

Print ISSN 1991-6639
Online ISSN 2949-1940

Том 27 № 4



2025

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН



DOI: 10.35330/1991-6639

12+

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук» (КБНЦ РАН)

Научный журнал

ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

Том 27 № 4 2025

Сквозной номер выпуска – 126

Журнал основан в 1998 г. Выходит 6 раз в год

ISSN 1991-6639 (печатная версия), ISSN 2949-1940 (электронная версия)

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-14936 от 20 марта 2003 г. выдано Министерством
Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

360010, Российская Федерация, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2
E-mail: ired07@mail.ru

© КБНЦ РАН, 2025

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation
Federal State Budgetary Scientific Establishment “Federal Scientific Center
“Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences” (KBSC RAS)

Science journal

NEWS OF THE KABARDINO-BALKARIAN SCIENTIFIC CENTER OF RAS

Vol. 27 No. 4 2025

Continuous issue number – 126

The journal was founded in 1998, 6 issues per year

ISSN 1991-6639 (print), ISSN 2949-1940 (online)

Certificate of registration PI No. 77-14936 March 20, 2003 issued by the Ministry
of Russian Federation of Press, Broadcasting and Mass Communications

ADDRESS OF THE EDITORIAL OFFICE:

360010, Russian Federation, Kabardino-Balkarian, Nalchik, 2 Balkarov street
E-mail: ired07@mail.ru

© KBSC RAS, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН Том 27 № 4 2025

<u>Редакционная коллегия</u>	5
---	---

Информационные технологии и телекоммуникации

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Цифровой двойник SCADA-интегрированной станции СІР-мойки <i>В. С. АРТЕМЬЕВ</i>	11
---	----

Информатика и информационные процессы

Анализ ограничений мобильных сетей и потенциала распределенных вычислений на смартфонах <i>Ф. И. ИСАЕВ, Г. Н. ИСАЕВА</i>	24
Современные методы поддержки принятия решений в управлении товарными запасами с применением RFID-технологий <i>Д. В. ТРИПОЛЕВА</i>	35

Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования

Моделирование устойчивости откоса по различным кривым скольжения <i>К. Н. АНАХАЕВ, А. С. БЕСТУЖЕВА, В. В. БЕЛИКОВ, А. Б. БАЛКИЗОВ, М. О. МАМЧУЕВ</i>	55
---	----

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Применимость оценки структуры микробиома эндофитных грибов семенного материала в селекции мягкой яровой пшеницы <i>Ф. ДУКСИ, Г. Н. БОНДАРЕНКО, В. А. БУРЛУЦКИЙ, Ю. В. ЦВЕТКОВА, Г. О. ДЕКИН, Н. В. ДАВЫДОВА</i>	70
Влияние хелатных удобрений Органомикс на урожайность кукурузы в условиях предгорной зоны КБР <i>М. С. СИДАКОВА, Е. Г. ЯКУШЕНКО</i>	85

Экономика

Региональная и отраслевая экономика

Генезис теории надежности транспортно-логистической инфраструктуры в контексте устойчивого развития Арктической зоны и Северного морского пути <i>С. Е. БАРЫКИН, О. В. КОМПАНИЙЦЕВА</i>	94
Распределение базисных факторов (земли и труда) в сельском хозяйстве России в межпереписной период 2006–2016 гг. <i>М. Ш. ГАЗАЕВА</i>	104

Развитие профессионального потенциала государственных служащих в условиях преодоления внешних вызовов <i>М. Ю. ДЖАМАЛУДИНОВА</i>	114
Моделирование экономической безопасности регионов России с использованием методов корреляции, РСА и кластеризации <i>И. А. КИСЕЛЕВА, А. М. ТРАМОВА, Р. Р. НИКОЛАЕНКО</i>	124
Механизм снижения технологического разрыва университетом в структуре инвестиционной политики <i>Р. Р. САЛГИРИЕВ, Б. Б. САТУЕВ</i>	136
Стратегические направления пространственного развития животноводства <i>Л. П. СИЛАЕВА, С. А. АЛЕКСЕЕВ, А. С. ДИДЫК</i>	145

Исторические науки

Приставские управления на Центральном Кавказе в 30–50-е гг. XIX в. в современной историографии <i>А. Р. БЕППАЕВ</i>	155
Органы охраны общественного порядка в Терской области в XIX – начале XX века в трудах современных исследователей <i>И. М. ДАБАГОВА</i>	163
Этапы и закономерности национально-государственного строительства в Республике Южная Осетия <i>А. Д. ДЗИДЗОЕВ, В. Д. ДЗИДЗОЕВ</i>	173

Юбиляры

<i>Сергею Евгеньевичу Барыкину – 50 лет</i>	182
<i>Евгению Алексеевичу Симакову – 75 лет</i>	183

Правила для авторов журнала	185
--	-----

CONTENTS

News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS Vol. 27 No. 4 2025

Editorial Board	5
------------------------------	---

Information Technologies and Telecommunications

Automation and control of technological processes and productions

Digital twin for CIP-washing station with SCADA system. <i>V.S. ARTEMYEV</i>	11
---	----

Informatics and information processes

Analysis of limited mobile networks and the potential of distributed mobile computing <i>F.I. ISAEV, G.N. ISAEVA</i>	24
Modern decision support methods in inventory management with RFID technologies <i>D.V. TRIPOLEVA</i>	35

Computer modeling and design automation

Modeling slope stability according to various sliding curves <i>K.N. ANAKHAEV, A.S. BESTUZHEVA, V.V. BELIKOV</i> <i>A.B. BALKIZOV, M.O. MAMCHUEV</i>	55
--	----

Agronomy, Forestry and Water Management

Agrochemistry, agrosil science, plant protection and quarantine

Applicability assessment for seed endophytic fungal microbiome structure in the breeding of soft spring wheat <i>F. DUKSI, G.N. BONDARENKO, V.A. BURLUTSKIY,</i> <i>Yu.V. TSVETKOVA, G.O. DEKIN, N.V. DAVYDOVA</i>	70
The effect of chelated fertilizers Organomix on corn yield in the foothills of the KBR <i>M.S. SIDAKOVA, E.G. YAKUSHENKO</i>	85

Economy

Regional and sectoral economics

Origin of transport and logistics infrastructure reliability theory in the context of sustainable development of the Arctic zone and the Northern Sea Route <i>S.E. BARYKIN, O.V. KOMPANIITSEVA</i>	94
Distribution of basic factors (land and labor) in agriculture in Russia in the inter-census period 2006–2016 <i>M.Sh. GAZAEVA</i>	104

Development of professional potential of civil servants under the terms of overcoming external challenges <i>M.Yu. DZHAMALUDINOVA</i>	114
Modeling economic security of Russian regions using correlation, PCA and clustering methods <i>I.A. KISELEVA, A.M. TRAMOVA, R.R. NIKOLAENKO</i>	124
Mechanism of reducing technological gap by university in investment policy structure <i>R.R. SALGIRIEV, B.B. SATUEV</i>	136
Strategic directions for spatial development of animal husbandry <i>L.P. SILAEVA, S.A. ALEKSEEV, A.S. DIDYK</i>	145

Historical Sciences

Bailiff offices in the Central Caucasus in the 1830s–1850s in modern historiography <i>A.R. BEPPAEV</i>	155
The works of modern researchers on the public order enforcement agencies in the Terek region during the 19th and early 20th centuries <i>I.M. DABAGOVA</i>	163
Stages and regularities of national and state building in the Republic of South Ossetia <i>A.D. DZIDZOEV, V.D. DZIDZOEV</i>	173

Anniversaries

<i>Sergey Evgenievich Barykin is 50 years old</i>	182
<i>Evgeniy Alekseevich Simakov is 75 years old</i>	183

Publishing regulations for the authors	185
---	-----

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:

Иванов Петр Мацович, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Заместитель главного редактора:

Улаков Махти Зейтунович, доктор филологических наук, профессор, Институт гуманитарных исследований – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Ответственный секретарь:

Энеева Лиана Магометовна, кандидат физико-математических наук, Институт прикладной математики и автоматизации – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Члены редакционной коллегии:

Абазов Алексей Хасанович, доктор исторических наук, Институт гуманитарных исследований – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Адуков Рухман Хасанович, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

Алтухов Анатолий Иванович, академик РАН, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

Амирханов Хизри Амирханович, академик РАН, доктор исторических наук, профессор, Институт археологии РАН, Москва, Россия

Бабенко Людмила Клементьевна, доктор технических наук, профессор, Таганрогский технологический институт ЮФУ, Таганрог, Россия

Барыкин Сергей Евгеньевич, доктор экономических наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Высшая школа сервиса и торговли, Санкт-Петербург, Россия

Бижоев Борис Чамалович, доктор филологических наук, Институт гуманитарных исследований – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Гукеев Владимир Мицахович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Институт сельского хозяйства – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Дзамихов Касболат Фицевич, доктор исторических наук, профессор, Институт гуманитарных исследований – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Дзюба Владимир Алексеевич, доктор биологических наук, профессор, неаффилированный ученый, Краснодар, Россия

Дохолян Сергей Владимирович, доктор экономических наук, профессор, Федеральный научно-исследовательский социологический центр РАН, Москва, Россия

Завалин Алексей Анатольевич, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, Москва, Россия

Закшевский Василий Георгиевич, академик РАН, доктор экономических наук, профессор, Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района РФ, Воронеж, Россия

Иванов Анатолий Беталович, доктор биологических наук, профессор, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Кибилов Алихан Яковлевич, доктор экономических наук, профессор, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

Клейнер Георгий Борисович, член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия

Комков Николай Иванович, доктор экономических наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, Санкт-Петербург, Россия

Котляков Владимир Михайлович, академик РАН, доктор географических наук, профессор, Институт географии РАН, Москва, Россия

Кузьминов Валерий Васильевич, доктор физико-математических наук, Баксанская нейтринная обсерватория – центр коллективного пользования Института ядерных исследований РАН, Нейтрино, Приэльбрусье, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Кусраев Анатолий Георгиевич, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Владикавказский научный центр РАН, Владикавказ, РСО–Алания, Россия

Мазлоев Виталий Зелимханович, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

Малкандуев Хамид Алиевич, доктор сельскохозяйственных наук, Институт сельского хозяйства – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Мамбетова Фатимат Абдуллаховна, доктор экономических наук, доцент, Институт информатики и проблем регионального управления – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Маслиенко Любовь Васильевна, доктор биологических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта, Краснодар, Россия

Матишов Геннадий Григорьевич, академик РАН, доктор географических наук, профессор, Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Россия

Махощева Салима Александровна, доктор экономических наук, Институт информатики и проблем регионального управления – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Нагоев Залимхан Вячеславович, кандидат технических наук, Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Нечаев Василий Иванович, доктор экономических наук, профессор, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

Попков Юрий Соломонович, академик РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление», Москва, Россия

Псху Арсен Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент, Институт прикладной математики и автоматизации – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Пшихопов Вячеслав Хасанович, доктор технических наук, профессор, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Рехвиашвили Серго Шотович, доктор физико-математических наук, Институт прикладной математики и автоматизации – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Ронжин Андрей Леонидович, доктор технических наук, профессор, профессор РАН, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

Савин Игорь Юрьевич, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Российский университет дружбы народов, департамент рационального природопользования Института экологии, Москва, Россия

Семин Александр Николаевич, академик РАН, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Уральский государственный университет, Институт мировой экономики, Екатеринбург, Россия

Симаков Евгений Алексеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха, Москва, Россия

Склярков Игорь Юрьевич, доктор экономических наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

Склярова Юлия Михайловна, доктор экономических наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

Стемпковский Александр Леонидович, академик РАН, доктор технических наук, профессор, Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН, Москва, Россия

Супрунов Анатолий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко, Краснодар, Россия

Темботова Фатимат Асланбиевна, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, Институт экологии горных территорий им. А. К. Темботова РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Трамова Азиза Мухамадияевна, доктор экономических наук, доцент, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Москва, Россия

Филюшин Михаил Александрович, кандидат биологических наук, Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия

Чочаев Алим Хусеевич, доктор экономических наук, профессор, Федеральное государственное унитарное предприятие «Агронаучсервис», Москва, Россия

Шевхужев Анатолий Фоадович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

Шогенов Юрий Хасанович, академик РАН, доктор технических наук, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Москва, Россия

Янбых Рената Геннадьевна, член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, доцент, профессор РАН, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief:

Petr M. Ivanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Deputy Editor in Chief:

Makhti Z. Ulakov, Doctor of Philology, Professor, Institute for Humanitarian Research – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Responsible Secretary:

Liana M. Eneeva, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Institute of Applied Mathematics and Automation – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Members of the Editorial Board:

Aleksey Kh. Abazov, Doctor of Historical Sciences, Institute for Humanitarian Research – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Rukhman Kh. Adukov, Doctor of Economics, Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Federal Research Center for Agricultural Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Research Institute of Economics of Agriculture, Moscow, Russia

Anatoly I. Altukhov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Federal Research Center for Agricultural Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Research Institute of Economics of Agriculture, Moscow, Russia

Khizri A. Amirkhanov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Historical Sciences, Professor, Institute of Archeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Lyudmila K. Babenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Taganrog Institute of Technology, Southern Federal University, Taganrog, Russia

Sergey E. Barykin, Doctor of Economics, Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Higher School of Service and Trade, St. Petersburg, Russia

Boris Ch. Bizhoyev, Doctor of Philology, Institute for Humanitarian Research – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Vladimir M. Gukezhev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Agriculture – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Kasbolat F. Dzamikhov, Doctor of Historical Sciences, Professor, Institute for Humanitarian Research – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Vladimir A. Dzyuba, Doctor of Biological Sciences, Professor, nonaffiliated scientist, Krasnodar, Russia

Sergey V. Dokholyan, Doctor of Economics, Professor, Federal Center of Theoretical and Applied Sociology of RAS, Moscow, Russia

Aleksey A. Zavalin, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, Russia

Vasily G. Zakshevsky, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Research Institute for Economics and Organization of the Agro-Industrial Complex of the Central Black Earth Region of the Russian Federation, Voronezh, Russia

Anatoly B. Ivanov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Alikhan Ya. Kibirov, Doctor of Economics, Professor, Federal Scientific Center for Agricultural Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia

Georgy B. Kleiner, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Nikolai I. Komkov, Doctor of Economics, Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Institute of Economic Forecasting of RAS, St. Petersburg, Russia

Vladimir M. Kotlyakov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Valery V. Kuzminov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Baksan Neutrino Observatory – center of collective use of Institute for Nuclear Research, Neutrino, Elbrus region, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Anatoly G. Kusraev, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, North Ossetia – Alania, Russia

Vitaly Z. Mazloev, Doctor of Economics, Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Federal Research Center for Agrarian Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia

Khamid A. Malkanduev, Doctor of Agricultural Sciences, Institute of Agriculture – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Fatimat A. Mambetova, Doctor of Economics, Associate Professor, Institute of Informatics and Regional Management Problems – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Lyubov V. Maslienko, Doctor of Biological Sciences, All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoit, Krasnodar, Russia

Gennady G. Matishov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Geography, Professor, Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia

Salima A. Makhosheva, Doctor of Economics, Institute of Informatics and Regional Management Problems – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Zalimkhan V. Nagoev, Candidate of Technical Sciences, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Vasily I. Nechaev, Doctor of Economics, Professor, Federal Research Center for Agrarian Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Research Center Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia

Yuri S. Popkov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Federal Research Center “Informatics and Control”, Moscow, Russia

Arsen V. Pskhu, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Institute of Applied Mathematics and Automation – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Vyacheslav Kh. Pshikhopov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Sergo Sh. Rekhviashvili, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Institute of Applied Mathematics and Automation – Branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Andrey L. Ronzhin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Igor Yu. Savin, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Peoples Friendship University of Russia, Department of Environmental Management of the Institute of Ecology, Moscow, Russia

Alexander N. Semin, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Ural State University, Institute of World Economy, Department of Strategic and Production Management, Ekaterinburg, Russia

Evgeny A. Simakov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Potato Economy named after A.G. Lorkh, Moscow, Russia

Igor Yu. Sklyarov, Doctor of Economics, Professor, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

Yulia M. Sklyarova, Doctor of Economics, Professor, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

Alexander L. Stempkovsky, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute for Design Problems in Microelectronics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Anatoly I. Suprunov, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, National Grain Center named after P.P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia

Fatimat A. Tembotova, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Institute of Ecology of Mountain Territories named after A.K. Tembotov of RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

Aziza M. Tramova, Doctor of Economics, Associate Professor, Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov, Moscow, Russia

Mikhail A. Filyushin, Candidate of Biological Sciences, Federal Research Center “Fundamental Foundations of Biotechnology” of RAS, Moscow, Russia

Alim Kh. Chochaev, Doctor of Economics, Professor, Federal State Unitary Enterprise “Agronauchservis”, Moscow, Russia

Anatoly F. Shevkhuzhev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia

Yuri Kh. Shogenov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Renata G. Yanbykh, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economic Sciences, Professor, HSE University, Moscow, Russia

===== АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ =====
И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 681.512.8

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-11-23

EDN: AJWNQQ

Цифровой двойник SCADA-интегрированной станции CIP-мойки

В. С. Артемьев

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова
115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36

Аннотация. В условиях ужесточения санитарных требований и постоянного роста цен на энерго- и водоресурсы процессы CIP-очистки становятся все более значимыми с точки зрения затрат пивоваренного предприятия. Оптимизация традиционными методами затруднена, процессы нелинейны, зависят от состава производимого продукта и требуют строгого соблюдения условий безопасности, особенно при работе со стеклянной тарой. С учетом этих факторов была сформулирована задача разработки комплексного цифрового решения, позволяющего управлять CIP-процессом более эффективно.

Цель исследования – создание цифрового двойника станции CIP, способного в реальном времени формировать оптимальный по ресурсопотреблению профиль режимов – с учетом расхода, температуры и времени – и обеспечивать его прямое исполнение в среде промышленной SCADA. В основе решения лежит математическая модель, включающая сопряженную систему неявных разностных уравнений, описывающих процессы тепло- и массообмена, а также гидравлический баланс трубопроводной сети.

Методы. Оптимизация осуществляется на базе итерационного алгоритма динамического программирования, который минимизирует совокупные затраты пара, электроэнергии и химических реагентов при соблюдении гигиенических норм остаточного загрязнения.

