:533]. Так, внедрение современных технологий обеспечивает возможность создания гибкой и адаптивной системы управления, которая способна на оперативное реагирование и на эффективное решение поставленных задачи в условиях цифровой трансформации общества.

Отметим, что исследуемая проблема имеет ряд принципиальных обстоятельств. Рассмотрим их более подробно:

1. НОМПУ не может рассматриваться и трактоваться как простое воспроизведение традиционных устоявшихся политических процессов, механизмов и институтов. Данная модель политического управления предполагает внедрение национальных приоритетов, ценностей и интересов в современные управленческие идеи и решения. Это четко разграничивает простое использование национальной повестки в процессе управления и реальным интегрированием ценностных установок в механизмы принятий управленческих решений с целью реализации национально-ориентированной политики. Без такого разграничения НОМПУ рискует остаться лишь декларативным конструктом, лишённым действительной значимости.

2. Содержание НОМПУ за последние годы существенно трансформировалось. Ранее акцент делался на культурно-исторической преемственности, а уже сегодня НОМПУ предстаёт как комплексная структурированная модель, интегрирующая в себя несколько взаимосвязанных компонентов: нормативно-правовое закрепление национальных приоритетов и ценностей, организационное оформление управленческих механизмов (посредством перестройки политических институтов), коммуникативная стратегия, направленная на придание легитимности политическим решениям и на анализ и формирование общественного мнения.

3. Отдельно стоит сказать о сложности реализации НОМПУ в современных российских условиях, при которых стоит вопрос об обеспечении баланса между уровнями и формами управления. Так, необходимо сохранить вертикальные структуры власти, что обеспечивает устойчивость системы, но также важно уделить внимание развитию горизонтальных систем для активного вовлечения институтов гражданского общества в процесс управления. Помимо этого, отдельную немаловажную роль играют открытые площадки для диалога и согласования интересов: экспертные сообщества, общественные дискуссии и т.д. Нарушение баланса приводит к следующим рискам: чрезмерная централизация ведёт к бюрократической стагнации, а излишняя децентрализация приведет к фрагментации политического пространства, что в свою очередь послужит ослаблению управляемости.

Д.С. Чекменев отмечает, что «целью конструирования в конечном счете выступает «формирование определенной общественно-политической реальности» [11: 45]. Процесс конструирования общественно-политической реальности является ключевым механизмом реализации НОМПУ, которое формирует целостную систему управления и отношений на основе национальных ценностей и приоритетов.

Политическое управление в рамках становления и развития НОМПУ обретает новое содержание, ставя перед собой цель достижения суверенного развития с ориентацией на национальные приоритеты, избегая изоляции и давления извне. Предполагается создание механизмов оценки и фильтрации глобальных трендов с целью отбора и адаптации зарубежных практик с учетом их реализуемости и сопоставимости с российскими реалиями. Отметим, что особую роль играет создание и поддержание устойчивой коммуникации между властью и обществом для обеспечения эффективной обратной связи.

Важно подчеркнуть, что концептуальные основы НОМПУ перекликаются с идеями суверенной демократии В.Ю. Суркова. Еще в середине 2000-х гг. сформулировал

концепцию суверенной демократии, которая подразумевает под собой образ политической жизни общества, при котором власти, их органы и действия выбираются, формируются и направляются исключительно российской нацией во всём её многообразии и целостности ради достижения материального благосостояния, свободы и справедливости всеми гражданами, социальными группами и народами, её образующими [9].

Однако, НОМПУ предлагает более развёрнутую систему, в отличие от первоначального понимания суверенной демократии, где акцентировалось внимание преимущественно на политическом суверенитете. НОМПУ включает в себя не только институциональную архитектуру, но и механизмы реализации, систему критериев оценки эффективности управления, механизмы диалога и обратной связи. Это позволяет рассматривать НОМПУ не как идеологическую конструкцию, а как рабочий инструмент политического управления, способный обеспечить устойчивое развитие государства в условиях глобализации.

Выводы. Национально-ориентированная модель политического управления представляет собой комплексную систему, основанную на взаимодействии различных структурных элементов, направленных на достижение поставленных задач. Конструируется новая модель политического управления, нацеленная на удовлетворение внутренних потребностей, а не на соответствие представлениям глобализма.

Институциональный компонент формирует политические институты с устойчивой структурой и связями, что позволяет эффективно реализовывать политические решения на всех уровнях власти. Нормативно-правовой аспект является фундаментальным, закрепляя национальные приоритеты развития в законодательстве, указывая направление движения для деятельности всех участников политического процесса. Функциональный и технологический элементы обеспечивают практическую реализацию управленческих решений, интегрируя современные практики управления, сохраняя национальную идентичность и суверенитет. Особую роль играет коммуникативно-дискурсивный блок, целью которого является обеспечение взаимодействия власти и общества, а также формирование единого информационного поля, который является базой для трансляции ценностей и приоритетов развития.

Таким образом, выявленные элементы НОМПУ находятся в тесной взаимосвязи, образуя собой единый слаженный механизм, способный оперативно реагировать на современные вызовы. Дальнейшее развитие рассматриваемой модели политического управления может быть направлено на укрепление взаимодействия всех компонентов и повышение их способности к адаптации в условиях динамично меняющейся политической реальности.

Список источников

1. Аствацатурова М.А., Дзахова Л. Х. Политико-управленческий процесс на фоне современных вызовов: актуальные федеральные и региональные кейсы // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. - 2022. - №3. - С. 178 – 186.
2. Итиуридзе Л.А. Концептуализация модели модернизации политического управления современной России: дис... д-р полит.наук.5.5.2.Москва. — 2025 г. — 460 с.
3. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) [Электронный ресурс] Доступ из справ. - правовой системы «КонсультантПлюс».
4. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: указ Президента Российской Федерации от 2 июля 2021 г. № 400. [Электронный ресурс] Доступ из справ.- правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Об основах государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей: указ Президента Российской Федерации от 9 ноября 2022 г. № 809. [Электронный ресурс] Доступ из справ. - правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Панин, В. Н. Духовная безопасность как особый компонент системы национальной безопасности современной России (правовые и философско-теологические аспекты) / В. Н. Панин,

- П. Ф. Голдин, И. А. Тарасевич. – Пятигорск: Редакционно-издательский совет ФГБОУ "ПГУ", 2022. – 228 с.
7. Росенко М.И, Братусь И.А. Гражданское общество и публичная власть: институционализация взаимодействия // Право и государство: теория и практика. — 2023. — №1 (217). — С.64-65.
8. Сморгунув Л.В. Управляемость и сетевое политическое управление // Власть. -2014. - №6. – с. 5 -14.
9. Сурков В.Ю. Национализация будущего // Expert.ru. — URL: http://www.expert.ru/printissues/expert/2006/43/nacionalizaciya_budushego/ (дата обращения: 14.02.2025).
10. Усманов, Р. Х. Российские реалии и проблемы доверия как перспективного проекта современного мироустройства / Р. Х. Усманов, О. И. Оськина // Мегатренды мировой политики: глобализация, поляризация, экстремизм: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Москва, 26–28 октября 2022 года. – Москва: Московский государственный лингвистический университет, 2023. – С. 526-534.
11. Чекменев Д.С. Конструирование общественно-политического дискурса в современной российской публичной политике: дис. ... д-ра полит. наук: 23.00.02. Пятигорск, 2020. 400 с
12. Шебзухова, Т. А. Политические процессы в полиэтничном обществе / Т. А. Шебзухова, А. А. Вартумян, М. В. Лимарева. – Пятигорск: ООО "Рекламно-информационное агентство на Кавказских Минеральных Водах", 2024. – 220 с.

References

1. Astvatsurova M.A., Dzakhova L. KH. Politiko-upravlencheskii protsess na fone sovremennykh vyzovov: aktual'nye federal'nye i regional'nye keisy // Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski. - 2022. - №3. - S. 178 – 186.
2. Itiuridze L.A. Kontseptualizatsiya modeli modernizatsii politicheskogo upravleniya sovremennoi Rossii: dis... d-r polit.nauk.5.5.2.Moskva. — 2025 g. — 460 s.
3. Konstitutsiya Rossiiskoi Federatsii (prinyata vsenarodnym golosovaniem 12.12.1993 s izmeneniyami, odobrennymi v khode obshcherossiiskogo golosovaniya 01.07.2020) [Ehlektronnyi resurs] Dostup iz sprav.- pravovoi sistemy «Konsul'tanTPlyuS».
4. O Strategii natsional'noi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii : ukaz Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 2 iyulya 2021 g. № 400. [Ehlektronnyi resurs] Dostup iz sprav.- pravovoi sistemy «Konsul'tanTPlyuS».
5. Ob osnovakh gosudarstvennoi politiki po sokhraneniyu i ukrepleniyu traditsionnykh rossiiskikh dukhovno-nravstvennykh tseennostei: ukaz Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 9 noyabrya 2022 g. № 809. [Ehlektronnyi resurs] Dostup iz sprav.- pravovoi sistemy «Konsul'tanTPlyuS».
6. Panin, V. N. Dukhovnaya bezopasnost' kak osobyi komponent sistemy natsional'noi bezopasnosti sovremennoi Rossii (pravovye i filosofsko-teologicheskie aspekty) / V. N. Panin, P. F. Goldin, I. A. Tarasevich. – Pyatigorsk : Redaktsionno-izdatel'skii sovet FGBOU "PGU", 2022. – 228 s.
7. Rosenko M.I, Bratus' I.A. Grazhdanskoe obshchestvo i publichnaya vlast': institutsionalizatsiya vzaimodeistviya // Pravo i gosudarstvo: teoriya i praktika. — 2023. — №1 (217). — S.64-65.
8. Smorgunov L.V. Upravlyaemost' i setevoe politicheskoe upravlenie // Vlast'. -2014. - №6. – s. 5 -14.
9. Surkov V.YU. Natsionalizatsiya budushchego // Expert.ru. — URL: http://www.expert.ru/printissues/expert/2006/43/nacionalizaciya_budushego/ (data obrashcheniya: 14.02.2025).
10. Usmanov, R. KH. Rossiiskie realii i problemy doveriya kak perspektivnogo proekta sovremennogo miroustroistva / R. KH. Usmanov, O. I. Os'kina // Megatrendy mirovoi politiki: globalizatsiya, polyarizatsiya, ehkstreizm : Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Moskva, 26–28 oktyabrya 2022 goda. – Moskva: Moskovskii gosudarstvennyi lingvisticheskii universitet, 2023. – S. 526-534.
11. Chekmenev D.S. Konstruirovaniye obshchestvenno-politicheskogo diskursa v sovremennoi rossiiskoi publichnoi politike: dis. ... d-ra polit. nauk: 23.00.02. Pyatigorsk, 2020. 400 s
12. Shebzukhova, T. A. Politicheskie protsessy v poliehtnicheskom obshchestve / T. A. Shebzukhova, A. A. Vartumyan, M. V. Limareva. – Pyatigorsk : ООО "Reklamno-informatsionnoe agentstvo na Kavkazskikh Mineral'nykh Vodakh", 2024. – 220 s.

Информация об авторах

Акентьева Валерия Юрьевна – преподаватель, профессор кафедры креативно-инновационного управления и права ФГБОУ ВО «Пятигорский государственный университет», +79633836370, Valeria.Akentyeva@yandex.ru

Конфликт интересов: автору неизвестно о каком-либо потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью.

Вклад авторов: автор внес равный вклад в подготовку публикации.

Information about the authors

Akentyeva Valeria Yurievna – Lecturer at the Department of Creative and Innovative Management and Law, Pyatigorsk State University, +79633836370, Valeria.Akentyeva@yandex.ru.

Conflict of interest: the author is unaware of any potential conflict of interest related to this manuscript.

Authors' contribution: Author contributed equally to the preparation of the publication.

ДИСКУССИОННЫЕ СТАТЬИ | DISCUSSION PAPERS

Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 237-248
ДИСКУССИОННЫЕ СТАТЬИ

Modern Science and Innovations. 2026;(1):237-248
DISCUSSION ARTICLES

Научная статья
УДК 343.3/7.

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.22>



Правовое регулирование результатов творческой деятельности, созданных с помощью технологий искусственного интеллекта

Марина Владимировна Осипова^{1*}, Татьяна Петровна Рожкова^{1,2}

^{1,2}Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого (д. 41, ул. Большая Санкт-Петербургская, г. Великий Новгород, 173003, Россия)

¹sampaz@list.ru; [https:// ORCID: 0009-0003-4912-3087](https://orcid.org/0009-0003-4912-3087)

²toma.rozhkova.2002@mail.ru; [https:// ORCID: 0009-0003-4912-3087](https://orcid.org/0009-0003-4912-3087)

*Автор, ответственный за переписку: Марина Владимировна Осипова, sampaz@list.ru

Аннотация. Развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) за последние годы стало одним из ключевых факторов трансформации современной правовой системы. Алгоритмы машинного обучения, нейронные сети и генеративные модели уже способны создавать произведения, неотличимые от результатов человеческого творчества: тексты, музыку, картины, сценарии и даже программный код. Актуальность темы определяется стремительным внедрением ИИ во все сферы творческой деятельности и отсутствием единого правового подхода к регулированию таких результатов. Законодательство большинства стран, включая Российскую Федерацию, изначально формировалось вокруг идеи человеческого авторства, предполагающей наличие личности, обладающей сознанием, волей и способностью к творчеству. Искусственный интеллект, не обладающий субъективным восприятием, ставит под сомнение эти традиционные критерии. Это порождает правовые коллизии – от вопросов о признании авторства до распределения имущественных прав между разработчиком, пользователем и технологиями ИИ. Современные дискуссии концентрируются вокруг трёх ключевых проблем: возможность признания искусственного интеллекта субъектом авторского права; определение статуса человека, использующего ИИ как инструмент для создания произведения; необходимость адаптации существующего законодательства. От решения этих вопросов зависит формирование устойчивой правовой модели, способной сочетать инновационность технологий и защиту интересов участников интеллектуальной деятельности.