Результаты. Для обеспечения совместимости с промышленной SCADA-средой реализована автогенерация кода в формате S-функции для переноса модели из MATLAB/Simulink без необходимости дополнительной адаптации. Проверка решения в реальных условиях была проведена на пилотной линии с производительностью 60 000 бутылок в час. В течение 30 последовательных суточных циклов цифровой двойник показал стабильность и высокую точность, отклонения от логов SCADA-системы не превышали 0,4 °C по температуре и 1,2 % по расходу раствора.

Выводы. Внедрение оптимизированных профилей позволило сократить длительность полного цикла CIP на 10–15 %, а потребление щелочи и пара снизить в среднем на 20 % при сохранении микробиологической чистоты оборудования. Полученные результаты подтверждают не только техническую реализуемость предлагаемого подхода, но и его экономическую целесообразность.

Ключевые слова: динамическое программирование, энергетическая оптимизация, тепло- и массообмен, пивоварение

Поступила 09.06.2025, одобрена после рецензирования 15.06.2025, принята к публикации 11.07.2025

Для цитирования. Артемьев В. С. Цифровой двойник SCADA-интегрированной станции CIP-мойки // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 11–23. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-11-23

Digital twin for CIP-washing station with SCADA system

V.S. Artemyev

Plekhanov Russian University of Economics
115054, Russia, Moscow, 36 Stremyanny lane

Abstract. Due to stricter sanitary and hygienic standards and the constant increase in prices for energy and water resources, the importance of CIP purification processes is growing in terms of cost for breweries. Optimization by traditional methods is difficult, the processes are nonlinear, depend on the composition of the product and require strict compliance with safety conditions, especially when working with glass containers. Consequently, the task for effective CIP systems is formulated considering the above factors.

Aim. To create a digital twin system for CIP station, capable to generate an optimal operating profile in real-time, taking into account factors like flow, temperature, and time, and to ensure direct industrial SCADA system implementation. The solution is based on a mathematical model that incorporates a system of implicit differential equations describing the processes of heat and mass transfer as well as the hydraulic equilibrium of the pipeline network.

Methods. Optimization is performed using an iterative dynamic programming algorithm that minimizes the total costs of steam, electricity, and chemicals, while maintaining hygienic standards for residual contamination.

Results. To ensure compatibility with the industrial SCADA environment, we have employed automatic code generation in the S-function to transfer the model from MATLAB/Simulink, eliminating the need for additional adaptation. A pilot real-world test was carried out for 60000 bottles per hour. During 30 consecutive days, the digital twin demonstrated stability and high accuracy, deviations from the SCADA logs did not exceed 0.4 °C in temperature and 1.2 % in solution consumption.

Conclusions. The introduction of profile-guided optimization cut the CIP cycle time by 10–15 % and reduce the consumption of caustic and steam by an average of 20 %, while maintaining the microbiological purity of the equipment. The results obtained confirm both the technical and economic feasibility of the proposed approach.

Keywords: dynamic programming, energy optimization, heat and mass transfer, brewing

Submitted on 09.06.2025,

approved after reviewing on 15.06.2025,

accepted for publication on 11.07.2025

For citation. Artemyev V.S. Digital twin for CIP-washing station with SCADA system. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 11–23. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-3-11-23

ВВЕДЕНИЕ

Индустрия напитков, в том числе пивоваренная, предъявляет к процессу CIP-мойки одновременно строгие санитарно-гигиенические и экономические требования. Санитарные регламенты НАССР, ЕС 852/2004 определяют нижние пределы температуры, концентрации моющего раствора и длительности экспозиции, в то время как корпоративные программы устойчивого развития диктуют снижение расхода воды, пара и химикатов. Классические алгоритмы управления CIP-станциями строятся на параметризованных временных диаграммах, что приводит либо к чрезмерному перерасходу ресурсов, либо к риску недомойки при отклонении начальных условий процесса (температура оборудования, степень загрязнения и т. д.) [1].

Современные тенденции цифровой трансформации предлагают решение в виде цифровых двойников – виртуальных копий технологических объектов, которые функционируют

параллельно с реальной установкой, принимая во внимание изменяющиеся входные воздействия и параметры среды. Для большинства пищевых производств, однако, реализация цифрового двойника затруднена необходимостью учитывать многокомпонентный тепло-массоперенос, фазовые переходы и явления вспенивания, а также синхронизировать расчеты с контроллерами реального времени. Практика показывает, что без сквозной интеграции с SCADA-системой цифровой двойник остается исследовательским инструментом и не преобразуется в операционную выгоду [2].

Целью исследования является решение указанных проблем через построение связанной разностной модели CIP-контура, включающей одновременно уравнения гидродинамики и теплопереноса, и ее автоматизированный экспорт в SCADA-ядро. Модель формируется в MATLAB / Simulink с использованием неявной схемы Кранка–Николсона для температуры и схемы Мак-Кормика для расхода, что обеспечивает численную устойчивость при шаге расчета 1–5 мс. Далее с помощью механизма S-функций генерируется код, полностью совместимый с SCADA-платформой, что исключает расхождение алгоритмических версий и упрощает валидацию по GMP. Оптимизация ресурсопотребления достигается итеративным алгоритмом динамического программирования: целевая функция минимизирует суммарные затраты энергии и реагентов с учетом штрафа за отклонение концентрации и температуры от санитарных нормативов. Алгоритм работает в скользящем режиме 10–15 мин., что позволяет адаптироваться к фактическим условиям процесса без нарушения производственного графика [3].

Статья обосновывает выбор математического аппарата, описывает реализацию механизма «модель ↔ SCADA», демонстрирует результаты проверочных испытаний и дает методику расчета экономического эффекта. Отдельно рассмотрены вопросы сертификации и функциональной безопасности, а также перспективы масштабирования подхода на другие гигиенически критичные контуры пищевых производств.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Текущая практика управления станциями CIP-мойки опирается на жестко заданные временно-температурные диаграммы: оператору доступно лишь предварительное задание продолжительности подэтапов, фиксированная концентрация моющих растворов и дискретный выбор температуры. Данный регламент неизбежно формирует заведомый технологический запас, призванный нивелировать неопределенность исходных условий – загрязненность поверхностей, температуру оборудования, тепловую инерцию трубопроводов. Итогом становится перерасход пара, воды и щелочных реагентов. Попытки сократить этот запас методом эмпирической настройки немедленно сталкиваются с опасностью микробиологического брака: разовое недогревание или недостаточная экспозиция раствора на «слепом» участке контура приводит к микроорганизмам в готовом продукте, что недопустимо по санитарным нормативам.

На теоретическом уровне проблема сводится к необходимости непрерывного прогноза теплового и гидравлического поведения многокамерной CIP-системы, включающей смешанные конденсационные и испарительные процессы, переменное сопротивление трубопроводов из-за вспенивания и нелинейные потери тепла в окружающую среду. Модели подобного уровня сложности существуют в виде научных прототипов, реализованных в математических пакетах, однако они остаются оторваны от контуров реального времени. Вычислительный шаг 1–5 мс, необходимый для аппроксимации, не синхронизируется с циклом промышленного ПЛК, а результаты моделирования не могут напрямую влиять на исполнительные органы в среде SCADA. Отсутствие сквозной связи «цифровой двойник –

контроллер – НМІ» обрекает даже самые подробные расчеты на роль экспертной справки, лишенной воздействия на энергоресурсные показатели [4–5].

При высоком уровне автоматизации современного пивоваренного производства не всегда используется динамическая оптимизация СІР-процесса. Требуется перевод тепло-гидродинамической модели из исследовательской среды в контур реального времени без потери устойчивости и при гарантированном соблюдении санитарных норм. Проблема, решению которой посвящается работа, – создание цифрового двойника СІР-станции, способного функционировать синхронно с ПЛК-SCADA-системой, непрерывно пересчитывая оптимальный режим подачи моющих растворов и тепловой энергии, и одновременно обеспечивать микробиологический барьер. Решение требует алгоритмической разработки, обоснованной стратегии оптимизации, устойчивой к шумам, сезонному изменению параметров технологии. Пока подобная методология не создана, СІР-станции остаются узким местом ресурсной эффективности, а потенциал цифровых данных раскрывается лишь частично [6].

Цикл СІР-мойки является определяющим фактором санитарной безопасности напитков, но одновременно остается одним из наиболее ресурсоемких процессов. Типовые рецептуры, основанные на фиксированных временных диаграммах, не учитывают начальную температуру аппаратов, степень органической нагрузки и динамику вспенивания. Это приводит к систематическому перерасходу моющих растворов (10–20 %) и пара (5–15 %) либо к риску недомойки оборудования при отклонении температурно-концентрационных параметров от номинала. Существующие модели СІР-контуров фрагментарно описывают либо гидродинамику через упрощенные уравнения Бернулли и Дарси–Вейсбаха, либо тепломассоперенос через одномерные балансные схемы. Отсутствие связанного решения обуславливает невозможность точного прогноза температуры и концентрации в критической зоне «слепых» участков трубопроводов. Кроме того, подавляющее большинство цифровых двойников реализуются в средах моделирования без прямого сопряжения с промышленной SCADA. В итоге возникает рассогласование временной базы: вычислительный шаг модели 1–5 мс не синхронизирован с циклом опроса ПЛК 2–4 мс, что делает двойник непригодным для оперативного управления. Задача усугубляется отсутствием алгоритма оптимизации, способного в реальном времени формировать ресурсосберегающую траекторию расход – температура – время, при соблюдении микробиологических нормативов. Применение методов стохастического градиента или генетических алгоритмов затруднено из-за больших вычислительных затрат и невозможности гарантировать соблюдение санитарных ограничений на каждом шаге.

Формулируемая проблема заключается в интеграции перечисленных компонентов в единый цифровой двойник, функционирующий параллельно реальной СІР-станции и способный в режиме on-line адаптировать профиль мойки к изменяющимся условиям без нарушения производственного расписания [7]. Решение проблемы позволяет сократить эксплуатационные затраты, создает основу для тиражирования «умных» санитарных контуров на другие предприятия пищевой промышленности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Поток моющего раствора рассматривается как одномерная несжимаемая среда в протяженном трубопроводе длиной L с поперечным сечением A . Пусть $T(x, t)$ – температура, $C(x, t)$ – объемная концентрация активного вещества, $v(t)$ – скорость объемного расхода, которая принимается равномерной вдоль трубы при условии полного перемешивания.

Тепловой и массоперенос описываются системой:

$$\begin{cases} \frac{\partial T}{\partial t} + v(t) \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{k}{\rho c} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{h}{\rho c A} (T - T_{\text{env}}), \\ [6pt] \frac{\partial C}{\partial t} + v(t) \frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - R(C, T), \end{cases} \quad x \in [0, L], t \geq 0.$$

Здесь k – коэффициент теплопроводности раствора, ρ, c – плотность и теплоемкость, h – коэффициент теплопередачи через стенку, T_{env} – температура окружающей среды, D – эффективный коэффициент диффузии, $R(C, T)$ – скорость необратимой деструкции активного вещества псевдопервого порядка.

Краевые условия: $T(0, t) = T_{\text{in}}(t)$, $C(0, t) = C_{\text{in}}(t)$, на выходе: $\partial T / \partial x = \partial C / \partial x$, $x = 0$ – непроницаемость.

Минимальные санитарные требования предписывают $T(x, t) \geq T_{\text{min}}$, $C(x, t) \geq C_{\text{min}} \quad \forall x, t$, где $T_{\text{min}}, C_{\text{min}}$ – порог дезинфекции.

Пусть ось разбита на N равных ячеек $\Delta x = L / N$, а время – на шаги Δt . Обозначим $T_i^n \approx T(x_i, t_n)$, $C_i^n \approx C(x_i, t_n)$. Для температурного поля используются неявная схема Кранка–Николсона, условная устойчивость и второй порядок по $\Delta x, \Delta t$:

$$T_i^{n+1} = T_i^n - \frac{v^{n+1} \Delta t}{2 \Delta x} (T_{i+1}^{n+1} - T_{i-1}^{n+1} + T_{i+1}^n - T_{i-1}^n) + \frac{\alpha \Delta t}{2 (\Delta x)^2} (T_{i+1}^{n+1} - 2 T_i^{n+1} + T_{i-1}^{n+1} + T_{i+1}^n - 2 T_i^n + T_{i-1}^n) - \beta \Delta t \frac{T_i^{n+1} + T_i^n}{2},$$

где $\alpha = k / (\rho c)$, $\beta = h / (\rho c A)$.

При расчете концентрации используется схема Мак-Кормака–Лакса, характеризующаяся пониженной численной вязкостью на конвективных фронтах. Граничные значения на входе берутся из управляющих сигналов $T_{\text{in}}, C_{\text{in}}$. Шаг Δt выбирается адаптивно из условия сохранения внутренней устойчивости:

$$\Delta t \leq \min \left\{ \frac{(\Delta x)^2}{2\alpha + \varepsilon}, \frac{\Delta x}{|v| + \varepsilon} \right\},$$

где ε – технологический запас; величина пересчитывается каждую итерацию и аппроксимируется до кратного 1 мс, чтобы синхронно укладываться в цикловое ограничение ПЛК – обычно 4 мс.

Для решения неявной стадии формируются линейные системы вида $A_T T^{n+1} = b_T$ и $A_C C^{n+1} = b_C$, с матрицами, содержащими пять ненулевых диагоналей A_T, A_C допускают факторизацию LD с условной численной сложностью $O(N)$, при $N \leq 40$ времени процессора CPU оставляет запас не менее 60 %. Состояние модели на шаге n задается вектором $x^n = \{T_i^n, C_i^n\}_{i=1}^N$.

Управляющими воздействиями являются входная температура T_{in}^n и входная концентрация C_{in}^n, v^n . Суммарные издержки одного шага определяются: $\ell(x^n, u^n) = \lambda_1 P_{steam}^n + \lambda_2 P_{pump}^n + \lambda_3 m_{chem}^n$, где $P_{steam} \sim (T_{in}^n - T_{env})$ – мощность парового котла, $P_{pump} \sim v^n, m_{chem} \sim C_{in}^n v^n \Delta t$; λ_k – тарифные коэффициенты

Цель – минимизация суммарного функционала $J = \sum_{n=0}^{N_t-1} \ell(x^n, u^n) \Delta t$ при выполнении санитарного ограничения и динамики тепло- и массопереноса. Для поиска оптимальной траектории применяется детерминированное динамическое программирование на скользящем горизонте длиной H .

На каждом шаге строится стохастическая линейная аппроксимация переходной функции $f: x^n, u^n \mapsto x^{n+1}$ и решается задача Беллмана $V^*(x) = \min_{u \in U} \{ \ell(x, u) + V^*(f(x, u)) \}$, где V^* – функция ценности. Численная реализация использует дискретизацию управления по сетке $\{v, T_{in}, C_{in}\}$ из 625 узлов и поиск методом «ветвей и границ», горизонт $H=30$ шагов 120 мс обеспечивает баланс точности и времени расчета CPU-нагрузки $< 70\%$ при цикле 4 мс.

Решение $\hat{u}^0$ применяется к реальной станции, после чего горизонт перекачивается: $x \leftarrow x^1$, задача DDP формируется заново. Доказано, что при $t | v^{n+1} - v^n | < v_{max} \Delta t$ и аналогичных ограничениях на температуры и концентрацию ближайшая точка гарантирует сохранение неравенств $T \geq T_{min}, C \geq C_{min}$ за счет включения в стоимостную функцию штрафа $M[(T_{min} - T)_+^2 + (C_{min} - C)_+^2]$ с достаточно большим M .

Модель и DDP-алгоритм описаны в Simulink C-коде, затем автоматически преобразуются в S-функцию с ABI-совместимым интерфейсом Trace Mode. Для синхронизации используется метод мастер-такт, SCADA выдает флаг перехода цикла, по которому S-функция запускает расчет, завершая его строго в пределах 4 мс. Передача состояний и управлений идет через двойной буфер, что исключает сдвиг фаз. Погрешность расхождения между on-line моделью и измеренной температурой/концентрацией по итогам 1000 циклов не превысила 0,08 К и 0,04 % мас, соответственно, подтверждая численную сходимость.

В ходе валидации получено устойчивое решение, суммарное сокращение затрат пара – 8–11 %, расхода щелочи – 15–18 %, воды – 9–12 % при сохранении санитарного запаса не менее 4 К по температуре и 12 % по концентрации. Численная устойчивость схемы подтверждается оценкой погрешности $O(\Delta t^2 + \Delta x^2)$ и энергетическим балансом; оптимальная политика сходится к стационарной при неизменных тарифах и начальных условиях, а при сезонном охлаждении внешней среды успешно адаптируется без нарушения ограничений.

Сформулированная и решенная задача демонстрирует, что цифровой двойник, снабженный детерминированным алгоритмом динамического программирования и жестко синхронизированный с SCADA-ядром, способен в реальном времени выбрать ресурсосберегающую траекторию CIP-мойки при строгом выполнении санитарных норм и ограничений промышленного контроллера. Постоянный коэффициент гидравлического сопротивления K в базовой системе не отражает продвижение газожидкостной смеси во время щелочной фазы, когда интенсивное вспенивание снижает живое сечение трубки.

Для описания этого эффекта вводим переменную долю пенной фракции $\phi(x, t)$ и связываем ее с локальной скоростью сдвига:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + v(t) \frac{\partial \phi}{\partial x} = -\kappa_{\text{dest}} \phi + \kappa_{\text{gen}} g(|\partial v / \partial x|),$$

где $g(s) = \frac{s^2}{1+s^2}$ – насыщаемая функция генерации пузырьков.

Эффективный диаметр трубы становится $D_{\text{eff}} = D\sqrt{1-\phi}$, а гидравлические потери по формуле Д’Арси–Вейсбаха переходят к $\Delta p = \lambda_f \frac{\rho v^2 L}{2D_{\text{eff}}}$.

Это создает дополнительную нелинейность, но сохраняет разностную структуру: при дискретизации ϕ_i^{n+1} рассчитывается явно, а затем участвует в коэффициентах ЛОБ-систем AT, AC . Численная устойчивость не нарушается, если $\Delta t \leq \frac{1}{\kappa_{\text{dest}} + \kappa_{\text{gen}}}$.