Ключевые слова: искусственный интеллект, авторское право, критерии творческого труда, автор произведения, право авторства, правовая защита.

Для цитирования: Осипова М. В., Рожкова Т.П. Правовое регулирование результатов творческой деятельности, созданных с помощью технологий искусственного// Современная наука и инновации. 2026. № 1. С. 237-248. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.1.22>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025;
одобрена после рецензирования 01.02.2026;
принята к публикации 01.03.2026.

Research article

Legal regulation of the results of creative activity created with the help of artificial intelligence technologies

Marina V. Osipova^{1*}, T.P. Rozhkova^{1,2}

^{1,2}Yaroslav-the-Wise Novgorod State University (41, Bolshaya Sankt-Peterburgskaya St., Veliky Novgorod, 173003, Russia)

¹sampaz@list.ru; [https:// ORCID: 0009-0003-4912-3087](https://orcid.org/0009-0003-4912-3087)

²toma.rozhkova.2002@mail.ru; [https:// ORCID: 0009-0003-4912-3087](https://orcid.org/0009-0003-4912-3087)

*Corresponding author: **Marina V. Osipova**, sampaz@list.ru:

Abstract. The development of artificial intelligence (AI) technologies in recent years has become one of the key factors in the transformation of the modern legal system. Machine learning algorithms, neural networks, and generative models are already capable of creating works that are indistinguishable from the results of human creativity.: texts, music, paintings, scripts, and even program code. The relevance of the topic is determined by the rapid introduction of AI into all areas of creative activity and the lack of a unified legal approach to regulating such results. The legislation of most countries, including the Russian Federation, was initially formed around the idea of human authorship, which presupposes the existence of a person with consciousness, will and the ability to create. Artificial intelligence, which has no subjective perception, calls into question these traditional criteria. This creates legal conflicts, from issues of authorship recognition to the distribution of property rights between the developer, the user, and AI technologies. Modern discussions focus on three key issues: the possibility of recognizing artificial intelligence as a subject of copyright; determining the status of a person using AI as a tool to create a work; and the need to adapt existing legislation. The formation of a stable legal model capable of combining innovative technologies and protecting the interests of intellectual property participants depends on solving these issues.

Key words: artificial intelligence, copyright, criteria of creative work, author of the work, the right of authorship.

For citation: Osipova M.V, Rozhkova T.P. Legal regulation of the results of creative activity created with the help of artificial intelligence technologies. *Modern Science and Innovations*. 2026;(1):237-248. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2026.1.22>

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

The article was submitted 01.12.2025;
approved after reviewing 01.02.2026;
accepted for publication 01.03.2026.

Введение.

Авторское право традиционно рассматривается как совокупность правовых норм, направленных на охрану результатов творческой деятельности в сфере науки, литературы и искусства. Оно возникло как ответ на необходимость признания за создателем произведения особого комплекса личных и имущественных прав, обеспечивающих возможность контроля над использованием созданного им результата творческого труда. В классическом понимании автором признаётся человек, чья деятельность носит творческий характер, а результат отличается новизной и оригинальностью.

В условиях цифровой трансформации общественных процессов данная концепция подвергается существенным изменениям. Цифровизация охватила не только технические и экономические аспекты, но и сферу творчества, где всё большую роль начинают играть автоматизированные алгоритмы и системы искусственного интеллекта. Программные

комплексы способны не просто обрабатывать данные, а создавать новые формы культурного и информационного контента, которые внешне ничем не отличаются от произведений, созданных с помощью творческого труда человека. Это ставит под сомнение ключевые категории авторского права, такие как: «автор», «творческий труд», «результат творческой деятельности».

Методы исследования.

Методологическую основу составляют общенаучные и частнонаучные методы, такие как: анализ, синтез, сравнение, формально-юридический и системный подход, а также метод правового моделирования, позволяющий выявить пробелы в действующем регулировании и предложить возможные пути их устранения. Теоретическую базу формируют работы отечественных и зарубежных учёных в области авторского права, цифровой экономики и правовых аспектов искусственного интеллекта.

Результаты исследования.

Согласно статье 1257 Гражданского кодекса Российской Федерации, автором произведения признаётся гражданин, творческим трудом которого оно создано. Закон исходит из презумпции человеческой природы творчества, что закрепляет антропоцентрическую модель авторского права[1]. Искусственный интеллект, напротив, представляет собой совокупность математических алгоритмов, выполняющих операции по заданным параметрам. Его деятельность не обладает элементами самосознания, намерения или эстетической оценки, что с юридической точки зрения исключает возможность признания его субъектом авторского права.

Тем не менее, развитие генеративных технологий ставит под сомнение абсолютность этого подхода. Современные ИИ-системы не ограничиваются выполнением механических функций, они способны к адаптивному обучению, саморазвитию и принятию решений, не всегда предсказуемых для создателя. Результат такой деятельности нередко содержит признаки творческого характера: уникальность, оригинальность и эстетическую ценность [2]. Это вызывает дискуссию о том, можно ли считать творчество искусственного интеллекта «вторичным» или «зависимым» по отношению к человеческому, или же речь идёт о формировании новой формы авторства.

В мировой правовой практике выработано несколько подходов к решению данной проблемы [3]. Первый, так называемый консервативный, предполагающий сохранение человеческой природы авторства и признание произведений, созданных ИИ, результатом деятельности разработчика или пользователя, применяющего систему. Второй, функциональный, при котором авторство связывается не с личностью, а с процессом создания произведения, в том числе автоматизированным. Третий, экспериментальный, основанный на признании искусственного интеллекта особым юридическим субъектом, обладающим ограниченной правосубъектностью для целей авторского права.

Особое значение в условиях цифровизации приобретает вопрос о критериях охраноспособности произведений. Классическое авторское право требует наличия творческого вклада и его достаточности, оригинальности формы и объективного выражения. В цифровой среде эти признаки размываются: произведения, созданные ИИ, могут быть уникальными по содержанию, но лишёнными творческого намерения. Поэтому при оценке охраноспособности всё чаще предлагается ориентироваться не на личность автора, а на качественные характеристики результата: новизну, оригинальность, общественную ценность и степень участия человека в процессе создания.