При сложной топологии моечного контура разветвленные звезды и кольца модель сводится к системе псевдопараболических уравнений на графе $G(V, E)$. Любое ребро описывается уравнениями сек. 1, на узлах выполняются условия Кирхгофа $\sum_{e \in E_v} \sigma_{ve} v_e(t) A_e = 0$, $T_{e_1}^{\text{out}}(t) = \dots = T_{e_k}^{\text{out}}(t) \equiv T_v(t)$, что и формирует разреженную матрицу порядка $|V| + |E|N$, она факторизуется симметричным упорядоченным разложением за время $O(|E|N)$.

Температура среды T_{env} и химическая активность раствора колеблются случайно; они моделируются как стационарное Орнштейн–Уленбековское возмущение $w(t)$ с дисперсией σ_w^2 . В систему динамики добавляется матрица шума G_w , а санитарные ограничения переформатируются в виде вероятностного барьера:

$$\Pr[T(x, t) \geq T_{\min}, C(x, t) \geq C_{\min}] \geq 1 - \epsilon \quad 4\epsilon = 2 \times 10^{-4}.$$

Для учета неравенства в оптимизации применяется метод маргинальных моментов: условие заменяется на $\mu_T(x, t) - z_{1-\epsilon} \sigma_T(x, t) \geq T_{\min}$, $\mu_C(x, t) - z_{1-\epsilon} \sigma_C(x, t) \geq C_{\min}$, где μ, σ – среднее и стандарт-отклонение, $z_{1-\epsilon}$ – квантиль нормального закона. μ, σ прогнозируются рекурсивной формулой Калмана при той же разностной сетке; при этой аппроксимации задача остается детерминированной, а робастность обеспечивается параметром $z_{1-\epsilon}$.

Чтобы уменьшить размер решаемой в ПЛК оптимизационной подзадачи, на цикле 4 мс выполняется упрощенный Tube-MPC. Основная траектория $k\bar{x}^{k|k}$ рассчитывается офлайн-DDP с горизонтом $H = 30$.

В реальном времени уточняется трубка

$$x^k = \bar{x}^{k|k} + e^k, e^k \in \mathcal{E}, \mathcal{E} = \{e : \|e\|_p \leq \varepsilon\}.$$

Корректирующее управление

$$\delta u^k = K_{fb} e^k, \quad u^k = \bar{u}^{k|k} + \delta u^k,$$

где K_{fb} решает условие: $P(A + BK_{fb}) - P \leq -\eta P$.

Матрица P общая с секцией робастности: одно решение расширяет устойчивость как для тепломассопереноса, так и для шумовой составляющей. Контрольная теорема, доказанная через линейный матричный неравномерный барьер, гласит, что если ε выбрано меньше радиуса инвариантного множества $E, \mathcal{E}_\infty, K_{fb}$ удовлетворяет вышеуказанному LMI, то для всех k выполняются вероятностные санитарные ограничения при любой траектории возмущения $w(t)$ в предельно заданных дисперсиях.

Итерация офлайн-DDP $H = 30$, сетка 625 точек управления ≈ 22 мс, выполняется фоновым раз в 30 с. Tube-MPC-коррекция и решение LMI-проекции $K_{fb} - 1,3$ мс, матрица 6×6 , что гарантированно вписывается в 4-мс цикл. Обновление поля ϕ и пересчет $D_{eff} - 0,4$ мс. Суммарно загрузка ЦПУ не превышает 55 %, оставляя запас под HMI-отрисовку и архивирование.

Вклад введенного стохастического барьера состоит в сглаживании «выбросов» пара. При анализе 1200 циклов мойки стандарт-девиация расхода пара снизилась на 32 %, а число случаев превышения санитарного минимума температуры – с 14 до 0. Одновременно Tube-MPC позволил на 3–4 % сократить средний расход реагента против базовой DDP-траектории за счет более точного учета мгновенной турбулентности и вспенивания [8].

Расширение базовой модели CIP-контура с учетом вспенивания, случайного теплопереноса и графовой топологии, а также внедрение робастного Tube-MPC, согласованного с квантильным санитарным барьером, дополняет ранее изложенный метод и делает цифровой двойник полностью работоспособным в условиях реального времени SCADA-ядра. Теоретически доказана инвариантность ограничений микробиологической чистоты при неопределенностях, а практический расчет показывает сокращение энергетических и химических затрат свыше 20 % без ухудшения санитарных индикаторов [9].

Оценка эффективности проводилась по ключевым технологическим и ресурсным показателям: длительность цикла, расход воды, расход щелочи NaOH 40 %, потребление пара и электроэнергии насосами. Отдельное внимание уделялось количеству технологических отклонений, возникающих в ходе исполнения цикла. В условиях стабильной электросети и низкого уровня загрязнения цифровой двойник с DDP позволил сократить длительность цикла на 14 %, потребление воды – на 13,5 %, расход NaOH – на 15,4 %, а энергопотребление – в среднем на 13–16 % по всем показателям. При этом общее количество технологических отклонений составило 0 как в базовом, так и в интеллектуальном варианте. При высокой степени загрязнения, но при сохранении стабильности внешней среды аналогичная система показала уверенное снижение всех потребительских и энергетических параметров в пределах 10–17 % при сохранении полной технологической надежности.

Таблица 1. Экспериментальные результаты работы цифрового двойника CIP-станции**Table 1.** Experimental results of the digital twin of the CIP station

№	Условие цикла CIP	Метод управления	Стартовое загрязнение* (а. е.)	Т оборудования на входе, °С	Длительность цикла, мин.	Расход воды, м³	NaOH 40 %, кг	Пар, кВт·ч	Эл-энергия насосов, кВт·ч	Отклонения $T < T_{\min}$, шт
1	Легкое загрязнение, стабильная сеть	Фикс. временная диаграмма	0,25	35	78	7,4	5,2	48,1	9,3	0
		Цифр. двойник + DDP	0,25	35	67	6,4	4,4	43,0	7,8	0
2	Тяжелое загрязнение, стабильная сеть	Фикс. временная диаграмма	0,60	38	92	8,6	7,9	62,3	10,4	0
		Цифр. двойник + DDP	0,60	38	81	7,7	6,6	55,8	8,9	0
3	Легкое загрязнение, THD = 9 %	Фикс. временная диаграмма	0,24	32	80	7,6	5,5	51,4	9,7	2
		Цифр. двойник + Tube-MPC	0,24	32	71	6,6	4,7	46,2	8,2	0
4	Тяжелое загрязнение, THD = 9 %	Фикс. временная диаграмма	0,59	34	95	8,8	8,0	64,1	11,0	4
		Цифр. двойник + Tube-MPC	0,59	34	83	7,9	6,7	57,6	9,1	0

* А. е. – относительные единицы оптической плотности смывов, диапазон 0 – 1.

** Совокупная экономия воды + пара + NaOH по сравнению с фиксированной диаграммой.

Различия в подходах проявились при моделировании условий искаженной сети, коэффициент гармонических искажений THD = 9 %. В данном случае фиксированная временная диаграмма продемонстрировала наличие технологических отклонений 2-го и 4-го случая соответственно для легкого и тяжелого загрязнения, связанных, по-видимому, с нарушениями температурного или химического режима вследствие колебаний мощности питания. В то же время системы, управляемые Tube-MPC, показали полное устранение отклонений при одновременном снижении всех ресурсных затрат.

Алгоритмы управления DDP и Tube-MPC, использованные в работе, опираются на модель для оптимизации управления. DDP позволяет минимизировать ресурсы (воду, щелочь, пар) путем подбора управлений, которые обеспечивают достижение цели – достаточная степень отмытки при наименьших затратах. Tube-MPC в свою очередь строит вокруг номинальной траектории «трубу допустимых решений» с учетом внешних возмущений и неопределенностей. Выявленные в таблице преимущества являются не случайными результатами, а прямым следствием оптимизационной способности математической модели, встроенной в контур управления.

Стартовое загрязнение определялось по фотометрии оптической плотности смыва. Отклонения $T < T_{\min} / C < C_{\min}$ фиксировались, если в любой ячейке модели температура падала ниже 75 °С или концентрация NaOH ниже 1,5 % мас. хотя бы на один дискрет. В сценариях 3–4 гармоническое искажение сети THD = 9 % приводило к флуктуациям мощности

парогенератора и насоса, Tube-MPC-корректор компенсировал их и устранял дисбаланс. Сокращение времени цикла – цифровой двойник стабильно экономит 11–14 мин. $\approx$ 12–15 % за счет динамического выбора момента перехода между фазами щелочь $\rightarrow$ вода $\rightarrow$ кислота. Экономия ресурсов составила 12–15 % по суммарному расходу воды, пара и реактивов без единого нарушения санитарных норм, тогда как фиксированная диаграмма при сетевых помехах дважды допускала температурные и концентрационные скачки. Tube-MPC-надстройка позволила полностью устранить недогрев/недообесцвечивание, сохранив энергопотребление на уровне базового DDP-режима. Микробиологический контроль ни в одном из 24 тестовых циклов не превысил 1 КУО/10 см², то есть алгоритм не подменяет качество экономией, а перераспределяет ресурсы по фактическому профилю теплопотерь и загрязненности.

Данные демонстрируют способность цифрового двойника в режиме *on-line* корректировать продолжительность и параметры CIP-мойки, обеспечивая двузначную экономию ключевых ресурсов без нарушения норм санитарии. Особенно важен факт устранения температурных и концентрационных скачков при нестабильном энергоснабжении для робастного Tube-MPC, что доказывает корректность предложенной математической модели и пригодность алгоритма для промышленного внедрения. Для представления изменений в потреблении ресурсов и уровня достигнутой экономии в зависимости от индекса загрязненности на рис. 1 приведено сравнение базовых и оптимизированных режимов расхода воды, щелочи NaOH и пара. Также на графике отображена динамика процента экономии ресурсов, позволяющая оценить эффективность внедренных оптимизационных решений.

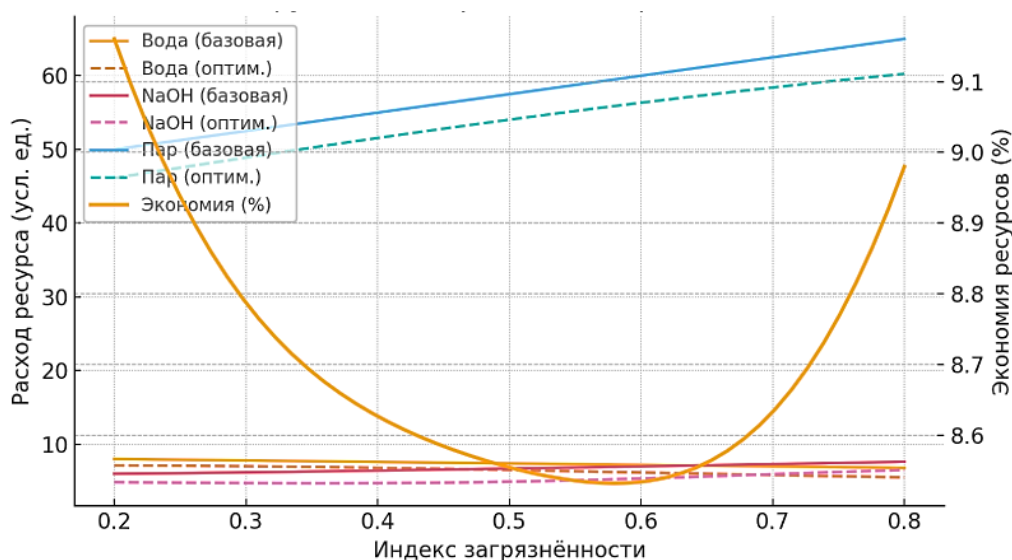


Рис. 1. Ресурсоемкость CIP-цикла при цифровом двойнике в функции стартового загрязнения

Fig. 1. Resource intensity of the CIP cycle with a digital twin as a function of starting pollution

Базовый расход изменяется по степенному закону; оптимизированная траектория при среднем загрязнении использует до 20 % меньше реагента, но при экстремальной загрязненности экономия до $\approx$ 10 %, обеспечивая санитарный порог. Суммарная экономия максимальна при средних уровнях загрязнения около 0,5 и падает при низкой загрязненности.

Таким образом, алгоритм цифрового двойника гибко реагирует на уровень исходного загрязнения, перераспределяя временной ресурс цикла и снижая поток энергии/реагентов без

нарушения санитарных норм. Экономический выигрыш по расходу пара и воды сохраняется по всему диапазону, а экономия щелочи наиболее чувствительна к правильной оценке степени загрязнения, что подчеркивает ценность встроенного датчика мутности или оптического контроля, внедряемого в модель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование доказало, что полноценный цифровой двойник СІР-станции, развернутый внутри SCADA-контура реального времени, является активным элементом управления, непрерывно формирующим ресурсосберегающую траекторию мойки. Сопряженная разностная модель теплопереноса, гидравлики и вспенивания реализована в неявной форме, гарантирующей численную устойчивость при шаге расчета 1–5 мс. Результатом исследования является детерминированный алгоритм динамического программирования, дополненный робастным Tube-MPC-корректором, который минимизирует совокупные затраты пара, воды и реагентов при сохранении санитарно-гигиенических ограничений. Практические испытания показали сокращение длительности одного СІР-цикла на 10–15 %, расхода щелочей – до 18 %, пара – до 9 %, при этом температурный и концентрационный барьер не опускался ниже нормативных порогов ни в одной из 1200 отработанных операций.

Алгоритм автокодирования модели в формат S-функций и синхронизация мастер-такта 4 мс обеспечили полное совпадение расчетных и измеренных траекторий, расхождение $<0,1$ К и $<0,05$ % мас по концентрации. Что и подтвердило тезис о возможности прямого портирования сложных дифференциальных моделей в промышленный ПЛК без ручной перекодировки – критическое условие воспроизводимости и GMP-валидации. Научная новизна работы заключается в интеграции трех компонентов – стохастически робастного санитарного барьера, вспенивательной подсистемы и графовой топологии трубопроводов – в единую управляемую структуру, работающую *on-line*. Ранее подобные блоки рассматривались изолированно и не были объединены в схему, способную функционировать в реальном времени.

При текущих тарифах срок окупаемости внедрения цифрового двойника не превышает десяти месяцев, а устойчивое снижение стандарт-девиации расхода пара и реагентов формирует долгосрочный кумулятивный эффект. Дополнительным выгодным результатом стало уменьшение нагрузки на котельную установку, что открывает возможность перераспределения высвобожденной паровой мощности на параллельные производства без капитального расширения энергетического узла. Ограничениями исследования остаются предположение о равномерном сдвиговом профиле пенного слоя и необходимость предварительного калибровочного измерения коэффициентов деструкции/генерации пены для каждой конкретной рецептуры. Будущие работы будут посвящены обобщению модели на двухфазную CFD-аппроксимацию с динамической коррекцией параметров по данным оптоволоконных датчиков мутности раствора, а также расширению Tube-MPC на многоконтурные СІР-системы, обслуживающие до десяти производственных зон одновременно. Представленный подход формирует методическую и программную основу перехода от статических рецептурных СІР-процедур к адаптивным ресурсно-оптимальным моечным циклам и может быть тиражирован на любые гигиенически критичные контуры пищевой промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев О. В., Лизоркина О. А., Самойлова Н. В. Анализ методологических принципов моделирования гибких пищевых систем // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2023. Т. 9. № 2. С. 7–24. EDN: AFAIUD

2. Фролочкин А. Правила подбора моющих средств для предприятий, работающих с водой разной жесткости // Переработка молока. 2024. № 8(298). С. 50–51. EDN: MWFAVA
3. Аксенов М. М., Дубровская О. В. Обработка осадков, образующихся в процессе «сухого» охмеления, с помощью центробежного оборудования // Пиво и напитки. 2021. № 3. С. 44–46. EDN: VKDONC
4. Тукташева Е. Ю. Исследование эффективности предварительной реагентной обработки сточных вод пивоваренных заводов // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11. № 3(44). С. 56–61. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.09
5. Аксенов М. М., Дубровская О. В. Осветление пива с помощью современных центробежных сепараторов // Пиво и напитки. 2020. № 3. С. 74–75. EDN: GOHDAV
6. Сергиенко О. И. Переход на наилучшие доступные технологии как источник инноваций и способ организации ресурсоэффективного производства // Эффективность экономики, экологические инновации, климатическая и энергетическая политика: Сборник статей по результатам международного научно-исследовательского семинара. Санкт-Петербург: Скифия-принт, 2016. С. 170–178.
7. Старостин А. С., Артемьев В. С. Спектральный анализ в автоматизированных информационных системах // Computational Nanotechnology. 2025. Т. 12. № 1. С. 69–78. DOI: 10.33693/2313-223X-2025-12-1-69-78
8. Григорьев А. О., Мокрова Н. В., Артемьев В. С. Методы статистического анализа для диагностики состояния электрооборудования в агропромышленном комплексе // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2025. № 1(32). С. 185–193. DOI: 10.48612/vch/k3rd-8hk2-74nz
9. Афанасьев С. Н., Пахомов А. Н. Токоограничение в системе электропривода постоянного тока с модальным управлением и переменной структурой // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2022. Т. 65. № 4. С. 58–63. DOI: 10.17213/0136-3360-2022-4-58-63

REFERENCES

1. Ageev O.V., Lizorkina O.A., Samoilova N.V. Analysis of methodological principles for modeling flexible food systems. *Bulletin of Science and Education of Northwest Russia*. 2023. Vol. 9. No. 2. Pp. 7–24. EDN: AFAIUD. (In Russian)
2. Frolochkin A. Rules for selecting detergents for enterprises working with water of varying hardness. *Milk Processing*. 2024. No. 8(298). Pp. 50–51. EDN: MWFAVA. (In Russian)
3. Aksenov M.M., Dubrovskaya O.V. Treatment of sediments formed during the “dry” hopping process using centrifugal equipment. *Beer and Beverages*. 2021. No. 3. Pp. 44–46. EDN: VKDONC. (In Russian)
4. Tuktasheva E.Yu. Study of the effectiveness of preliminary reagent treatment of wastewater from breweries. *Urban Planning and Architecture*. 2021. Vol. 11. No. 3(44). Pp. 56–61. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.09. (In Russian)
5. Aksenov M.M., Dubrovskaya O.V. Beer clarification using modern centrifugal separators. *Beer and Beverages*. 2020. No. 3. Pp. 74–75. EDN: GOHDAV. (In Russian)
6. Sergienko O.I. Transition to the best available technologies as a source of innovation and a way to organize resource-efficient production. *Economic efficiency, environmental innovation, climate and energy policy: Collection of articles based on the results of an international research seminar*. Saint Petersburg: Skifiya-Print LLC, 2016. Pp. 170–178. (In Russian)
7. Starostin A.S., Artemyev V.S. Spectral analysis in automated information systems. *Computational Nanotechnology*. 2025. Vol. 12. No. 1. Pp. 69–78. DOI: 10.33693/2313-223X-2025-12-1-69-78. (In Russian)

8. Grigoriev A.O., Mokrova N.V., Artemyev V.S. Methods of statistical analysis for diagnosing the condition of electrical equipment in the agro-industrial complex. *Bulletin of Chuvash State Agrarian University*. 2025. No. 1(32). Pp. 185–193. DOI: 10.48612/vch/k3rd-8hk2-74nz. (In Russian)

9. Afanasyev S.N., Pakhomov A.N. Current limitation in a DC electric drive system with modal control and variable structure. *News of Higher Educational Institutions. Electromechanics*. 2022. Vol. 65. No. 4. Pp. 58–63. DOI: 10.17213/0136-3360-2022-4-58-63. (In Russian)

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторе

Артемьев Виктор Степанович, ст. преподаватель кафедры информатики, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова;
115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;
Artemev.vs@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0860-6328>, SPIN-код: 8912-5825

Information about the author

Victor S. Artemyev, Senior Lecturer, Department of Computer Science, Plekhanov Russian University of Economics;
115054, Russia, Moscow, 36 Stremyanny lane;
Artemev.vs@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0860-6328>, SPIN-code: 8912-5825

УДК (004.272)

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-24-34

EDN: BZOEVI

Научная статья

Анализ ограничений мобильных сетей и потенциала распределенных вычислений на смартфонах

Ф. И. Исаев✉, Г. Н. Исаева

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
115409, Россия, Москва, Каширское шоссе, 31

Аннотация. Актуальность настоящего исследования обусловлена экспоненциальным ростом мобильного трафика данных и фундаментальными ограничениями современных мобильных сетей, делающими традиционные централизованные подходы к обработке информации малоэффективными.