С теоретической точки зрения возникает необходимость пересмотра концепции «творческого труда». В традиционном смысле труд автора имеет индивидуальный и субъективный характер, предполагая осознание цели и замысла. При взаимодействии с ИИ творческая деятельность приобретает иной характер: она становится процессом постановки задачи и анализа полученных результатов. В этом контексте творчество можно рассматривать как интеллектуальное управление алгоритмом, где человек выступает в роли

куратора, а не непосредственного создателя. Такой подход постепенно формирует новое понимание авторства, как способности направлять технологию к созданию оригинального результата [4].

Системное развитие технологий ИИ актуализировало также вопрос об ответственности за нарушение авторских прав. Если искусственный интеллект создает произведение, схожее с уже существующим, кто несёт ответственность за плагиат: пользователь, разработчик или производитель системы? Отсутствие чётких критериев порождает риск злоупотреблений и судебных споров. В этом контексте особую роль играет доктрина презумпции авторства, закреплённая в международных актах, которая позволяет установить принадлежность произведения конкретному лицу до доказательства обратного [5].

Современный искусственный интеллект (ИИ) перестал быть исключительно инструментом автоматизации рутинных процессов. Он всё чаще используется для генерации контента, который обладает признаками оригинальности и новизны: может ли ИИ рассматриваться как самостоятельный субъект творческой деятельности, или же он остаётся лишь техническим средством в руках человека?

Для ответа на этот вопрос важно определить правовую природу искусственного интеллекта. В научной литературе под искусственным интеллектом понимается совокупность алгоритмов, моделей и систем, способных к самообучению, анализу информации и принятию решений без непосредственного участия человека. Определение искусственного интеллекта закреплено в законодательстве РФ с 2019 года в Указе Президента Российской Федерации от 10.10.2019 №490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (Национальная стратегия развития ИИ на период до 2030 года). Согласно этому определению, ИИ – это комплекс технологических решений, который позволяет имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые как минимум с результатами интеллектуальной деятельности человека [6].

Однако эти характеристики не означают наличия у ИИ правосубъектности в юридическом смысле. Несмотря на это, в мировой юридической науке активно обсуждается возможность предоставления ИИ особого статуса «электронного лица». Подобная идея была предложена Европейским парламентом ещё в 2017 году в контексте разработки рекомендаций по регулированию робототехники. Суть концепции заключалась в признании ИИ ограниченной правосубъектностью для целей ответственности и владения интеллектуальными правами. Однако данный подход вызвал серьёзную критику, поскольку признание машин субъектами права противоречит основополагающим принципам правовой системы, где субъектом может быть только человек или организация, созданная людьми.

Вместе с тем, даже не обладая правосубъектностью, искусственный интеллект может рассматриваться как инструмент творческой деятельности, оказывающий существенное влияние на процесс создания произведений. По своей сути ИИ выполняет функцию соавтора, но без юридического признания этого статуса. Человек, использующий систему, задаёт параметры, формулирует задачу и выбирает наиболее удачный результат, а значит, проявляет творческую инициативу и делает интеллектуальный выбор. Именно это позволяет рассматривать его в качестве автора, а ИИ является средством реализации замысла [7].

Такой подход закреплён в практике ряда стран. Например, в США Бюро по авторским правам в 2023 году отказало в регистрации произведения, полностью созданного искусственным интеллектом, мотивировав решение отсутствием человеческого авторства. Однако в случаях, когда человек вносит творческий вклад, например, корректирует сгенерированный материал, отбирает элементы или дорабатывает результат, право может быть признано за ним. Аналогичная позиция прослеживается в судебной практике

Великобритании и Германии, где акцент делается на оценке степени участия человека в процессе генерации контента.

Однако часть исследователей придерживается другой позиции, согласно которой искусственный интеллект способен самостоятельно создавать различные результаты творческой деятельности, и, следовательно, самостоятельно выступать субъектом творчества, но необходимо определить его правовую природу. И правовая система в таком случае должна следовать за технологическим прогрессом и отражать его реалии, например, для результатов творческой деятельности, созданных с помощью технологий искусственного интеллекта, возможно закрепление специального правового режима – коллективное авторство либо общественное достояние. Такая концепция позволила бы учитывать интересы пользователей, разработчиков и общества в целом, а также сохранение классических принципов авторского права.

Представляет интерес идея распределенного авторства, предполагающая принадлежность произведения нескольким лицам, в зависимости от их вклада и степени участия в процессе создания произведения. Согласно данной идее права будут распределены между программистами, разработчиками обучающих моделей и пользователями систем искусственного интеллекта. Подобный подход частично используется в качестве базового принципа при составлении лицензионных соглашений компаний, предоставляющих сервисы генеративного искусственного интеллекта, к примеру, компании OpenAI, Adobe и Midjourney.

Наряду с вопросами распределения авторских прав и проблемами авторства для результатов творческой деятельности, созданных с помощью технологий искусственного интеллекта, дискуссионные вопросы вызывает еще одна глобальная проблема – распределение ответственности за возможные нарушения авторских прав. В доктрине действует классический для авторского права принцип, согласно которому ответственность несет человек, и в таком случае при использовании технологий искусственного интеллекта ответственность также будет возложена на пользователя, создающего запросы при работе с нейросетями. Однако технологии искусственного интеллекта находятся в процессе постоянного развития, и в будущем, вполне вероятно, могут стать полностью автономными, что исключит участие человека. И данная модель регулирования вопросов ответственности станет несостоятельной.

Правовое регулирование должно учитывать не только философские, но и практические аспекты проблемы. Одним из возможных решений является введение режима прав на результаты, созданные с использованием ИИ, где закрепляются обязанности пользователя и разработчика. При этом возникает необходимость разработки критериев разграничения между творчеством человека и машинной генерацией. Основным может стать степень участия человека: если его вклад носит творческий характер (отбор идей, редактирование, компиляция), произведение должно охраняться авторским правом; если же человек не вмешивается в процесс и результат создается полностью машиной, охрана может не предоставляться или осуществляться в особом порядке.

Отдельное внимание заслуживает вопрос о личных правах автора, таких как право на имя и защиту репутации. Эти права основаны на личной связи между автором и произведением. Следовательно, ИИ не может требовать указания «авторства» или права доступа к своему творчеству. Однако в качестве элемента прозрачности и соблюдения этических норм возможно введение обязательства обозначать участие ИИ при создании произведений, чтобы исключить введение в заблуждение потребителей [8].

Международная правовая практика демонстрирует широкий спектр подходов к определению авторства и регулированию прав на результаты, созданные с использованием искусственного интеллекта. Несмотря на глобальный характер цифровой трансформации, единообразной модели пока не выработано: каждое государство ищет баланс между охраной традиционных принципов авторского права и необходимостью адаптировать

нормы к новым технологическим реалиям. Рассмотрение зарубежного опыта позволяет выявить общие тенденции и определить, какие из них могут быть применимы в российской правовой системе.