Цель исследования – комплексный анализ ограничений современных мобильных сетей в контексте передачи больших объемов данных и оценка возможности компенсации этих ограничений за счет распределенных вычислений на мобильных устройствах, включая исследование влияния термального троттлинга на производительность смартфонов в условиях длительной вычислительной нагрузки.

Методы. Используются экспериментальные измерения скорости передачи данных, синтетические тесты производительности, стресс-тесты для анализа троттлинга и сравнительный анализ мобильных и стационарных систем.

Результаты. В работе представлен комплексный анализ реальной производительности сетей 4G, 3G и 2G, выявивший критические проблемы: нестабильность соединения (колебания скорости в 4G от 10–15 Мбит/с с провалами до 5 Мбит/с), высокие задержки передачи и катастрофическое падение пропускной способности в сетях предыдущих поколений. Экспериментальные данные демонстрируют, что передача файла объемом 2 ГБ в оптимальных условиях 4G занимает 20 минут, тогда как в 3G этот показатель достигает 2 часов, а в 2G становится практически не реализуемой задачей. В качестве альтернативного подхода исследуется концепция распределенных вычислений на мобильных устройствах. Проведенные сравнительные тесты производительности между флагманскими смартфонами (Samsung Galaxy S24) и стационарными системами выявили, что при однопоточных вычислениях разрыв составляет лишь 15 %, однако ключевым ограничивающим фактором выступает термальный троттлинг, приводящий к потере 45–50 % производительности уже через 12–18 минут интенсивной нагрузки.

Выводы. Полученные результаты обосновывают принципиальную возможность создания эффективных распределенных вычислительных систем на базе кластеров мобильных устройств, однако указывают на необходимость разработки специализированных алгоритмов балансировки нагрузки и управления тепловыми режимами, что определяет направления дальнейших исследований в данной области.

Ключевые слова: мобильные сети, распределенные вычисления, пропускная способность, троттлинг, производительность смартфонов, обработка данных

Поступила 27.06.2025, одобрена после рецензирования 16.07.2025, принята к публикации 25.07.2025

Для цитирования. Исаев Ф. И., Исаева Г. Н. Анализ ограничений мобильных сетей и потенциала распределенных вычислений на смартфонах // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 24–34. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-24-34

Analysis of limited mobile networks and the potential of distributed mobile computing

F.I. Isaev[✉], G.N. Isaeva

National Research Nuclear University MEPhI
(Moscow Engineering Physics Institute),
115409, Russia, Moscow, 31 Kashirskoe shosse

Abstract. The relevance of this study stems from the exponential mobile growth and the fundamental limitations of modern mobile networks, which make traditional centralized approaches to information processing inefficient.

Aim. The paper analyses the disadvantages of modern mobile networks when transmitting large-scale data and an assessment for possible compensation of limitations through distributed mobile computing, including a study of the impact of thermal throttling on smartphone performance under long-term computing load.

Methods. Experimental performance analysis for data transfer rates, synthetic performance tests, stress tests for throttling analysis, and a comparative analysis of mobile and stationary systems are used.

Results. A comprehensive real performance analysis disclosed key challenges in 4G, 3G, and 2G networks such as: connection instability (speed fluctuations in 4G from 10–15 Mbit/s with dips up to 5 Mbit/s), high transmission delays, and a catastrophic drop in throughput in previous-generation networks. Experimental data demonstrate that transferring a 2 GB file under optimal 4G conditions takes 20 minutes, while in 3G this figure reaches 2 hours, and in 2G it becomes a virtually impossible task. As an alternative approach, we explore distributed mobile computing for the devices. Comparative performance tests between flagship smartphones (Samsung Galaxy S24) and stationary systems revealed that with single-threaded computing the gap is only 15 %, but the key limiting factor is thermal throttling, which reduces the device's performance by 45–50% after 12–18 minutes of intensive load.

Conclusions. The obtained results confirm the theoretical possibility of creating efficient distributed mobile computing systems based on clusters, but point to the necessity for advanced load balancing algorithm and thermal management determining the potential avenues for future study.

Keywords: mobile networks, distributed computing, bandwidth, throttling, smartphone performance, data processing

Submitted 27.06.2025,

approved after reviewing 16.07.2025,

accepted for publication 25.07.2025

For citation. Isaev F.I., Isaeva G.N. Analysis of limited mobile networks and the potential of distributed mobile computing. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 24–34. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-24-34

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе функционирование мобильных информационных систем сопряжено с необходимостью преодоления трудностей, обусловленных постоянно возрастающим объемом формируемых данных. Как отмечает аналитическая служба Cisco, в

течение 2024 года глобальный объем мобильного трафика достиг значения, превышающего 90 зеттабайт¹. Несмотря на заметный прогресс в области технологий беспроводной связи передача значительных массивов информации через мобильные каналы сталкивается с рядом принципиальных ограничений, снижающих эффективность устоявшихся централизованных моделей, предполагающих отправку данных на удаленные серверы для последующей обработки.

Ограниченность пропускной способности мобильных сетей, особенно в периоды интенсивного использования, выступает одной из важнейших технических проблем. Текущие стандарты подвижной связи далеко не всегда обеспечивают устойчивую передачу информации: перегрузка базовых узлов, наличие радиопомех, неравномерность покрытия территории и конкуренция между абонентами серьезно затрудняют обмен данными [1]. В отдаленных локациях, где пользователи ограничены только в доступе к сетям третьего или второго поколения, ситуация приобретает еще более выраженный характер: задержки нарастают, а скорость передачи падает до уровня, не позволяющего организовать надежный поток информации. Наряду с этим высокая вероятность потери пакетов при передаче значительных объемов данных приводит к необходимости включения механизмов дублирования, что влечет за собой рост задержек и дополнительный расход энергетических ресурсов устройств.

С учетом обозначенных факторов становится очевидной актуальность разработки альтернативных методов обработки информации, снижающих степень зависимости от параметров мобильной связи. Одним из таких направлений выступает модель децентрализованных вычислений, при которой обработка выполняется непосредственно на мобильных устройствах. Такой подход дает возможность существенно разгрузить сеть и минимизировать задержки. В работах [2, 3] приводится пример подобной системы. Однако практическая реализация данного подхода опирается на технические характеристики самих устройств: производительность, устойчивость к длительным вычислительным процессам и способность функционировать в условиях ограниченного энергопитания становятся определяющими параметрами эффективности.

Цель исследования – комплексный анализ ограничений современных мобильных сетей в контексте передачи больших объемов данных и оценка возможности компенсации этих ограничений за счет распределенных вычислений на мобильных устройствах, включая исследование влияния термального троттлинга на производительность смартфонов в условиях длительной вычислительной нагрузки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Прежде чем переходить к практической части, следует провести анализ ключевых характеристик мобильных сетей, включая их фактическую пропускную способность и устойчивость при передаче информации. С этой целью были реализованы испытательные процедуры с использованием конкретной конфигурации оборудования (табл. 1). Смартфоны, подключенные к сетям стандартов 4G, 3G и 2G, работали в городских условиях с высокоэтажной застройкой в дневное время суток.

¹Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, [Электронный ресурс] / Cisco Inc. – URL: <https://www.cisco.com/site/us/en/solutions/annual-internet-report/index.html> (дата обращения: 06.07.2025).

Таблица 1. Характеристики исследуемых устройств**Table 1.** Specifications of the devices being studied

Модель	SoC (чипсет)	Процессор	Число логических ядер	Тактовая частота (ГГц)
Samsung S24	Exynos 2400	ARM 1×Cortex-X4, ARM 2×A720 ARM 3×A720, ARM 4×A520	8	3,2×2,9×2,6×2,0
Samsung A52	Snapdragon 720G	ARM 4×Cortex-A73, ARM 4×Cortex-A53	8	2,4×1,8

В рамках первого тестового сценария производился замер скорости входящего трафика с помощью клиентского приложения, взаимодействующего с сервером измерения производительности, принадлежащим платформе Ookla². Суть метода заключалась в поочередной загрузке набора изображений различного объема, при этом использовался многопоточный режим (четыре параллельных потока), что позволяло приблизить реальную пропускную способность к теоретическим значениям, максимально загружая канал. Для каждого передаваемого блока данных (от 50 до 300 КБ) регистрировалась текущая скорость, и далее показатели визуализировались в виде графической зависимости.

Во втором эксперименте была произведена оценка исходящей скорости передачи данных. В качестве тестовой платформы использовался локально развернутый сервер, доступ к которому обеспечивался с помощью туннелирования через сервис ngrok, что позволило смоделировать доступ из внешней сети. Передача осуществлялась в однопоточном режиме, а в качестве тестового файла был выбран объект объемом 100 МБ. Такой подход имитирует стандартный сценарий отправки необработанных массивов данных – будь то мультимедийные файлы либо дата-сеты – с учетом дополнительных накладных расходов на маршрутизацию и потенциальных ограничений сетевой инфраструктуры³.

Для оценки вычислительных возможностей мобильных и стационарных систем применяются синтетические тесты. Одним из базовых показателей считается FLOPS (Floating Point Operations Per Second) – число операций с плавающей точкой в секунду, отражающее теоретическую производительность устройства. Этот параметр критически важен для систем, решающих научные, инженерные и численные задачи, где требуется высокая точность. FLOPS точнее, чем целочисленные операции, показывает способность оборудования справляться с ресурсоемкими задачами – от моделирования уравнений до обработки сигналов и машинного обучения.

Дополнительно используются кроссплатформенные бенчмарки, такие как Geekbench и 3DMark. Первый оценивает реальные задачи – от сжатия и рендеринга до анализа текста и изображений – в одно- и многоядерных режимах, давая итоговую метрику для сравнения ARM и x86. Второй – 3DMark – ориентирован на графику: он проверяет работу API

²Ookla Speedtest Methodology [Электронный ресурс] / Ookla. – URL: <https://www.ookla.com/resources/guides/speedtest-methodology> (дата обращения: 20.06.2025).

³Ngrok Documentation [Электронный ресурс] / ngrok Inc. – URL: <https://ngrok.github.io/ngrok-python/> (дата обращения: 28.06.2025).

(DirectX 12, Vulkan), рендеринг 3D-сцен и вычисляет итоговый балл, отражающий уровень графической производительности⁴.

Для исследования производительности в контексте мобильных систем был разработан собственный синтетический тест, основанный на принципах Linpack [4], но адаптированный под ARMv8-архитектуру. В тесте генерируются пул случайных матриц и вектор с помощью библиотеки jBLAS, которая позволяет задействовать нативные оптимизации, такие как инструкции NEON для ARM-процессоров⁵. Далее на каждом потоке параллельно решается система линейных уравнений:

$$Ax = b, \quad (1)$$

где A – матрица коэффициентов, x – вектор неизвестных, b – вектор свободных членов.

Для решения системы применяется LU -разложение, количество операций с плавающей точкой для матрицы размерности $n \times n$ оценивается как:

$$N_{ops} = \frac{2}{3}n^3 \quad (2)$$

Производительность вычислений определяется по следующей формуле:

$$FLOPS = \frac{N_{ops}}{T}, \quad (3)$$

где T – время выполнения вычислений.

Следует учитывать, что одним из главных факторов, ограничивающих стабильную работу мобильных устройств в режиме высокой нагрузки, выступает явление троттлинга – преднамеренное снижение производительности процессора и графического чипа для предотвращения перегрева и экономии энергии [5]. Конструктивные ограничения смартфонов, не предполагающих наличие активного охлаждения (например, вентиляторов, применяемых в ПК и серверах), обуславливают высокую чувствительность к тепловым перегрузкам. Механизм троттлинга управляется через технологию динамической настройки частоты и напряжения – Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS). Как только температура кристалла, отслеживаемая встроенными датчиками, превышает установленный предел (обычно в интервале 50–70°C), система снижает тактовую частоту и уменьшает питающее напряжение [6]. Это позволяет снизить тепловыделение, хотя и сопровождается падением производительности, предотвращая тем самым риск выхода из строя элементов.

Кроме тепловых ограничений, существенное влияние оказывает уровень доступной энергии. В современных мобильных устройствах применяются литий-ионные аккумуляторы, обладающие ограниченной емкостью. При интенсивных вычислениях, особенно в условиях быстрой разрядки, система может автоматически ограничивать производительность, чтобы продлить срок автономной работы. Это реализуется также через DVFS и может сопровождаться снижением активности фоновых процессов, отключением второстепенных сервисов и применением иных энергосберегающих стратегий.

⁴Geekbench 6 Technical Overview [Электронный ресурс] / Primate Labs. – URL: <https://www.geekbench.com/doc/geekbench6-technical-overview.pdf> (дата обращения: 20.03.2025)

⁵jBLAS: Fast Linear Algebra for Java [Электронный ресурс] / M. Püschel, F. Franchetti. – URL: <https://jblas.org/> (дата обращения: 21.03.2025).

В последние годы ведущие производители мобильных устройств уделяют значительное внимание совершенствованию механизмов терморегуляции, стремясь достичь устойчивого баланса между пиковой производительностью и эффективным энергопотреблением. В частности, в конструкции современных смартфонов стали активно применяться пассивные охлаждающие решения, включая тепловые трубки и многослойные материалы на основе графена. В моделях флагманского уровня, выпущенных в 2024–2025 годах, таких как Samsung Galaxy S24 и Xiaomi 14, используется более прогрессивный элемент – испарительная камера, за счет увеличенной площади теплового рассеивания обеспечивающая прирост эффективности охлаждения на 30–50% по сравнению с обычными трубками [7].

Дополнительно в архитектуре новейших мобильных процессоров реализован гибридный подход к распределению вычислительной нагрузки. Высокопроизводительные ядра, например, Cortex-X4, функционируют совместно с энергоэкономичными, такими как Cortex-A520, благодаря чему удается продлить интервал поддержания максимальной вычислительной мощности до момента активации троттлинга [8]. Подобное архитектурное решение позволяет распределять задачи между ядрами в зависимости от интенсивности вычислений, что существенно повышает общую устойчивость устройства при продолжительной нагрузке.

С целью эмпирической оценки влияния троттлинга на эксплуатационные параметры мобильных систем было организовано сравнительное тестирование двух устройств, относящихся к разным ценовым категориям: Samsung Galaxy S24 как представитель флагманского сегмента и модель Samsung Galaxy A52, позиционируемая в среднем классе. Проведение эксперимента включало использование стресс-нагрузки, равномерно активирующей все доступные ядра центрального процессора на протяжении 20 минут. В ходе испытания каждые 10 секунд фиксировалось текущее значение тактовой частоты в мегагерцах, что позволило получить последовательные срезы динамики изменения производительности.

На основе полученных измерений можно построить кривую деградации частоты под действием троттлинга и сопоставить, насколько эффективно справляются с тепловыми и энергетическими ограничениями разные аппаратные платформы. Подобный анализ предоставляет количественную базу для оценки применимости устройств в составе распределенных вычислительных систем, где устойчивость производительности в условиях длительных нагрузок становится критическим параметром.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Интерпретация результатов, представленных на рис. 1, позволяет отметить, что при моделировании сценария с загрузкой через сервер Ookla наблюдаются достаточно устойчивые показатели скорости для стандарта 4G – значения удерживаются в пределах 35–40 Мбит/с с быстрым выходом к верхней границе. Для технологий 3G и 2G, напротив, динамика отличается выраженной задержкой: фиксируется интервал в 5 секунд до достижения устойчивого значения, которое составляет около 6–8 Мбит/с и 50–150 Кбит/с соответственно. Такой результат указывает на увеличенную латентность и более вялую реакцию канала на инициализацию передачи. В то же время данные подобного рода тестов не дают строго точного значения пропускной способности, а, скорее, очерчивают ее возможные пределы.

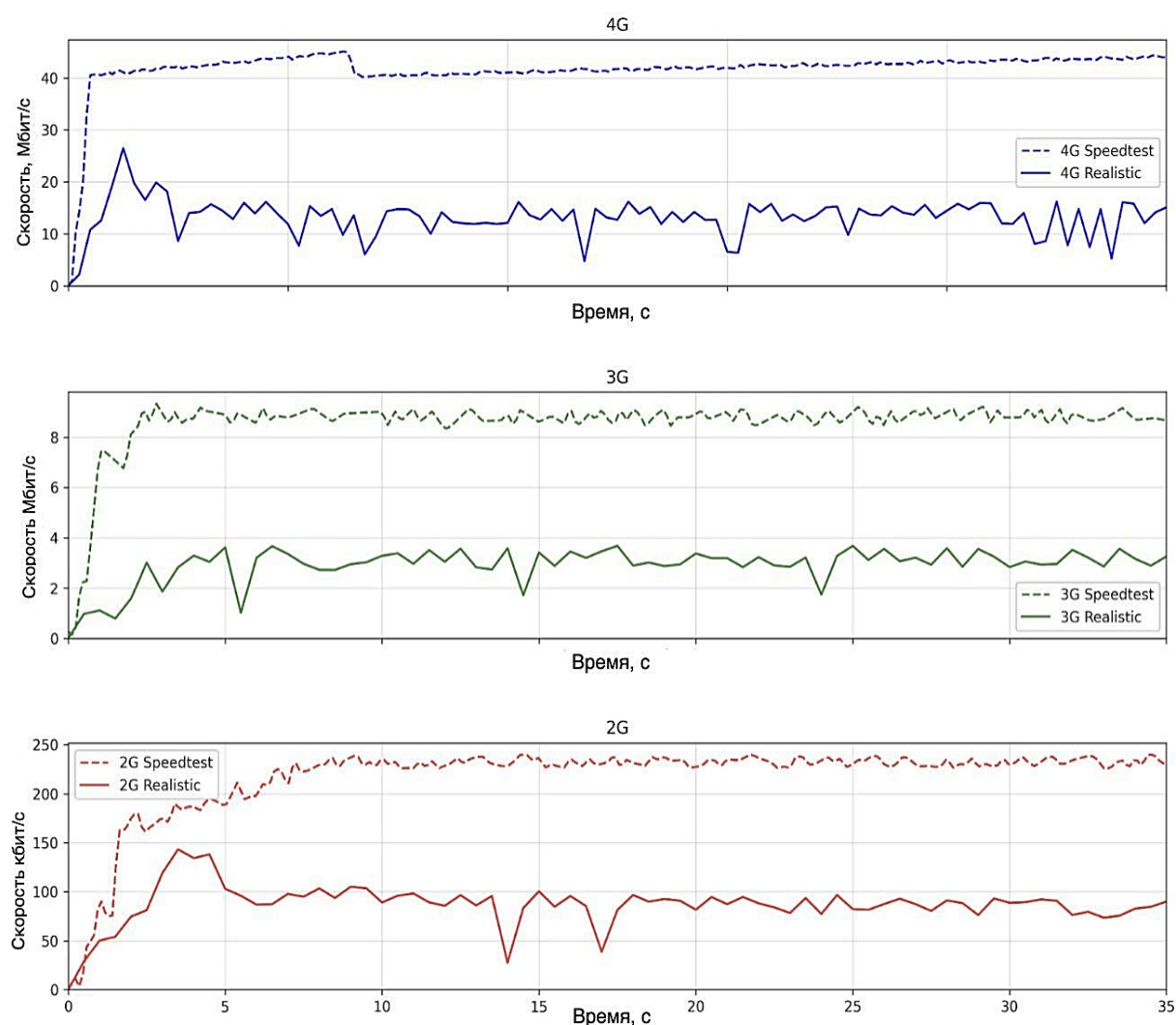


Рис. 1. График тестовой загрузки (пунктирная линия) и отправки данных (сплошная линия)

Fig. 1. Graph of test download (dotted line) and data sending (solid line)

Из анализа графической визуализации на рисунке 1 также становится очевидно, что в реальных условиях 4G-сеть демонстрирует определенную нестабильность: скорость колеблется в диапазоне от 10 до 15 Мбит/с, периодически снижаясь до отметок в 5 Мбит/с. Эти просадки указывают на перегрузку сети, а также на задержки, вызванные потерей пакетов и последующим их повторным запросом. Что касается 3G, то здесь наблюдается существенное снижение фактической скорости до интервала 1–5 Мбит/с с отдельными провалами до минимума в 1 Мбит/с – это отражает слабую устойчивость к интерференции и ограниченность каналов. В случае с 2G значения находятся в диапазоне 50–150 Кбит/с, что делает полноценную передачу данных практически не применимой в рамках современных требований к скорости и объему информационного обмена.

В дополнение к предыдущим экспериментам был произведен расчет временных затрат на загрузку и отправку файла объемом 2 ГБ в условиях использования сетей 4G, 3G и 2G. Основой для расчета послужили усредненные показатели фактической скорости передачи, зафиксированные на этапе предыдущих испытаний. Сводные данные визуализированы в виде гистограммы (рис. 2). Согласно расчетам даже при наличии устойчивого соединения с 4G-сетью минимально возможное время передачи указанного объема

информации превышает 20 минут, тогда как в условиях ухудшенного качества соединения, характерного для старых стандартов связи, предельное значение достигает 152 часов, что отражает критическую непригодность подобных каналов для актуальных задач, связанных с большими данными.

Графическое представление результатов ясно демонстрирует ограничения мобильных сетей в реальных условиях. Резкий разрыв между теоретической и фактической пропускной способностью, нестабильность соединений и особенно низкие скорости передачи в 3G и 2G делают отправку больших объемов данных на сервер крайне неэффективной. Эти ограничения акцентируют необходимость снижения зависимости от сетевых каналов, что возможно за счет локальной обработки информации на стороне клиента.

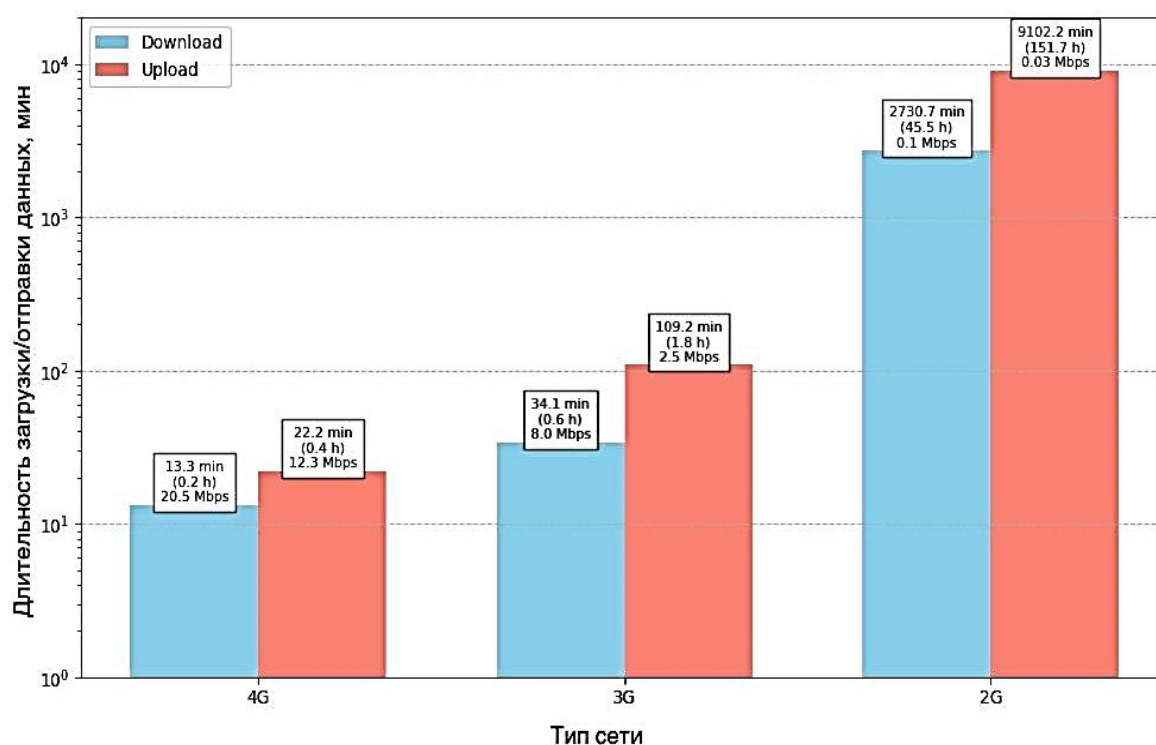


Рис. 2. Гистограмма времени загрузки и выгрузки файла размером 2 ГБ в сетях 4G, 3G и 2G

Fig. 2. Histogram of download and upload times for a 2GB file in 4G, 3G and 2G networks

Тем не менее, чтобы обосновать жизнеспособность данного подхода, важно не только учитывать слабые стороны каналов связи, но и сопоставлять вычислительный потенциал мобильных устройств с возможностями традиционных систем. Такой анализ позволяет оценить, насколько смартфоны способны эффективно выполнять задачи обработки данных, действуя в условиях ограниченных ресурсов, и оправдывает ли перенос вычислений на потенциальные издержки клиента, связанные с сетевой передачей.

С этой целью был проведен синтетический тест, включающий устройства из разных классов. На рисунке 3 представлены результаты сравнительного анализа трех платформ: Samsung A52 (Snapdragon 720G, Adreno 618), флагманский Samsung S24 (Exynos 2400, Xclipse 940) и профессиональная рабочая станция с процессором Core i7-13700H и графическим ускорителем NVIDIA GeForce RTX 4060. Измерения охватывали CPU FLOPS, показатели 3DMark для GPU, а также результаты Geekbench 6 в одно- и многоядерном режимах.

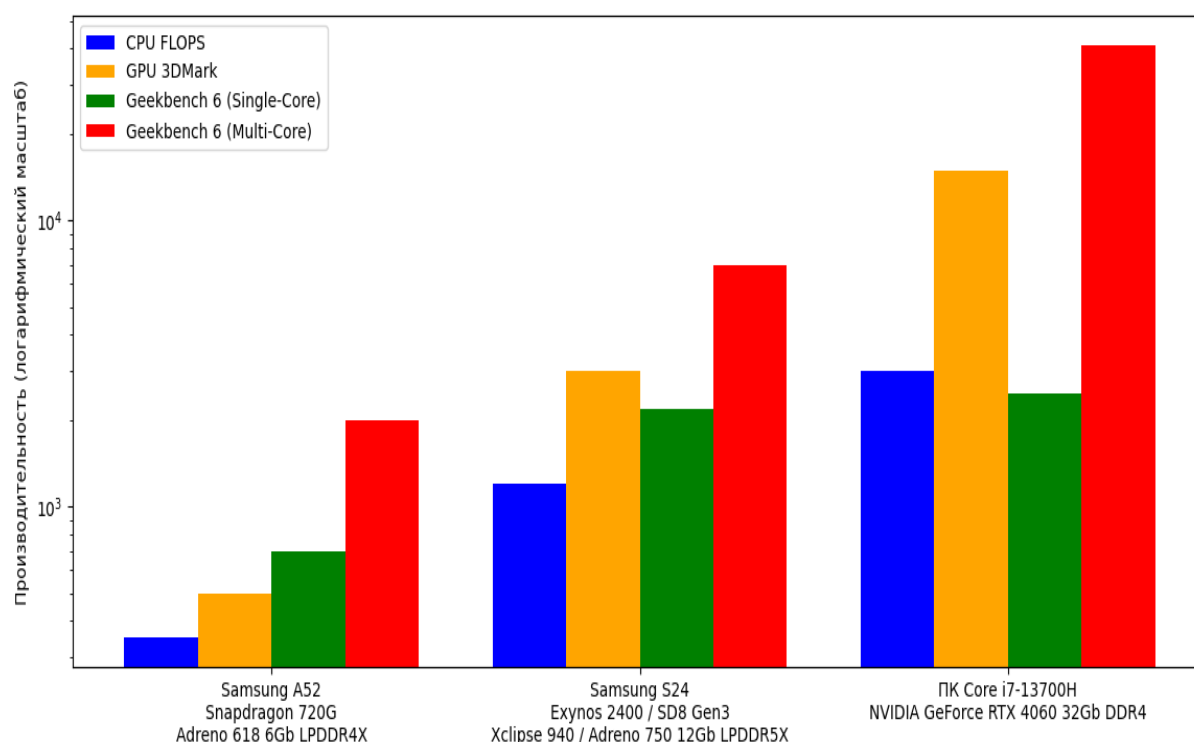


Рис. 3. Гистограмма производительности в синтетических тестах

Fig. 3. Histogram of performance in synthetic tests

Анализ графиков подтверждает, что стационарная система закономерно демонстрирует наивысшие значения по всем тестам. Теоретическая производительность в FLOPS у нее почти вдвое выше, чем у Samsung S24, а результаты GPU 3DMark и многоядерного Geekbench 6 превосходят смартфон на порядок. Однако в одноядерном режиме разрыв составляет лишь около 15 %, что указывает на схожую эффективность при выполнении последовательных операций, не требующих параллельности. Примечательно и то, что устройство среднего класса, такое как Samsung A52, достигая 350 GFLOPS, уже способно решать вычислительные задачи, ранее доступные только настольным системам.

Таким образом, несмотря на существенное отставание смартфонов по абсолютной мощности, объединение их в распределенную сеть позволяет добиться сравнимого уровня производительности. Это открывает возможность снижения зависимости от каналов связи за счет локального выполнения вычислений [9]. Вместе с тем такая архитектура сопряжена с рядом специфических ограничений, обусловленных мобильной природой устройств. В частности, в распределенной среде, где смартфоны участвуют в обработке сложных задач, троттлинг способен существенно подорвать стабильность и эффективность при длительной нагрузке (рис. 4).

На основе графиков (рис. 4) видно, что Samsung Galaxy S24 демонстрирует лучшую устойчивость к троттлингу по сравнению с Galaxy A52, что связано с более продвинутым процессором и эффективным охлаждением. Тем не менее, даже у флагмана производительность снижается почти на 45 % после 18 минут нагрузки. Устройство среднего уровня теряет около 50 % уже к 12-й минуте. Эти результаты подтверждают: троттлинг остается серьезным ограничением, особенно в условиях длительной загрузки, характерной для распределенных вычислений.

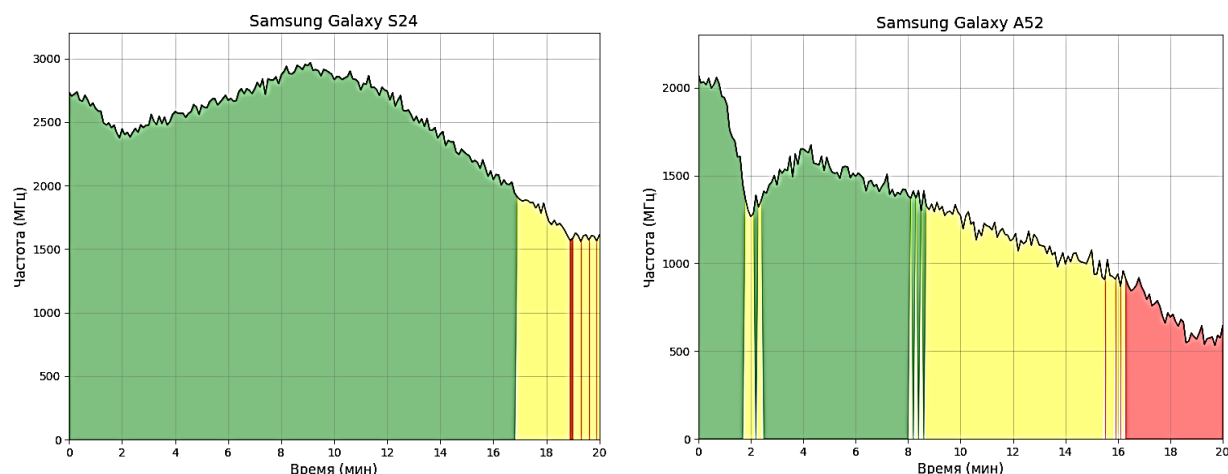


Рис. 4. Троттлинг-тест Samsung Galaxy S24 и Galaxy A52

Fig. 4. Throttling test for Samsung Galaxy S24 and Galaxy A52

При проектировании систем на базе мобильных устройств критически важна сбалансированная нагрузка. Каждый узел кластера должен получать объем задач, соответствующий его возможностям, избегая перегрева. Оптимизация может быть достигнута с использованием Android Sustained Performance API, позволяющего поддерживать стабильную работу в пределах «зеленой» зоны производительности⁶. Этому аспекту будет посвящен отдельный этап последующих исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показал, что мобильные сети малоприспособлены для передачи больших объемов данных, что снижает эффективность централизованных подходов. Вместе с тем современные смартфоны обладают достаточным вычислительным потенциалом для локальной обработки, но их возможности сдерживаются троттлингом. Это подчеркивает необходимость разработки децентрализованной архитектуры с балансировкой нагрузки, устойчивой к сетевым ограничениям и росту объемов информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Гайдамака Ю. В., Самуйлов А. К. Метод расчета характеристик интерференции двух взаимодействующих устройств в беспроводной гетерогенной сети // Информатика и ее применение. 2015. Т. 9. № 1. С. 9–14. DOI: 10.14357/19922264150102

Gaidamaka Yu.V., Samuilov A.K. Method for calculating intercharacteristics of two interacting devices in a wireless heterogeneous network. *Informatics and its application*. 2015. Vol. 9. No. 1. Pp. 9–14. DOI: 10.14357/19922264150102. (In Russian)

2. Kurochkin I., Dolgov A., Manzyuk M., Vatutin E. Using mobile devices in a voluntary distributed computing project to solve combinatorial problems. *Supercomputing: 7th Russian Supercomputing Days, RuSCDays 2021*, Moscow, Russia, September 27–28, 2021, Revised Selected Papers 7. Springer International Publishing, 2021. Pp. 525–537. DOI: 10.1007/978-3-030-92864-3_40

⁶Android Sustained Performance API Documentation [Электронный ресурс] / Google Inc. – URL: <https://developer.android.com/reference/android/os/PowerManager> (дата обращения: 23.06.2025).