Одним из наиболее консервативных подходов является американская модель. В Соединённых Штатах авторское право основывается на положении, что произведение должно быть «создано человеком». Это прямо вытекает из положений Copyright Act 1976 года и подтверждается судебной практикой. В 2023 году Бюро по авторским правам США (U.S. Copyright Office) официально отказало в регистрации графического изображения, созданного нейросетью без участия человека, ссылаясь на то, что произведение, лишённое человеческого авторства, не может быть охраняемым объектом. В то же время Бюро допустило возможность частичной регистрации в случаях, когда человек выполняет творческую роль, например, редактирует, дорабатывает или компилирует результат, полученный от ИИ. Таким образом, американское право придерживается концепции человеческого авторства, признавая ИИ инструментом, а не субъектом творчества.

Похожую позицию занимает Великобритания, где в законодательстве присутствует особая оговорка, касающаяся компьютерно-созданных произведений. В соответствии с разделом 9(3) Copyright, Designs and Patents Act 1988, в случаях, когда произведение создано с помощью компьютера и нет человека-автора, автором считается лицо, «предпринявшее необходимые меры для его создания». Данная формулировка позволяет признать автором пользователя или разработчика программы, тем самым адаптируя традиционное право к цифровым реалиям. Однако, несмотря на гибкость этой нормы, судебная практика в Великобритании требует доказательства человеческого участия в творческом процессе.

Европейский союз в целом придерживается осторожного и взвешенного подхода. В рамках директив ЕС об авторском праве (в частности, Директива 2019/790 Европейского парламента и Совета от 17 апреля 2019 года об авторском праве и смежных правах на едином цифровом рынке) не содержится положений, прямо регулирующих авторство ИИ-произведений. Тем не менее, Европейская комиссия и Европарламент активно обсуждают необходимость обновления правовых рамок. В 2020 году Европейский парламент опубликовал резолюцию Европейского парламента «Об интеллектуальных правах в сфере развития технологий искусственного интеллекта», где подчеркнул, что произведения, созданные полностью без участия человека, не должны получать охрану, однако результаты совместного творчества человека и ИИ могут подпадать под существующие нормы при условии наличия человеческого вклада. Таким образом, европейская модель строится на идее «человекоцентричного авторства», придавая приоритет человеческому фактору, но не отрицая роли технологий в создании объектов авторского права.

Германия также остаётся верна антропоцентрическому принципу. Немецкое законодательство закрепляет, что автором может быть только физическое лицо, обладающее «личным духовным вкладом». При этом активно обсуждается возможность введения правового режима для «производных автоматизированных произведений», а именно объектов, созданных при помощи ИИ, где основное авторство принадлежит человеку, но допускается признание технологического соавторства. Данная доктрина в целом стремится к сохранению концепции духовного творчества, рассматривая ИИ как продолжение человеческого разума, а не самостоятельный источник креативности.

В Франции вопрос о правовом статусе ИИ-произведений обсуждается с начала 2010-х годов. Национальное агентство по интеллектуальной собственности (INPI) придерживается позиции, согласно которой любые произведения, созданные искусственным интеллектом, могут охраняться только в том случае, если в их создании присутствовал человеческий замысел. Однако французская доктрина допускает возможность признания за разработчиком ИИ или владельцем программного обеспечения определённых смежных прав, аналогичных правам продюсера или издателя. Это компромиссное решение позволяет стимулировать инновации и при этом не подрывает концепцию человеческого авторства.

Принципиально иная ситуация наблюдается в Китае, где цифровизация и искусственный интеллект рассматриваются как ключевые элементы национальной стратегии развития. Китайские суды уже рассматривали дела, связанные с ИИ-произведениями. Одним из первых стал процесс по делу Tencent vs. Yingxun Technology Ltd. (2020 г.), в котором суд признал охраноспособность статьи, созданной ИИ-системой «Dreamwriter», разработанной Tencent. Суд указал, что произведение обладает оригинальностью и индивидуальными признаками, а потому заслуживает защиты, при этом автором признана компания-разработчик. Этот случай стал прецедентом для азиатского региона и фактически утвердил корпоративное авторство как возможную форму владения правами на результаты, созданные с помощью алгоритмов машинного обучения.

В Японии в последние годы активно ведётся работа над законодательством, регулирующим использование ИИ в сфере творчества. Министерство экономики, торговли и промышленности предложило концепцию, по которой результаты генерации ИИ могут находиться в свободном обороте, если не содержат существенного человеческого вклада. Такой подход предполагает баланс между защитой интересов авторов и стимулированием инноваций. Он также направлен на предотвращение монополизации рынка крупными корпорациями, владеющими ИИ-технологиями.

Сингапур, Южная Корея и Израиль придерживаются прагматичного пути, вводя элементы договорного регулирования. В этих странах действуют рекомендации для компаний, использующих генеративный ИИ: в договорах прямо указывается, кому принадлежат исключительные права на созданный контент. Это позволяет обеспечить правовую определённость без необходимости пересматривать основополагающие принципы авторского права [9].

В контексте международных договоров ключевую роль продолжают играть Бернская конвенция по охране литературных и художественных произведений (1886 г.) и Всемирная конвенция об авторском праве или Парижская конвенция (1952 г.). Обе основываются на презумпции человеческого авторства и не содержат положений, касающихся машинного творчества. Однако Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС) уже инициировала серию исследований и консультаций, направленных на выработку международных стандартов регулирования ИИ-объектов. В 2020 году ВОИС представила «Проект концептуального документа по вопросам, касающимся политики в области интеллектуальной собственности и искусственного интеллекта», где предложила рассматривать различные сценарии: от полного отказа в охране машинных произведений до введения sui generis-режимов (особых форм охраны).

На основе анализа зарубежных практик можно выделить несколько моделей регулирования:

1) Антропоцентрическая модель – охрана предоставляется только при наличии человеческого авторства (США, Германия, Франция).

2) Технологически нейтральная модель – допускает охрану при минимальном участии человека, если результат обладает оригинальностью (Великобритания, ЕС в перспективе).

3) Корпоративная модель – автором или правообладателем признаётся компания-создатель ИИ (Китай).

4) Открытая модель – результаты генерации ИИ находятся в свободном доступе (Япония, частично Южная Корея).

Каждая из этих моделей отражает особенности правовой традиции и экономических интересов государства. Западные страны стремятся сохранить индивидуалистическую природу авторского права, в то время как азиатские государства рассматривают ИИ как инструмент национального технологического развития.

Сравнительный анализ показывает, что ни одна из моделей не является универсальной. Наиболее перспективным видится гибридный подход, при котором право

признаёт за человеком исключительные права на произведения, созданные при участии ИИ, но вводит специальные правила для случаев полной автономной генерации. Такой режим может включать обязательное указание участия искусственного интеллекта, упрощённый порядок регистрации и ограниченный срок охраны. Подобная модель позволит обеспечить баланс между защитой творцов и стимулированием развития технологий.