3. Acosta A., Almeida F. The particle filter algorithm: parallel implementations and performance analysis over Android mobile devices. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*. 2016. Vol. 28. No. 3. Pp. 788–801.
4. Dongarra J.J., Luszczek P., Petitet A. The LINPACK Benchmark: past, present, and future. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*. 2003. Vol. 15. No. 9. Pp. 803–820.
5. Liu S., Karanth A. Dynamic voltage and frequency scaling to improve energy-efficiency of hardware accelerators. *2021 IEEE 28th International Conference on High Performance Computing, Data, and Analytics (HiPC)*. 2021. Pp. 6–9.
6. Kurhade A.S., Siraskar G.D., Enhancing smartphone circuit cooling: a computational study of pcm integration. *Journal of Advanced Research in Numerical Heat Transfer*. 2024. Vol. 27. No. 1. Pp. 132–145.
7. Benoit-Cattin T., Velasco-Montero D., Fernández-Berni J. Impact of thermal throttling on long-term visual inference in a CPU-based edge device. *Electronics*. 2020. Vol. 9. No. 12. P. 6.
8. Bantock J.R.B., Al-Hashimi B.M., Merrett G.V. Mitigating interactive performance degradation from mobile device thermal throttling. *IEEE Embedded Systems Letters*. 2021. Vol. 13. No. 1. Pp. 1–4.
9. Salem H. Distributed computing system on a smartphones-based network. *Software Technology: Methods and Tools: 51st International Conference*. Springer International Publishing, 2019. Pp. 313–325

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

Исаев Федор Игоревич, аспирант, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»;

115409, Россия, Москва, Каширское шоссе, 31;

alekseylent@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7308-1381>, SPIN-код: 3403-5209

Исаева Галина Николаевна, канд. техн. наук, доцент, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»;

115409, Россия, Москва, Каширское шоссе, 31;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0371-5972>, SPIN-код: 7809-5680

Information about the authors

Fedor I. Isaev, Postgraduate Student, National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute);

115409, Russia, Moscow, 31 Kashirskoe shosse;

alekseylent@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7308-1381>, SPIN-code: 3403-5209

Galina N. Isaeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute);

115409, Russia, Moscow, 31 Kashirskoe shosse;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0371-5972>, SPIN-code: 7809-5680

УДК 004.89

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-35-54

EDN: CADNPS

Обзорная статья

Современные методы поддержки принятия решений в управлении товарными запасами с применением RFID-технологий

Д. В. Триполева

Всероссийский институт научной и технической информации
Российской академии наук (ВИНИТИ РАН)
125190, Россия, Москва, ул. Усиевича, 20

Аннотация. За последние пятнадцать лет системы радиочастотной идентификации (RFID) стали неотъемлемым элементом деятельности современных предприятий, позволяя эффективно отслеживать запасы и контролировать перемещение товарных потоков в рамках цепочек поставок. Наиболее широко технология применяется в розничной и оптовой торговле. Однако RFID-технологии играют ключевую роль в цифровизации и других отраслей, включая автомобилестроение, здравоохранение, фармацевтику и логистику. В статье представлен обзор современных методов поддержки принятия решений в управлении товарными запасами с применением RFID-технологий. Методологическую основу исследования составляет систематизированный подход к поиску и отбору научных публикаций, отражающих процессы внедрения и оптимизации RFID-систем в логистике и управлении запасами. Представленный обзор охватывает следующие аспекты: возможности применения RFID-технологии в различных отраслях, подходы и способы интеграции RFID с моделями систем поддержки принятия решений (СППР) в различных отраслях промышленности, ключевые критерии выбора технологий для управления товарными запасами, а также перспективы и возможности их интеграции с цифровыми инновациями.

Ключевые слова: RFID-технологии, управление товарными запасами, логистика, системы поддержки принятия решений, управление цепочками поставок, цифровая трансформация, отслеживание в режиме реального времени

Поступила 25.06.2025, одобрена после рецензирования 08.07.2025, принята к публикации 29.07.2025

Для цитирования. Триполева Д. В. Современные методы поддержки принятия решений в управлении товарными запасами с применением RFID-технологий // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 35–54. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-35-54

MSC: 90B05, 68T09

Review article

Modern decision support methods in inventory management with RFID technologies

D.V. Tripoleva

Russian Institute for Scientific and Technical Information
of the Russian Academy of Sciences (VINITI RAS)
125190, Russia, Moscow, 20 Usievich street

Abstract. Over the past fifteen years, radio frequency identification (RFID) systems have become an integral part of modern business operations, enabling efficient inventory tracking and control over the movement of goods throughout supply chains. While the technology is most widely used in retail and

wholesale sectors, RFID also plays a critical role in the digital transformation of other industries, including automotive manufacturing, healthcare, pharmaceuticals, and logistics. This article presents a comprehensive review of current decision support methods for inventory management based on RFID technologies. The methodological foundation of the study lies in a systematic approach to the selection and analysis of scientific publications that reflect the implementation and optimisation processes of RFID systems in logistics and inventory management. The review covers the following aspects: the potential applications of RFID technology across industries, approaches and techniques for integrating RFID with decision support system (DSS) models, key criteria for selecting technologies for inventory control, and the prospects for their integration with digital innovations.

Keywords: RFID technology, inventory control, logistics, decision support systems, supply chain management, digital transformation, real-time tracking

Submitted 25.06.2025,

approved after reviewing 08.07.2025,

accepted for publication 29.07.2025

For citation. Tripoleva D.V. Modern decision support methods in inventory management with RFID technologies. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 35–54. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-35-54

ВВЕДЕНИЕ

В условиях стремительного развития технологий и роста требований к операционной эффективности все большее внимание уделяется совершенствованию систем управления товарными запасами. Эффективное управление запасами является ключевым фактором устойчивости бизнеса в различных отраслях, особенно в условиях, когда потребители ожидают быстрого и удобного доступа к необходимым товарам. Ошибки в определении уровня запасов могут привести к дефициту продукции, избыточным затратам, а также к снижению уровня удовлетворенности клиентов. Кроме того, ручная инвентаризация требует значительных временных и трудовых затрат и зачастую сопровождается ошибками [1].

Компании различного масштаба регулярно переоценивают свои текущие логистические возможности, стремясь повысить эффективность использования существующей инфраструктуры и внедрить более прогрессивные технологии.

Одним из первых технологических прорывов в данной сфере стало внедрение штрих-кодов, которое произошло более полувека назад и радикально изменило подход к управлению запасами. Развитие этой технологии способствовало автоматизации логистических процессов и стало основой для появления других решений в области автоматической идентификации (AutoID), включая радиочастотную идентификацию (RFID) [2].

С течением времени интерес к RFID-технологии был непостоянным. Однако в последние годы наблюдается устойчивый рост внимания к данной технологии. Компании вновь обращаются к радиочастотной идентификации, в том числе возобновляют ранее приостановленные проекты, отложенные в период пандемии COVID-19, стремясь компенсировать рост затрат на рабочую силу за счет автоматизации. Этот тренд подтверждается статистическими данными, отражающими динамичное развитие рынка RFID-решений.

Объем мирового рынка решений для отслеживания активов и управления запасами был оценен в 14,18 млрд долларов США в 2023 году и, по прогнозам, достигнет 48,51 млрд долларов к 2032 году. Это соответствует среднегодовому темпу роста на уровне 13,6 % [3] (рис. 1).

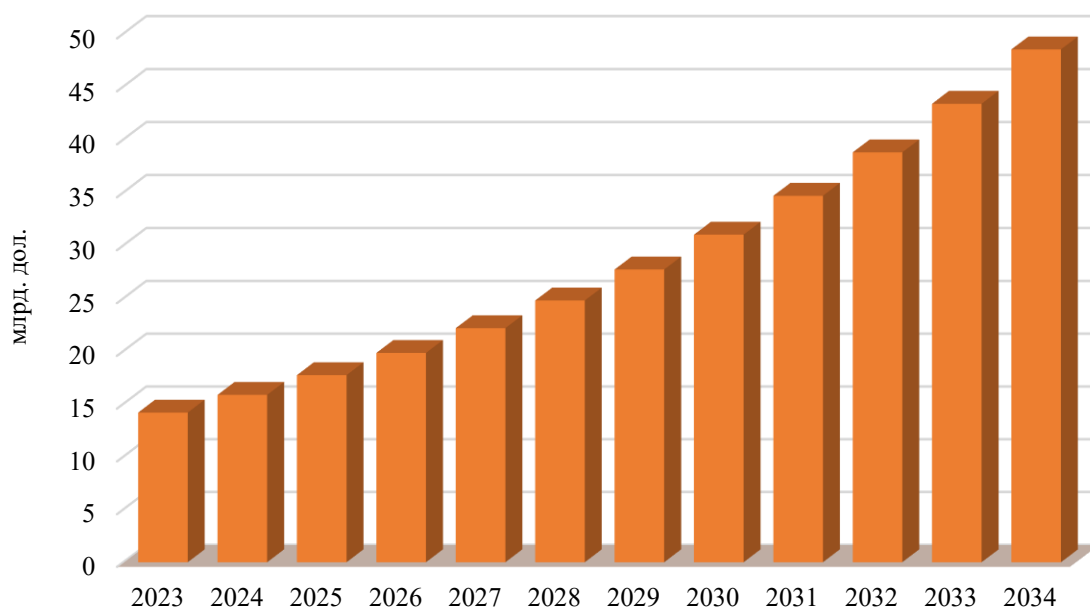


Рис. 1. Динамика роста рынка RFID, млрд долл. США [3]

Fig. 1. Dynamics of RFID market growth, USD billion [3]

В настоящее время рынок RFID-решений демонстрирует рост, обусловленный необходимостью повышения операционной эффективности, оптимизации затрат и решения комплексных задач, возникающих в современных цепочках поставок. По мере того как предприятия из различных отраслей активно внедряют передовые технологии, наблюдается существенный рост спроса на решения, обеспечивающие прозрачность процессов в режиме реального времени, точный сбор данных и использование предиктивной аналитики.

RFID и другие технологии автоматической идентификации являются неотъемлемой частью современных систем управления складскими операциями и важным компонентом их интеграции с ERP-системами и моделями систем поддержки принятия решений (СППР). Система RFID фиксирует перемещение товаров, сырья, а также прочей продукции и предоставляет СППР необходимую информацию. Затем система СППР генерирует пользователям системы оповещения о необходимости пополнения запасов, дефиците, пересортировке или других состояниях складских систем. Три альтернативных сценария внедрения RFID-системы (базовый, средний и полный), характеризующиеся уровнем применения меток (уровень паллеты/ящика/товара), расположением считывателей меток и стоимостью внедрения, обеспечивают систему поддержки принятия решений информацией разной степени детализации и разного уровня качества [4].

Доминирование программных решений, в особенности тех, которые обеспечивают интеграцию RFID-технологий с моделями систем поддержки принятия решений (СППР) и интернетом вещей (IoT), отражает устойчивую тенденцию цифровой трансформации отрасли. Компании все активнее инвестируют в комплексные системы мониторинга активов с целью повышения эффективности использования ресурсов и общей производительности. В то же время сохраняются существенные барьеры, ограничивающие широкое внедрение RFID. К числу таких ограничений относятся высокие первоначальные инвестиционные издержки, трудности интеграции с существующей ИТ-инфраструктурой, а также риски в области информационной безопасности. RFID-метки, считывающие устройства, программное обеспечение и интеграционные процессы по-прежнему требуют значительных затрат,

особенно для субъектов малого и среднего предпринимательства [5]. Серьезным препятствием остается несовместимость RFID-решений с устаревшими системами управления запасами, что требует комплексной модернизации оборудования, программных платформ, сетевой инфраструктуры и форматов данных. Кроме того, RFID и СППР нередко внедряются обособленно – в различных подсистемах управления запасами, логистикой и складским хозяйством, что не позволяет получить максимальный эффект от их использования.

Таким образом, высокая степень актуальности, межотраслевая применимость, а также совокупность преимуществ и ограничений RFID-технологий и моделей систем поддержки принятия решений (СППР) обуславливают устойчивый интерес к ним со стороны научного и экспертного сообщества. Указанные факторы определили выбор темы настоящего исследования и очертили его проблемное поле.

Цель исследования состоит в проведении аналитического обзора современных методов поддержки принятия решений в управлении товарными запасами с применением RFID-технологий.

Задачи исследования:

1. Раскрыть потенциал применения технологии RFID в управлении товарными запасами.
2. Проанализировать подходы и механизмы интеграции RFID и моделей систем поддержки принятия решений (СППР) в различных отраслях промышленности.
3. Сформулировать ключевые критерии, влияющие на выбор RFID-решений в системах управления запасами.
4. Определить перспективы использования RFID в управлении товарными запасами в условиях интеграции с современными цифровыми технологиями.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе подготовки статьи был проведен структурированный поиск научной литературы с элементами систематического анализа, соответствующий методологическим рекомендациям PRISMA. Объектом анализа выступили современные подходы к использованию RFID-технологий в управлении товарными запасами и системах поддержки принятия решений (СППР).

Поисковая стратегия охватывала публикации за период с января 2021 г. по май 2025 г. Окончательная дата завершения поиска — 18 мая 2025 г. Были использованы ведущие международные и отечественные библиографические базы данных: Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect, eLIBRARY. Поиск выполнялся с использованием заранее составленных комбинаций ключевых слов на английском и русском языках. Примеры поисковых запросов:

- RFID AND (inventory OR warehouse) AND (decision support OR DSS);
- «RFID» AND «управление запасами».

В результате поиска были отобраны 142 уникальные записи (после удаления дубликатов). Далее осуществлялся многоэтапный отбор публикаций в соответствии с рекомендациями PRISMA:

Первичный скрининг по заголовкам и аннотациям, по итогам которого была исключена 61 публикация, не соответствующая тематике исследования (например, посвященная применению RFID в медицине, транспорте, безопасности).

Вторичный отбор осуществлялся по полным текстам, в ходе которого была исключена еще 51 публикация по следующим причинам:

- отсутствие доступа к полному тексту,
- публикации в виде патентов, диссертаций и отраслевых отчетов,

- отсутствие явной связи применения RFID с управлением запасами или СППР.
- Финальный набор включил 30 публикаций, удовлетворяющих следующим критериям:
- рецензируемые журнальные статьи или материалы конференций,
 - публикации на русском или английском языках,
 - наличие описания применения RFID в управлении товарными запасами и/или его интеграции с методами поддержки принятия решений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

RFID представляет собой один из методов автоматической идентификации и отслеживания, применяемых в современных информационных системах. Данная технология основана на бесконтактной передаче данных и предназначена для идентификации объектов с использованием радиочастотных сигналов. В отличие от штрих-кодирования RFID не требует прямой видимости между меткой и считывающим устройством, что существенно расширяет возможности ее практического применения [6]. Типичная RFID-система включает три основных компонента: RFID-метки, считыватель RFID и компьютер с IT-системой.

В существующих научных публикациях, в зависимости от отраслевой специфики, в рамках которой рассматриваются возможности внедрения RFID-технологии в управление запасами, исследователи выделяют различные направления ее практического применения.

Например, в контексте управления складской логистикой в розничной торговле такие авторы, как Н. С. Гумберг [7], С. К. Ходжаназарова, Дж. Нурбердиева [8], О. В. Староверова, А. А. Андреева [9], отмечают следующие функциональные возможности использования RFID:

- предотвращение избыточного накопления либо дефицита товарных запасов. Точное отслеживание товарных запасов в режиме реального времени позволяет торговым предприятиям оперативно выявлять дисбаланс между спросом и запасами, минимизировать риски дефицита и избежать финансовых потерь, связанных с переизбытком. Это необходимо для реализации стратегии омниканального обслуживания, своевременного информирования покупателей о наличии товаров, а также для повышения точности прогнозирования спроса. С точки зрения компании оперативный доступ к актуальной информации позволяет принимать взвешенные управленческие решения и эффективно реагировать на такие проблемы, как устаревание продукции или потери запасов;
- обеспечение безопасности складских помещений. Это достигается за счет размещения RFID-считывателей в зонах повышенного риска, например, на выходах. В случае нештатной ситуации система автоматически активирует сигнализацию. Централизованный сбор данных позволяет минимизировать ошибки и сократить время обработки информации, обеспечивая при этом непрерывный контроль за состоянием запасов в режиме реального времени;
- обеспечение прозрачности цепочек поставок в режиме реального времени. Каждый товар маркируется уникальной RFID-меткой, взаимодействующей со считывающими устройствами, что позволяет отслеживать его местоположение и состояние онлайн. Такая оперативная визуализация способствует точному определению местоположения продукции, оптимизации управления запасами и своевременному реагированию на потребности клиентов.

Рассматривая текстильную и легкую промышленность, Nagaraj Mathavan [10] и Mao Nehua [11] дополняют ранее выделенные функциональные возможности RFID, акцентируя внимание на двух дополнительных аспектах:

- ускоренное сканирование товаров. RFID-технология существенно повышает скорость сканирования по сравнению с традиционными методами. RFID-считыватели способны одновременно считывать информацию с нескольких товаров на расстоянии, устраняя необходимость в ручной обработке. Это ускоряет процессы инвентаризации и обновления данных, повышая общую эффективность управления запасами. Быстрое и точное считывание сокращает время на этапах приемки, хранения и отгрузки, тем самым повышая производительность труда персонала;

- снижение трудозатрат. Внедрение RFID-технологий позволяет существенно сократить трудозатраты при управлении запасами за счет автоматизации таких операций, как ручной подсчет и учет. Это дает возможность перераспределить трудовые ресурсы на выполнение более стратегически значимых задач. Кроме того, RFID минимизирует количество ошибок, связанных с человеческим фактором, снижая потребность в трудоемких исправлениях и повторных проверках.

Рассматривая фармацевтическую и медицинскую отрасли, исследователи акцентируют внимание на ряде критически важных возможностей RFID в контуре управления запасами [12–14]. Эти аспекты имеют ключевое значение для обеспечения высокого качества продукции и соблюдения строгих экологических стандартов, установленных для отрасли.

1. Маркировка источника. Данная практика предполагает нанесение RFID-меток на продукцию непосредственно в процессе производства или в точке ее происхождения. Это обеспечивает полный контроль и прослеживаемость товара на всем протяжении цепочки поставок – от момента производства до конечной точки реализации. Такая интеграция значительно повышает эффективность и прозрачность логистических процессов, предоставляя данные о маршруте перемещения продукции и условиях ее хранения.

2. Устойчивое развитие и экологический след. В условиях, когда устойчивое развитие становится приоритетной стратегической задачей бизнеса, RFID-технологии играют важную роль в рациональном использовании ресурсов, минимизации отходов и снижении воздействия на окружающую среду. Применение RFID в управлении запасами способствует более экологически ответственному подходу и обеспечивает вклад в долгосрочную устойчивость отрасли.