Российская правовая система на сегодняшний день не содержит специальных норм, регулирующих авторские права на результаты, созданные с использованием технологий искусственного интеллекта [10]. При этом отечественная научная и экспертная среда активно обсуждает необходимость адаптации законодательства к новым условиям цифровой экономики. С развитием генеративных технологий возникает всё больше ситуаций, когда степень участия человека в создании произведения минимальна. В этих случаях традиционные нормы оказываются неприменимыми, а определение правообладателя становится проблематичным [11].

В научных кругах России выработались несколько подходов к решению проблемы. Первый, строго антропоцентрический, согласно которому право должно сохранять привязку к личности автора. Его сторонники считают, что признание ИИ субъектом права подорвёт фундаментальные основы правопорядка, основанные на свободе воли и личной ответственности. Второй подход, функциональный, предполагающий возможность защиты результатов генерации ИИ при условии, что они обладают признаками оригинальности и общественной ценности. При этом автором может признаваться лицо, инициировавшее процесс создания или владеющее программным обеспечением. Третий подход, проектный, ориентированный на создание нового правового режима для ИИ-произведений, аналогичного патентной охране, но с ограниченными сроками и объемом прав.

На уровне судебной практики Россия пока не имеет прецедентов, прямо касающихся авторства ИИ. Однако можно выделить ряд дел, в которых суды косвенно затрагивали проблему автоматизации творчества. Так, при рассмотрении споров о компьютерных программах и базах данных суды подчёркивают необходимость творческого вклада человека, даже если программа создана с использованием шаблонных решений или автоматических инструментов, данный подход зафиксирован в постановлении Пленума Верховного Суда РФ от 23 апреля 2019 года №10 «О применении части четвёртой Гражданского кодекса Российской Федерации» [12]. Этот подход может быть распространён и на ИИ-произведения, что позволит сохранить критерий человеческого участия как условие для предоставления правовой охраны.

Особую актуальность проблема приобретает в связи с развитием генеративных систем, способных создавать тексты, изображения и музыку, неотличимые от человеческого творчества. Одним из возможных решений является введение обязательного указания об участии искусственного интеллекта при создании произведения. Это обеспечит прозрачность и позволит различать человеческое и машинное творчество. Аналогичные рекомендации уже выдвигались Европейской комиссией и рядом российских специалистов в области права ИТ. Такая мера не требует признания ИИ субъектом права, но способствует формированию этической и правовой культуры обращения с цифровыми результатами. В качестве примера можно привести созданный учёными НИУ ВШЭ для решения проблем с академической этикой «Кодекс этики использования искусственного интеллекта (ИИ) в образовании».

В перспективе также обсуждается возможность разработки особого правового режима для результатов, созданных ИИ. Такой режим мог бы предусматривать следующие особенности:

- ограниченный срок охраны (например, 10 лет);
- предоставление прав владельцу системы или заказчику;
- отсутствие личных неимущественных прав (поскольку ИИ не может иметь личные права по своей природе);

– обязательное указание факта участия ИИ при коммерческом использовании произведения.

Этот подход соответствует идее «цифрового компромисса», позволяющего сохранить правовую определённость и стимулировать инновации, не разрушая традиционные основы авторского права.

Перспективным направлением видится внесение изменений в Гражданский кодекс в части уточнения критериев творческого вклада при использовании автоматизированных систем. Например, возможно введение понятия «производные результаты интеллектуальной деятельности, созданные с применением искусственного интеллекта», что позволит закрепить промежуточную категорию между классическим авторским произведением и техническим результатом. Это даст возможность учитывать специфику ИИ-творчества без признания машины автором.

Не менее важным аспектом является вопрос об ответственности за нарушения авторских прав при использовании ИИ. На практике нередко возникают ситуации, когда система случайно воспроизводит элементы чужих произведений, заложенные в обучающих данных. При отсутствии прямого контроля человека установить виновное лицо сложно. Решением может стать введение режима «обратной ответственности», при котором ответственность несёт владелец или оператор системы, если не доказано иное. Такой подход согласуется с принципом риска и широко используется в смежных областях, например, при эксплуатации источников повышенной опасности.

Научное сообщество предлагает также развивать саморегулирование в сфере ИИ. Например, компании-разработчики могут создавать отраслевые кодексы этики, где фиксируются правила использования ИИ в творчестве, порядок признания авторства и распределения прав. Подобная практика уже формируется в IT-отрасли и может стать базой для будущего законодательства.

Итак, анализ теоретической базы показал, что традиционное понимание авторства и вопросов авторства для объектов, созданных с помощью технологий ИИ, является антропоцентричным. Законодательство различных стран неразрывно связывает возникновение авторских прав с личностью автора, то есть гражданина, творческим трудом которого создано произведение. Именно человек способен обладать сознанием, волей для создания оригинального, уникального объекта авторского права. Однако не стоит отрицать, что искусственный интеллект стал значимым инструментом для творческой деятельности и способен создавать объекты, не отличимые от объектов авторского права, созданных человеком.

Единого подхода к решению данной проблемы в законодательстве зарубежных стран не выявлено. Ряд стран, к которым относятся Франция, Германия и США, придерживаются строгого антропоцентричного подхода, то есть принципа человеческого авторства. Однако в законодательстве Великобритании закреплены компьютерно-созданные произведения и статус автора таких изобретений. Нормативно-правовые акты Японии и Китая закрепляют корпоративную модель регулирования. Таким образом, мы можем сделать вывод, что на современном этапе развития технологий авторское право должно трансформироваться и учитывать современные реалии, именно поиск компромисса между классическими принципами авторского права и неизбежным технологическим прогрессом позволит обеспечить наиболее полную защиту прав и интересов авторов. Искусственный интеллект – это инструмент, удобное, технологичное средство для обработки информации, генерации текстов и идей, но именно человек использует данный инструмент в своей работе. И творческая составляющая человеческого труда заключается в том, что человек использует в качестве инструмента для выражения собственных идей генеративные сети, формирует запросы, редактирует итоговый результат работы.

Законодательство Российской Федерации является примером антропоцентричной, консервативной модели. Автором произведения может являться только человек, а именно, в соответствии с ГК РФ: «гражданин, творческим трудом которого создано произведение». Научное сообщество рассматривает возможность изменения законодательства и обновления положений об авторском праве, в перспективе возможно закрепление особого правового режима для результатов творческой деятельности, созданных с помощью технологий искусственного интеллекта. Особенности данного режима являются: ограниченный срок охраны, отсутствие личных неимущественных прав и обязательное указание факта использования ИИ при создании произведения.

Также стоит закрепить степень творческого вклада человека в процессе создания объекта, созданного с помощью технологий ИИ, для закрепления за человеком авторских прав. Такой подход использует в своем законодательстве Великобритания. В данном правовом режиме авторское право будет возникать только при достаточном творческом участии человека. Все объекты, созданные полностью автоматизировано, могут находиться в свободном обороте. Итак, законодательство должно не просто отказаться от существующих базовых принципов авторского права, а напротив, адаптировать данные принципы и подходы к современному уровню развития технологий искусственного интеллекта, где человек является центральной фигурой.