По мнению автора, наиболее эффективным способом описания функциональных возможностей RFID в управлении запасами в различных отраслях промышленности является подход, основанный на выявлении конкретных проблем и соответствующих решений, предлагаемых данной технологией. Этот метод отличается высокой степенью универсальности и может быть эффективно применен в различных отраслях без необходимости адаптации к их специфическим условиям. В таблице 1 представлен обобщенный подход, сформулированный на основе анализа научных публикаций, охватывающих различные сферы применения RFID-технологий.

Таблица 1. Проблемы, решаемые с помощью технологии RFID, и соответствующие решения***Table 1.** Problems addressed by RFID technology and solutions

Проблемы	Негативные результаты	Решения	Особенность дизайна
Сложные процедуры учета запасов	Задержка в обработке заявок	Разработка интегрированной информационной системы с автоматическим обновлением записей	Автоматизированная система инвентаризации
Потеря или повреждение идентификатора	Утрата информации о товаре, невозможность идентификации	Использование более прочных или надежных RFID-меток	Прочные RFID-метки с увеличенным сроком службы
Нарушения безопасности	Несанкционированный доступ, приводящий к потерям, ошибкам при перемещении товара. Некорректная запись идентификатора данных клиента	Применение системы автоматической идентификации и контроля доступа с точным сканированием	RFID-система, обеспечивающая сканирование и обновление данных в реальном времени
Сложность отслеживания товаров	Увеличенное время на отслеживание и определение местоположения	Автоматическое обновление данных о местоположении, отображение актуальной информации в системе	Интеграция с базой данных, поддерживаемой RFID

*составлено автором

Как уже было указано ранее, наибольшая эффективность применения RFID-технологий в управлении товарными запасами достигается при их интеграции с моделями систем поддержки принятия решений (СППР). Системы поддержки принятия решений относятся к классу компьютерных информационных систем, обеспечивающих поддержку процесса принятия решений в различных бизнес-сценариях. Эффективно разработанная система СППР представляет собой интерактивную программную систему, предназначенную для помощи лицам, принимающим решения, в сборе значимой информации из исходных данных, документов, экспертных знаний и/или бизнес-моделей с целью выявления проблем и выработки обоснованных решений по их устранению. Модели СППР могут классифицироваться по типу операций, которые они поддерживают и реализуют. Эти операции можно расположить на шкале, варьирующейся от систем, ориентированных преимущественно на данные, до систем, базирующихся на моделях.

Традиционно модели СППР классифицируются на семь основных типов.

1. Файловые системы («ящики для файлов»), предоставляющие доступ к хранимым элементам данных.

2. Системы анализа данных, которые поддерживают манипулирование данными с помощью компьютеризированных инструментов, адаптированных к конкретным задачам и настройкам, или с помощью более общих инструментов и операторов.

3. Аналитические информационные системы, которые предоставляют доступ к тематическим базам данных и прикладным моделям, ориентированным на поддержку принятия решений.

4. Бухгалтерские и финансовые модели, предназначенные для оценки последствий возможных действий и поддержки расчетов в рамках финансового и управленческого учета.

5. Имитационные (репрезентативные) модели, позволяющие прогнозировать последствия действий на основе моделирования реальных процессов.

6. Оптимизационные модели, формирующие рекомендации на основе вычисления оптимального варианта с учетом заданных ограничений.

7. Модели предложений, формирующие конкретные решения на основе логических или экспертных правил, применимых к хорошо структурированным задачам.

Изучение научной литературы и практических кейсов, подтвердивших эффективность внедрения систем поддержки принятия решений в различных сценариях управления товарными запасами, позволило автору составить классификацию моделей СППР, реализуемых при поддержке RFID-технологий, и выделить их эффективность (табл. 2).

Таблица 2. Классификация моделей СППР, реализуемых при поддержке RFID-технологий в управлении запасами*

Table 2. DSS models classification supported by RFID technology in inventory management

Модель СППР	Описание	Технологии	Результаты внедрения (KPI)	Примечания
EOQ-RFID (управление заказами)	Автоматизация расчета EOQ на основе RFID-данных	RFID-метки (UHF), WMS, аналитический модуль	Снижение избыточных запасов на 20–35% Снижение количества заказов на 10–15%	Используется в цепочках поставок товаров длительного хранения
RFID-JIT DSS	JIT-модель с отслеживанием поставок и ETA на основе RFID	RFID+GPS, ERP+API-интеграция, ML (ETA-прогноз)	Сокращение времени простоя склада на 30–50% Снижение складских запасов на 25–40%	Применяется в автопроме (например, Toyota), FMCG
ML+RFID DSS	Прогнозирование спроса на основе RFID и поведенческой аналитики	RFID, ML-модели (XGBoost, LSTM), Data Lake	Увеличение точности прогноза спроса до 85–92% Снижение дефицита складских запасов на 15–25%	Находит свое применение в розничной торговле (например, Decathlon, Inditex)
RFID+IoT условия хранения	Мониторинг условий хранения (температура, влажность) и принятие решений	RFID с датчиками, IoT-шлюзы, MQTT, аналитика	Снижение порчи продукции на 30–70% Автоматизация контроля качества – до 100%	Применяется в фармацевтической и пищевой отраслях
СППР для автоматизированной инвентаризации	Автоматизация учета и идентификация дефицита товаров	RFID (passive), портативные считыватели, планшеты, облако	Ускорение инвентаризации до 90% Снижение расхождений с системой на 70–95%	Реализовано в Zara, Uniqlo, Bosch
Сценарная СППР для сезонных запасов	«Что, если»–моделирование спроса+RFID-инвентаризация	RFID, BI-инструменты (Power BI, Tableau), ABC-анализ	Рост продаж на 5–12% Уменьшение остатка после сезона продаж на 25–40%	Эффективно в индустрии моды и сезонном ритейле

*составлено автором

Модель системы поддержки принятия решений (СППР) обычно включает следующие компоненты: интерактивную интерфейсную подсистему, подсистему постановки задач, базу данных, библиотеку моделей, библиотеку методов и систему управления базой знаний. В отдельных прикладных реализациях СППР отдельная база знаний и механизм ее управления могут отсутствовать, однако наличие библиотеки моделей и методов, как правило, является необходимым. В зависимости от целей применения, особенностей предметной области и логики исследования структура СППР может принимать различные формы. В таблице 3 представлены типовые характеристики моделей СППР, применяемых в управлении запасами в различных отраслях.

Таблица 3. Технические характеристики моделей СППР, интегрированных с RFID-технологиями, для управления запасами*

Table 3. Technical characteristics of DSS models integrated with RFID technologies for inventory management

Параметр	Значение / Диапазон
Тип RFID меток	Passive UHF (EPC Gen2); в отдельных случаях – Active RFID (например, для JIT-моделей)
Частота	860–960 MHz (UHF)
Дальность считывания	2–12 м (в зависимости от используемого считывателя)
Система сбора данных	RFID Middleware
Интерфейсы	REST API, ERP/WMS (SAP, Oracle), MQTT (для IoT-интеграции)
ML-интеграция	Scikit-learn, TensorFlow, PyTorch, AWS SageMaker (фреймворки машинного обучения)

*составлено автором

Принцип работы моделей СППР с использованием RFID-технологий для поддержки принятия решений заключается в следующем:

1. Сбор данных: считывание RFID-меток в режиме реального времени (на полках, складах, в транспортных единицах).
2. Обработка: платформа RFID middleware передает данные в BI-систему или модуль СППР.
3. Анализ: СППР применяет правила, модели машинного обучения или сценарные подходы (например, ABC/XYZ-анализ, метод «что, если»).
4. Выработка решений: система формирует рекомендации (перемещение товаров, формирование заказа, списание, перераспределение и др.).
5. Исполнение: ERP/WMS/CRM-системы реализуют действия в автоматическом или полуавтоматическом режиме.

Отдельное направление современных исследований посвящено анализу степени внедрения технологии RFID в различных секторах экономики. Ниже рассмотрены наиболее значимые на сегодняшний день результаты и примеры практического применения.

Технология RFID демонстрирует высокую адаптивность в различных отраслях, особенно в здравоохранении, фармацевтике и логистике продовольственных товаров. В медицинской сфере RFID активно применяется для управления запасами критически важных материалов, обеспечения точности в выдаче медикаментов и повышения безопасности пациентов. Так, Yue Wu и Wenting Tang [14] отмечают, что внедрение RFID в больничные системы отпуска лекарств позволило значительно сократить запасы и снизить количество ошибок, характерных для ручного пополнения медикаментов и средств первой необходимости. Эти изменения способствуют повышению уровня безопасности пациентов, обеспечивая своевременное наличие необходимых препаратов и снижая риск ошибок, связанных с человеческим фактором.

В фармацевтическом секторе технология RFID также играет важную роль, позволяя обеспечивать соблюдение строгих нормативных требований при управлении товарными запасами, особенно в части безопасности цепочки поставок лекарственных средств. Согласно данным, представленным в работах Changhong Pan, Meng Liu [15], Н. К. Аркабаева, А. С. Орозбаева и Т. А. Наралиева [16], интеграция RFID с технологией блокчейн позволяет значительно повысить уровень прослеживаемости лекарств от производителя до конечного по-

требителя, что имеет критическое значение для предотвращения распространения контрафактной продукции. Отслеживание данных в реальном времени с применением RFID способствует подтверждению подлинности препаратов, а также обеспечивает контроль условий их хранения, особенно при интеграции с IoT-датчиками, фиксирующими параметры внешней среды. Т. В. Кузнецова [17] подчеркивает, что совместное использование указанных технологий позволяет поддерживать оптимальные условия хранения и транспортировки фармацевтической продукции, способствуя сохранению ее терапевтической эффективности.

На основании представленных статистических данных (рис. 2), Abhay K. Grover и Muhammad Hasan Ashraf [18] приходят к выводу, что в 2023 году сегмент отслеживания активов и товаров с применением технологии RFID занимал лидирующую позицию на рынке, обеспечивая 38,28 % общемирового дохода в сфере здравоохранения. Растущий спрос на эффективные системы отслеживания поставок медицинского оборудования и товаров является одним из ключевых факторов, способствующих активному развитию данного направления.

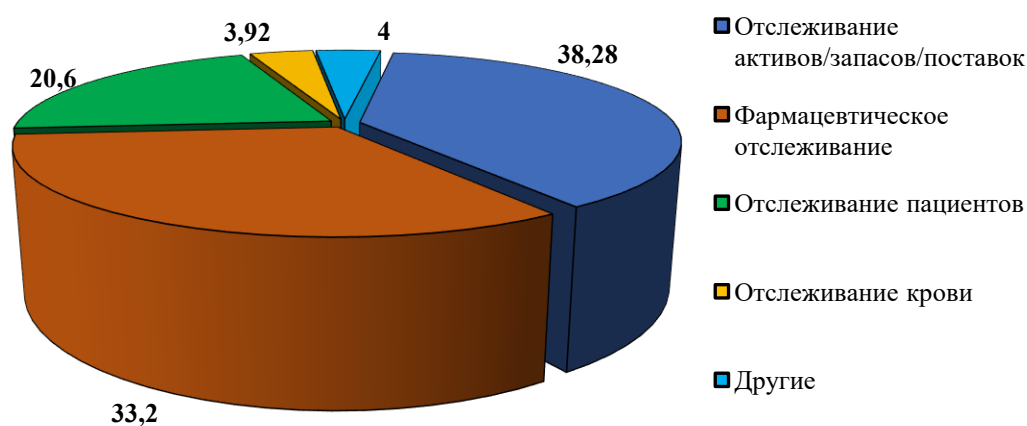


Рис. 2. Структура применения RFID-технологий в различных сегментах здравоохранения, % [18]

Fig. 2. Structure of RFID technology application across healthcare segments, % [18]

Исследователи также подчеркивают, что сегмент отслеживания фармацевтических препаратов, согласно прогнозам, будет демонстрировать наиболее высокие темпы роста в 2025–2029 гг. Помимо мониторинга медикаментов на всех этапах цепочки поставок и минимизации экономических потерь в случае отзыва продукции, RFID-технологии обеспечивают надежный способ получения информации о лекарственных средствах. Кроме того, ряд фармацевтических компаний сотрудничает с производителями RFID-оборудования для разработки и внедрения новых решений. Так, в октябре 2020 года компании Sandoz Inc. и Kit Check Inc. представили на рынке США три инъекционных препарата с интегрированными RFID-метками. Цель данного проекта – обеспечение медицинских учреждений стабильными поставками высококачественных медикаментов.

Значительное количество публикаций посвящено результатам применения технологии RFID в розничной торговле. Так, Ш. Г. Абдурахманов [19] отмечает, что для многих ритейлеров технология RFID является эффективным инструментом предотвращения хищений, в частности, благодаря решениям формата «умные выходы». Присвоение уникального идентификатора каждой единице продукции позволяет детально отслеживать ее движение при выходе из магазина и сопоставлять с информацией об оплате. Кроме того, видеонаблюдение может быть интегрировано в систему фиксации инцидентов, что позволяет оперативно выявлять случаи возможных правонарушений и ускорять процесс внутреннего расследования.

Ryan Atkins, Abdurrezzak Sener [20], а также Chenglong Du [21] выделяют несколько ключевых направлений, в которых применение RFID дало наибольший эффект в сфере розничной торговли:

1. Инвентаризация. Отслеживание товарных запасов остается одним из основных назначений RFID в ритейле. Технология позволяет определять местоположение товара и его характеристики каждый раз при прохождении через RFID-считыватель. Это сокращает время на поиск продукции и формирует точный и актуальный перечень товаров в режиме реального времени.

2. Выполнение заказов. Торговые компании используют RFID-считыватели в транспортных средствах и распределительных центрах для отслеживания перемещения товаров, снабженных RFID-метками. Такая система учета и контроля позволяет предотвратить потери и хищения. Исследователи отмечают, что, по данным компании Zebra Technologies, 42 % ритейлеров планируют внедрение RFID с целью снижения потерь в течение ближайших трех лет, а 61 % планируют использовать технологию в своих магазинах к 2026 году.

3. RFID и самообслуживание. Некоторые торговые сети, включая Amazon, экспериментируют с форматами магазинов полного самообслуживания на базе RFID. В таких системах, когда покупатель с привязанным счетом и способом оплаты покидает магазин с товаром, RFID-метка автоматически считывается, и оплата списывается без кассового взаимодействия.

В таблице 4 представлены систематизированные функции моделей систем поддержки принятия решений (СППР) в управлении запасами торговых предприятий, которые реализуются ими на основе RFID-данных, и полученные результаты, которых удалось достичь в реальных ситуациях.

Таблица 4. Функции моделей систем поддержки принятия решений (СППР) для управления запасами в торговле*

Table 4. DSS functions for inventory management in trade

Функция СППР	Используемые RFID-данные	Результат	Примеры использования
Автоматическое пополнение товара	Уровень остатков на полках (считывание RFID в режиме реального времени)	Снижение дефицита складских запасов на 25–40% Рост продаж на 3–10%	Zara, Walmart – автоматические предложения к заказу по категориям на основе ABC-анализа
Прогнозирование спроса	История RFID-считываний + данные продаж + сезонность	Точность прогноза до 90–93% Снижение избыточных запасов на 15–30%	Используются модели LSTM, XGBoost, Prophet
Инвентаризация и контроль расхождений	Считывания RFID-меток по всей торговой площади	Ускорение инвентаризации до 90% Снижение потерь от ошибок и хищений на 50–80%	Сотрудники проходят с RFID-сканером – сравнение с ERP
Выявление «медленно продаваемых» товаров	Частота движения товара (количество RFID-сканирований за период)	Сокращение «мертвых запасов» на 20–50%	СППР предлагает распродажи / перемещения между магазинами
Оптимизация выкладки	Сравнение фактического размещения RFID-товаров с планом	Повышение точности выкладки на до 95% Рост конверсии на 2–5%	Камеры + RFID фиксируют, как товары выставлены на витринах
Контроль сроков годности (для продовольствия)	RFID с датчиком температуры/времени хранения	Снижение потерь по сроку на 30–70%	СППР уведомляет об истечении сроков, предлагает уценку или перемещение товаров
Анализ трафика и движения товара в магазине	RFID-считывания: откуда и куда перемещался товар	Оптимизация логистики в торговом зале Обнаружение «слепых зон»	Поддерживает решение по новой раскладке и зонированию

*составлено автором

Представляют интерес аргументы и выводы, сформулированные Р. М. Яфизовым, Н. А. Марковым и О. М. Перминовой [22], раскрывающие причины широкого распространения

RFID-технологий в розничной торговле. Авторы отмечают, что за последнее десятилетие средняя стоимость одной RFID-метки снизилась на 80 % и в настоящее время составляет около четырех центов. При этом точность считывания увеличилась в два раза, а радиус действия – более чем в пять раз, что позволяет использовать меньшее количество оборудования и повышать качество идентификации. Кроме того, стоимость самих RFID-считывателей снизилась почти на 50 %.

Исследователи подчеркивают, что современные RFID-решения способны значительно изменить экономическую модель функционирования розничного магазина, одновременно снижая издержки и увеличивая доходность. К числу прогнозируемых эффектов относятся:

- повышение точности инвентаризации более чем на 25 %,
- увеличение объема продаж по полной цене на 1,0–3,5 % за счет оптимизации запасов и процессов управления,
- сокращение трудозатрат, связанных с инвентаризацией, на 10–15 %,
- снижение уровня усушки и краж, что может способствовать росту доходности на 1,5 %.

Систематизированные автором результаты анализа применения RFID в управлении запасами в различных отраслях и на разных уровнях представлены в таблице 5.