Список литературы

1. Балашов Н. С. Особенности охраны искусственного интеллекта / Н. С. Балашов, М. В. Осипова // Миссия права 2023: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 30-летию принятия Конституции Российской Федерации, Великий Новгород, 09 апреля 2023 года. – Великий Новгород: Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, 2023. – С. 30-37. – DOI 10.34680/978-5-89896-886-1/2023.ML.04. – EDN DYYEUE.
2. Петров Д. В. Использование искусственного интеллекта в обучении: достоинства и недостатки / Д. В. Петров // Дни науки и инноваций НовГУ: Сборник статей студентов и молодых ученых. В 2-х частях. – Великий Новгород: Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, 2024. – С. 307-311. – EDN BBRNKF.
3. Кривенко Е. А. Вопросы правового регулирования искусственного интеллекта в Российской Федерации и за рубежом / Е. А. Кривенко // Дни науки и инноваций НовГУ: Сборник статей студентов и молодых ученых. В 2-х частях. – Великий Новгород: Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, 2024. – С. 292-296. – EDN DYKLPS.
4. Маврина В. Ф. К вопросу о правах на произведения искусственного интеллекта / В. Ф. Маврина // Научные школы. Молодежь в науке и культуре XXI века: Материалы Международного научно-творческого форума (научной конференции), Челябинск, 24–25 ноября 2022 года. – Челябинск: Челябинский государственный институт культуры, 2023. – С. 114-117. – EDN VEMXLL.
5. Маврина В. Ф. Судебная защита интеллектуальных прав в области искусственного интеллекта / В. Ф. Маврина // Миссия права 2024: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Великий Новгород, 17 апреля 2024 года. – Великий Новгород: Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2024. – С. 85-91. – EDN CLHFIV.
6. Шупик В. О. О некоторых проблемах защиты авторского права в сети Интернет / В. О. Шупик // Научные школы. Молодежь в науке и культуре XXI века: Материалы Международного научно-творческого форума (научной конференции), Челябинск, 24–25 ноября 2022 года. – Челябинск: Челябинский государственный институт культуры, 2023. – С. 132-134. – EDN GCFAFW.
7. Семенов Е. Ю. К вопросу о возможности авторско-правовой охраны результатов деятельности искусственного интеллекта, сопоставимых с произведениями / Е. Ю. Семенов, С. Р. Коломиец // Вестник Уральского юридического института МВД России. – 2024. – № 2(42). – С. 49-54. – EDN QEPVYS.
8. Василевская Л. Ю. Кодекс этики для «искусственного интеллекта»: юридический миф и реальность / Л. Ю. Василевская // Гражданское право. – 2023. – № 2. – С. 19-22. – DOI 10.18572/2070-2140-2023-2-19-22. – EDN DBZHEK.

9. Михайлова И. А. Трансформации законодательства об авторском праве в условиях развития искусственного интеллекта / И. А. Михайлова // Современное право. – 2024. – № 9. – С. 90-95. – DOI 10.25799/NI.2024.22.82.014. – EDN VMHQYU.
10. Осипова, М. В. Искусственный интеллект в логистике: анализ потенциала и перспективы / М. В. Осипова, С. С. Ярославов // Наука и образование: достижения и перспективы: Материалы X Международной научно-практической конференции, Саратов, 29 мая 2025 года. – Самара - Саратов: ООО "Амирит", Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 264-267. – EDN NHIFNV.
11. Осипова, М. В. Цифровые трансформации финансов: новые возможности, риски и вызовы современного мира / М. В. Осипова, А. С. Савинова // Экономика, управление и финансы: новые подходы и решения: Тезисы докладов и выступлений Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, Донецк, 05–06 февраля 2025 года. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2025. – С. 555-558. – EDN VCRSEF.
12. Osipova, M. V. The Information security of computer games and problems associated with the protection of the rights of users and companies / M. V. Osipova, M. Yu. Petrov // Modern Science and Innovations. – 2024. – No. 3(47). – P. 211-219. – DOI 10.37493/2307-910X.2024.3.23. – EDN BSLOFN.

References

1. Balashov, N. S. Features of the Protection of Artificial Intelligence / N. S. Balashov, M. V. Osipova // Mission of Law 2023: Collection of Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the 30th Anniversary of the Adoption of the Constitution of the Russian Federation, Veliky Novgorod, April 9, 2023. – Veliky Novgorod: Novgorod State University named after Yaroslav the Wise. Yaroslav the Wise, 2023. – P. 30-37. – DOI 10.34680/978-5-89896-886-1/2023.ML.04. – EDN DYYEUE.
2. Petrov D. V. The Use of Artificial Intelligence in Education: Advantages and Disadvantages / D. V. Petrov // Days of Science and Innovation at NovSU: Collection of Articles by Students and Young Scientists. In 2 parts. – Veliky Novgorod: Yaroslav the Wise Novgorod State University, 2024. – Pp. 307-311. – EDN BBRNKFFit'o A. YU. Innovatsii v sfere kiberbezopasnosti v ehpokhu tsifrovizatsii / A. YU. Fit'o // Perspektivy razvitiya informatsionnykh sistem i tekhnologii v sovremennom obshchestve: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Orel, 31 maya 2024 goda. Orel: Orlovskii gosudarstvennyi universitet imeni I.S. Turgeneva, 2024. Pp. 511-515. EDN CRHVCA.
3. Krivenko, E. A. Issues of Legal Regulation of Artificial Intelligence in the Russian Federation and Abroad / E. A. Krivenko // Days of Science and Innovations at NovSU: Collection of Articles by Students and Young Scientists. In 2 Parts. – Veliky Novgorod: Yaroslav the Wise Novgorod State University, 2024. – Pp. 292-296. – EDN DYKLPS. 4. Mavrina, V. F. On the Issue of Rights to Works of Artificial Intelligence / V. F. Mavrina // Scientific Schools. Youth in Science and Culture of the 21st Century: Proceedings of the International Scientific and Creative Forum (Scientific Conference), Chelyabinsk, November 24–25, 2022. – Chelyabinsk: Chelyabinsk State Institute of Culture, 2023. – Pp. 114-117. – EDN VEMXLL.
4. Bogomazova N. L. Sovremennye media-ehlicheskie konflikty tsennostei / N. L. Bogomazova, G. V. Valeeva, A. V. Slobozhanin. Nauka i sovremennoe obshchestvo: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii: Sbornik statei II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Penza, 27 Marta 2020 goda. Penza: "Nauka i Prosveshchenie" (IP Gulyaev G.YU.), 2020. Pp. 137-140. EDN OKAIKK.
5. Mavrina, V. F. Judicial Protection of Intellectual Rights in the Field of Artificial Intelligence / V. F. Mavrina // Mission of Law 2024: Collection of Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Veliky Novgorod, April 17, 2024. – Veliky Novgorod: Yaroslav the Wise Novgorod State University, 2024. – Pp. 85-91. – EDN CLHFIV. 6. Shupik, V. O. On Some Problems of Copyright Protection on the Internet / V. O. Shupik // Scientific Schools. Youth in Science and Culture of the 21st Century: Proceedings of the International Scientific and Creative Forum (Scientific Conference), Chelyabinsk, November 24–25, 2022. – Chelyabinsk: Chelyabinsk State Institute of Culture, 2023. – Pp. 132-134. – EDN GCFAFW
6. Osipova M. V. The Information security of computer games and problems associated with the protection of the rights of users and companies / M. V. Osipova, M. Yu. Petrov. Modern Science and Innovations. . 2024. .No. 3(47). Pp. 211-219. DOI 10.37493/2307-910X.2024.3.23. –EDN BSLOFN.

7. Semenov, E. Yu. On the Possibility of Copyright Protection of Artificial Intelligence Results Comparable to Works / E. Yu. Semenov, S. R. Kolomiets // Bulletin of the Ural Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. – 2024. – No. 2(42). – Pp. 49-54. – EDN QEPBYS.
8. Vasilevskaya L. Y. Code of Ethics for "artificial intelligence": legal myth and reality / L. Y. Vasilevskaya // Civil law. – 2023. – No. 2. – pp. 19-22. – DOI 10.18572/2070-2140-2023-2-19-22. – EDN DBZHEK.
9. Mikhailova I. A. Transformations of Copyright Legislation in the Context of the Development of Artificial Intelligence / I. A. Mikhailova // Modern Law. – 2024. – No. 9. – Pp. 90-95. – DOI 10.25799/NI.2024.22.82.014. – EDN BMHQY.
10. Osipova, M. V. Artificial Intelligence in Logistics: Analysis of Potential and Prospects / M. V. Osipova, S. S. Yaroslavov // Science and Education: Achievements and Prospects: Materials of the 10th International Scientific and Practical Conference, Saratov, and May 29, 2025. – Samara - Saratov: Amirit LLC, Privolzhsky State University of Railway Engineering, 2025. – Pp. 264-267. – EDN NHIFNV.
11. Osipova, M. V. Digital Transformations of Finance: New Opportunities, Risks, and Challenges in the Modern World / M. V. Osipova, A. S. Savinova // Economics, Management, and Finance: New Approaches and Solutions: Abstracts of Papers and Presentations at the All-Russian (with International Participation) Scientific and Practical Conference, Donetsk, February 05–06, 2025. – Donetsk: Donetsk National University, 2025. – Pp. 555-558. – EDN VCRSEF.
12. Osipova, M. V. The Information Security of Computer Games and Problems Associated with the Protection of the Rights of Users and Companies / M. V. Osipova, M. Yu. Petrov // Modern Science and Innovations. – 2024. – No. 3(47). – P. 211-219. – DOI 10.37493/2307-910X.2024.3.23. – EDN BSLOFN.

Информация об авторах

Марина Владимировна Осипова кандидат технических наук, и.о. заведующего кафедрой права интеллектуальной собственности, ФГБОУ ВО Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, sampaz@list.ru

Алена Евгеньевна Лискун, магистрант, кафедра права интеллектуальной собственности ФГБОУ ВО Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, alionaliskun@gmail.com

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации

Information about the authors

Osipova Marina Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Acting Head of the Department of Intellectual Property Law, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University

Liskun A.E., magister, Department of Intellectual Property Law, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, alionaliskun@gmail.com

Authors' contribution: All authors contributed equally to the preparation of the publication.



**Требования к оформлению и сдаче рукописей в редакцию журнала
«СОВРЕМЕННАЯ НАУКА И ИННОВАЦИИ»**
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-51370
от 10 октября 2012г.
ISSN: 2307-910X

Редакция журнала сотрудничает с авторами – преподавателями вузов, научными работниками, аспирантами, докторантами и соискателями ученых степеней

Журнал публикует материалы в разделах:

Технические науки: классические исследования и инновации

Информатика, вычислительная техника и управление

Технология продовольственных продуктов

Дискуссионные статьи

Краткие сообщения

Политические науки

Политология

Материалы в редакцию журнала принимаются в соответствии с требованиями к оформлению и сдаче рукописей постоянно и публикуются после обязательного внутреннего рецензирования и решения редакционной коллегии в порядке очередности поступления с учётом рубрикации номера.

1. Для оптимизации редакционно-издательской подготовки редакция принимает от авторов рукописи и сопутствующие им необходимые документы в следующей комплектации:

1.1. В печатном варианте:

Отпечатанный экземпляр рукописи

Объем статьи: 6–12 страниц (оригинальная статья), 15–20 стр. (обзорная статья), 2–3 стр. краткое сообщение. Требования к компьютерному набору: формат А4; кегль 12; шрифт TimesNewRoman; межстрочный интервал 1,15; нумерация страниц внизу по центру; поля все 2 см; абзацный отступ 1,25 см.

Сведения об авторе (на русском и английском языках)

Сведения должны включать следующую информацию: ФИО (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, место и адрес работы, адрес электронной почты и телефоны для связи.

1.2. На электронном носителе в отдельных файлах (CD-DVD диск или флеш-карта): Электронный вариант рукописи в текстовом редакторе Word (название файла: «Фамилия_И.О._статья»); Сведения об авторе (название файла: «Фамилия_И.О._сведения об авторе»).

1.3. Отзыв научного руководителя (для аспирантов, адъюнктов и соискателей). Подписывается научным руководителем собственноручно.

1.4. Рецензия специалиста в данной научной сфере, имеющего ученую степень. Подпись рецензента должна быть заверена соответствующей кадровой структурой (рецензия должна быть внешней по отношению к кафедре или другому структурному подразделению, в котором работает автор).

1.5. Экспертное заключение (для технических наук). Во всех институтах созданы экспертные комиссии, которые подписывают экспертные заключения о возможности опубликования статьи в открытой печати.

2. Статья должна содержать следующие элементы оформления:

индекс УДК (на русском и английском языках);

фамилию, имя, отчество автора (авторов) (имя и отчество полностью) (на русском и английском языках);

название; (на русском и английском языках);

место работы автора (авторов) (в скобках в именительном падеже) (на русском и английском языках);

краткую аннотацию содержания рукописи (3–4 строчки, не должны повторять название) (на русском и английском языках);

список ключевых слов или словосочетаний (5–7) (на русском и английском языках);

в конце статьи реферат на английском языке;

3. Оформление рисунков, формул и таблиц:

Рисунки и таблицы вставляются в 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

№4, 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 14.12.2025

Выход в свет 29.12.2025

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