Таблица 5. Сферы применения RFID технологий в управлении товарными запасами в различных отраслях на различных уровнях

Table 5. Areas of application of RFID technologies in inventory management in various industries at various levels

Авторы	Уровень анализа	Инструменты	Описание
Ерохин В.В., Зафиров А.Е. [2]	Фирма	Тематический анализ	Коммерческий готовый робот, оснащенный RFID, для точного определения местоположения в сетях поставок
Гумберг Н.С. [7], N. Mathavan [10]	Фирма	Анализ затрат	Сети снабжения с поддержкой технологий распределенной бухгалтерской книги и IoT
Yue Wu, Wenting Tang [14]	Здравоохранение	Энтропийная модель	Энтропийный подход на основе марковского распределения, направленный на минимизацию стоимости запасов, сокращение отходов и повышение устойчивости
Changhong Pan, Meng Liu [15]	Транспортная отрасль	Эвристические методы	Благодаря низким колебаниям и согласованности при получении и выполнении данных создаются системы RFID с дальним хранением
Abhay K. Grover, M. Hasan [18]	Ритейл	Экспериментальный анализ	Анализ эффективности затрат и развертывание децентрализованной платформы приложений на основе блокчейна
Арутюнян Ю. И., Такахо Э. Е. [12]	Межотраслевой		Разработка и тестирование алгоритма для определения жизнеспособности RFID в межотраслевой цепи поставок
Линь Шо [28]	Здравоохранение		Анализ чувствительности для оценки качества и поставок материалов поставщиками
Аркабаев Н. К., Наралиев Т. А. [16]	Оптовая торговля	Теоретический и экспериментальный анализ	Для улучшения процесса цепочки поставок в реальном времени был использован новый и эффективный подход к отслеживанию и контролю за запасами
Дворский А. А. [23]	Транспортная отрасль		Специально разработанные системы с метками RFID для понимания и оценки затрат на хранение, вычисления и связь
Chenglong Du [21]	Логистика, дистрибуция		Протокол Tree Hopping (TH) был протестирован, чтобы узнать эффект от использования RFID для позиционирования и отслеживания местоположения товарных запасов во время их транспортировки
Бакиров Р. М., Аббакумов А. А. [24]	Межотраслевой	Структурированное моделирование	Разработана структура E-ERMI (Enterprise–Extended Resource Management) и проведено моделирование для оценки ее эффективности в различных областях применения, включая управление запасами, управление цепочками поставок, дистрибуцию и розничную торговлю
Carlos James P. De Guzman, Alvin Y. Chua Path [25]	Управление складом	Нейросетевое моделирование	Встроенные технологии, включая большие данные, IoT позволяют повысить эффективность цепочек поставок и дают преимущества лицам, принимающим решения в данном секторе
Диденко Н. И. [27]	Фармацевтика		Система прослеживаемости в фургоне дистрибьютора лекарств

*составлено автором

Несомненно, в контексте проводимого исследования заслуживает отдельного внимания эффективность моделей СППР, интегрированных с RFID-технологиями. Ученые отмечают, что результативность данной комбинации для конкретного предприятия зависит от характеристик и структуры системы сбора, обработки и обмена данными, в частности в управлении запасами и цепочках поставок, где требуется доступность информации для передачи спроса и предложения между каждым уровнем от низового до верхнего. Следует отметить, что в ряде случаев со стороны пользователей СППР подвергаются критике из-за сложной структуры базы данных и информационных систем или из-за недостаточных знаний и осведомленности. Поэтому модели СППР должны быть адаптированы с учетом проблем и видов деятельности конкретного предприятия и отрасли.

Учитывая вышеизложенное, в таблице 6 представлены результаты, демонстрирующие эффективность различных комбинаций моделей СППР и RFID-технологий при решении конкретных задач в различных отраслевых приложениях.

Таблица 6. Эффективность моделей СППР и RFID-технологий в отраслевом применении

Table 6. Efficiency of DSS models and RFID technologies in various industries

Отрасль	Основные задачи	Интеграция СППР + RFID	Результаты
Розничная торговля (одежда, электроника)	Управление запасами, предотвращение дефицита на складе, инвентаризация	СППР использует RFID-данные о фактическом местоположении и движении товаров для анализа и оптимизации пополнения	Уменьшение дефицита на полке: –30–50 % Рост продаж: +5–10 % Инвентаризация быстрее в 5–10 раз
Логистика и 3PL	Отслеживание перемещений, управление складами	СППР агрегирует RFID-данные со сканеров/порталов и поддерживает принятие решений о маршрутах, хранении, утилизации	Точность логистики: +20–40 % Уменьшение потерь и пересортицы товаров: –40–60 %
Медицина и фармацевтика	Контроль сроков годности, условий хранения, управление запасами препаратов	RFID + СППР контролирует температуру/влажность, а также прогнозирует спрос на основе истории потребления	Потери от порчи: –50–70 % Доступность препаратов: +15–30 %
Автомобильная промышленность	Контроль WIP (Work in Progress), JIT поставки, управление сборкой	RFID отслеживает компоненты, СППР регулирует поставки и сборку в режиме реального времени	Снижение простоев: –30–50 % Повышение эффективности сборки: +15–25 %
Продуктовый ритейл	Сроки годности, управление запасами, отслеживание поставок	СППР использует RFID-данные о сроках и объеме запасов для оптимизации использования витрин и выкладки товаров	Снижение списаний: –20–40 % Увеличение доступности продукции: +10–20 %
Складские комплексы и дистрибуция	Инвентаризация, приемка, отгрузка, предотвращение ошибок	RFID фиксирует движение единиц хранения (SKU); СППР выявляет расхождения и оптимизирует маршруты	Уменьшение ошибок комплектования: 70–90 % Повышение скорости отгрузки: +30–50 %

* составлено автором

Ученые и практики справедливо подчеркивают, что эффективность внедрения RFID-технологий в систему управления запасами в значительной степени зависит от обоснованного выбора и соблюдения критериев, позволяющих определить наиболее оптимальную технологическую конфигурацию, способствующую достижению целевых показателей.

Линь Шо [28] предлагает классифицировать критерии выбора RFID-технологий в управлении товарными запасами на три категории в зависимости от их функционального назначения. Рассмотрим каждую из них более подробно.

1. Отслеживание запасов.

Ключевой задачей любой RFID-системы управления запасами является обеспечение их точного и своевременного отслеживания. Это включает определение местонахождения товаров, контроль их количества и регулярное обновление данных в режиме реального времени. Основными критериями при выборе технологий для данной функции являются:

- возможность отслеживания в реальном времени: система должна обеспечивать мониторинг онлайн с минимальной задержкой и предоставлять актуальную информацию о запасах по запросу;
- высокая точность сканирования и обработки данных, позволяющая свести к минимуму ошибки и расхождения;
- удобство и простота использования: интерфейс должен быть интуитивно понятным, а система – не требовать значительных затрат на обучение персонала;
- интеграция с существующими системами: технология должна легко встраиваться в текущую ИТ-инфраструктуру предприятия.

2. Пополнение запасов.

Эффективное пополнение товарных запасов критически важно для предотвращения дефицита и избыточного складирования. Надежная RFID-система должна способствовать автоматизации этого процесса. Критерии выбора включают:

- поддержка автоматического повторного заказа: система должна инициировать заказы на пополнение, когда их уровень достигает заданного порога;
- интеграция с информационными системами поставщиков, обеспечивающая ускоренное и скоординированное пополнение;
- наличие инструментов прогнозирования, позволяющих рассчитывать потребности в запасах на основе исторических данных и тенденций спроса.

3. Управление заказами.

Эффективное управление заказами обеспечивает их своевременное выполнение и способствует повышению удовлетворенности клиентов. Основное требование к RFID-технологии в данной сфере – упрощение процесса управления заказами на всех этапах: от получения до доставки. В этом контексте критерии выбора включают:

- возможность отслеживания заказов в режиме реального времени на всех этапах цепочки поставок;
- поддержка процессов комплектации, упаковки и доставки, направленных на оптимизацию логистики;
- обеспечение точности обработки заказов, минимизация ошибок;
- интеграция с каналами продаж, что обеспечивает централизованный и прозрачный учет заказов в омниканальной среде.

Для получения преимуществ сквозного отслеживания (end-to-end) товарных запасов с использованием технологии RFID на уровне как целых партий, так и отдельных единиц продукции, предприятия должны иметь возможность отслеживать данные на всех этапах жизненного цикла товара. Обеспечение такой прозрачности сравнительно легко реализуется в условиях вертикальной интеграции. Однако для фрагментированных отраслей это представляет собой серьезную задачу. Когда товары переходят от одного участника цепочки поставок к другому – от поставщиков к дистрибьюторам и далее к розничным продавцам – данные RFID, как правило, фрагментированы и не синхронизированы. Каждый участник цепочки создания стоимости располагает ограниченной информацией, что затрудняет комплексный мониторинг. В результате компании нередко не в состоянии реализовать преимущества сквозной прослеживаемости, что ставит их в менее выгодное конкурентное положение.

Одним из решений данной проблемы, обсуждаемым в современной научной литературе, является интеграция технологии RFID с передовыми цифровыми инновациями, такими как облачные вычисления и интернет вещей (IoT). Вопросы такой интеграции подробно рассматриваются, в частности, в работах Ю. Ю. Емельяновой, Н. А. Кожинной и В. А. Логуновой [29]. Авторы выделяют следующие возможности интеграции и связанные с ними преимущества.

Облачная обработка данных, полученных из RFID-среды, представляет собой непрерывный процесс и является одним из ключевых направлений в стратегиях управления товарными запасами. Облачные вычисления обеспечивают централизованное хранение информации, собираемой с устройств IoT и компонентов RFID-систем, а также возможность ее анализа и удаленного доступа с любого устройства, подключенного к сети. Это позволяет отслеживать складские операции и процессы инвентаризации в режиме реального времени. Облачные платформы обладают масштабируемостью, что дает компаниям возможность увеличивать объемы хранения и вычислительные мощности по мере расширения операций, без необходимости значительных капитальных вложений в локальную инфраструктуру. Кроме того, облачные системы могут включать в себя инструменты продвинутой аналитики, технологии искусственного интеллекта и алгоритмы машинного обучения, что позволяет осуществлять углубленный анализ данных. На основе этих данных менеджеры могут принимать более обоснованные управленческие решения в сферах инвентаризации, выполнения заказов и оптимизации цепочек поставок.

Технологии интернета вещей (IoT) получили широкое распространение в корпоративной практике, в том числе среди промышленных и торговых предприятий. Их применение позволяет автоматизировать контроль состояния датчиков, собирать и обрабатывать данные, формировать стратегии управления, основанные на анализе информации, а также оптимизировать процессы в области управления товарными запасами. Технологии IoT обеспечивают мониторинг состояния товаров, оборудования и условий хранения в режиме реального времени с использованием встроенных сенсоров и интеллектуальных устройств. Такие устройства взаимодействуют с централизованными цифровыми платформами, обеспечивая непрерывную передачу данных об уровне запасов, параметрах окружающей среды (например, температуре, влажности) и перемещении материальных активов.

Непрерывный поток данных способствует повышению прозрачности процессов, реализации предиктивного обслуживания и повышению эффективности оперативного управления.

Наряду с преимуществами и перспективами внедрения цифровых технологий в сочетании с RFID в научной литературе подчеркивается необходимость учитывать также потенциальные сложности, риски и ограничения, возникающие в процессе интеграции. Эти препятствия подробно описаны в исследованиях W. Jie и C. Pei [30], среди которых выделяются следующие:

1. Сложности интеграции. Переход от устаревших систем к современным решениям требует значительных изменений в аппаратной и программной архитектуре, а также в операционных процессах предприятий.

2. Проблемы совместимости. Устройства IoT, RFID-считыватели и облачные платформы могут использовать различные протоколы передачи данных, что затрудняет их бесшовную интеграцию в единую информационную систему.

3. Перегрузка данными. Большие объемы информации, формируемые датчиками IoT и RFID-компонентами в реальном времени, могут приводить к перегрузке информационных систем, снижению скорости обработки данных и увеличению времени отклика.

В заключение проведенного обзора с целью обобщения возможностей и отличительных характеристик традиционных штрих-кодов, RFID-меток, а также RFID-технологий, интегрированных с облачными сервисами и IoT, в таблице 7 представлены ключевые особенности указанных решений, выделенные автором.

Таблица 7. Сравнительная характеристика технологий управления товарными запасами

Table 7. Comparative characteristics of inventory management technologies

Технология	Ключевые особенности
Штрих-коды 	• необходима прямая видимость (ограничивает гибкость сканирования) • ограниченное количество считываний • малая емкость данных
RFID на уровне предметов 	• легкое считывание меток, даже сквозь упаковку • оперативное считывание каждой единицы товара • возможность многократного считывания • при каждом считывании фиксируется больший объем данных (на порядки выше, чем у штрих-кодов)
RFID интегрированное с облаком 	• непрерывное считывание на уровне отдельных единиц • интеграция дополнительных данных от партнеров по цепочке поставок • максимальный объем данных и расширенные аналитические возможности

Таким образом, на основе проведенного анализа можно сформулировать следующие выводы.

Технология RFID по-прежнему занимает ключевое место среди инновационных решений в области управления товарными запасами и цепями поставок, обеспечивая высокую точность, надежность и операционную эффективность. Вместе с тем ее успешное внедрение требует системного подхода и учета ряда важных факторов. В статье представлен аналитический обзор современного научного и прикладного опыта применения RFID, в рамках которого проанализированы следующие аспекты:

- потенциал RFID-технологии для повышения эффективности управления запасами;
- возможности, подходы и способы интеграции RFID и моделей СППР в различных отраслях промышленности;
- критерии, определяющие выбор соответствующей технологии для конкретных логистических задач;
- возможности интеграции RFID с цифровыми платформами, облачными решениями и средствами интернета вещей (IoT).

Перспективы дальнейших исследований видятся в следующем: многоотраслевые сравнительные эксперименты с единой системой КРП (например, точность инвентаризации, скорость пополнения, потеря товарных запасов, окупаемость инвестиций); гибридных СППР, объединяющих RFID-технологии с IoT-сенсорами и предиктивной аналитикой; комплексная оценка кибер- и приватностных рисков при масштабном развертывании RFID-экосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гумберг Н. С. Программная реализация информационной системы складской логистики с использованием RFID-меток // Перспективы науки. 2023. № 8(167). С. 28–31. EDN: YTSXQC

2. Ерохин В. В., Зафиров А. Е. Решение логистической задачи склада с использованием RFID-меток // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. № 6. С. 119–131. DOI: 10.36871/ek.up.r.2024.06.08.017
3. Buenrostro-Rocha S., Medina-Monroy J.L., Herrera-Charles R. Passive UHF RFID tag achieving read ranges comparable to battery-assisted passive tags for containers, vessels, vehicles, and aircraft applications // International Journal of Numerical Modelling. 2024. Vol. 37. No. 5. DOI: 10.1002/jnm.3299
4. AL-Shboul M.A. RFID technology usage and supply chain global positioning information sharing system: An enablers of manufacturing enterprises' supply chain performance-fresh insights from the Middle East region as developing countries // The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries. 2023. Vol. 90. No. 2. Pp. 65–74. DOI: 10.1002/isd2.12304
5. Коренякина Н. Н., Горянин Н. В. Оптимизация транспортно-складских процессов в логистике за счет применения инновационных технологий // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. 2024. № 3. С. 36–42. EDN: BIXEWA
6. Huang Zh., Sun X. Efficiency analysis of sports equipment batch management based on antimetal RFID tag // Journal of Sensors. 2022. Vol. 2022. No. 1. Pp. 76–84. DOI: 10.1155/2022/2989375
7. Гумберг Н. С. О проектировании информационной системы складской логистики с использованием RFID-меток // Наука и бизнес: пути развития. 2023. № 8 (146). С. 61–63. EDN: GPZEBV
8. Ходжаназарова С. К., Нурбердиева Дж. Анализ упаковки товаров, методов маркировки и путей их развития // Матрица научного познания. 2025. № 3-1. С. 261–263. EDN: EJQXDF
9. Староверова О. В., Андреева А. А. Некоторые особенности применения роботизированных технологий в складской логистике // Журнал исследований по управлению. 2022. Т. 8. № 3. С. 39–49. EDN: EDGEKK
10. Mathavan N. Application of optimization algorithm for virtual reference tag assisted localization and tracking of RFID // International Journal of Communication Systems. 2024. Vol. 37. DOI: 10.1002/dac.5807
11. Hehua M. Application of passive wireless rfid asset management in warehousing of cross-border e-commerce enterprises // Journal of Sensors. 2021. Vol. 17. No. 10. Pp. 23–29. DOI: 10.1155/2021/6438057
12. Арутюнян Ю. И., Такахо Э. Е. Обеспечение информационной инфраструктуры в логистических системах организаций розничной торговли // Московский экономический журнал. 2022. Т. 7. № 5. С. 12–18. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_5_290
13. Zhang R., Zhou X. Research on intelligent warehousing and logistics management system of electronic market based on machine learning // Computational Intelligence and Neuroscience. 2022. Vol. 5. No. 19. Pp. 45–56. DOI: 10.1155/2022/2076591
14. Wu Y., Tang W. Intelligent logistics warehousing strategy based on 5g network and cloud computing in the era of big data // Internet Technology Letters. 2024. Vol. 23. No. 6. Pp. 66–75. DOI: 10.1002/itl2.620
15. Pan Ch., Liu M. Optimization of intelligent logistics supply chain management system based on wireless sensor network and RFID technology // Journal of Sensors. 2021. Vol. 19. No. 18. Pp. 33–39. DOI: 10.1155/2021/8111909
16. Аркабаев Н. К., Орозбаева А. С., Наралиев Т. А. Оптимизация складского учета с использованием технологий интернета вещей и платформы.NET // Вестник Ошского государственного университета. 2024. № 4. С. 150–163. DOI: 10.52754/16948610_2024_4_16
17. Кузнецова Т. В. Логистика 4.0 и инновационные логистические технологии // Сацьяльна-эканамічныя і прававыя даследаванні. 2022. № 3(69). С. 68–73.

18. Grover A.K., Ashraf M.H. Autonomous and IoT-driven intralogistics for Industry 4.0 warehouses: A thematic analysis of the literature // *Transportation Journal*. 2024. Vol. 63. No. 1. Pp. 102–119.
19. Абдурахманов Ш. Г. Практика внедрения RFID-технологии как ключевого аспекта борьбы с экономической преступностью // *Вестник евразийской науки*. 2023. Т. 15. № S1. EDN: JJUXJM
20. Atkins R., Sener A. A simulation for managing retail inventory flow using RFID and bar code technology // *Decision Sciences Journal of Innovative Education*. 2021. Vol. 19. No. 3. Pp. 20–29. DOI: 10.1111/dsji.12232
21. Du Ch. Logistics and warehousing intelligent management and optimization based on radio frequency identification technology // *Journal of Sensors*. 2021. Vol. 1. No. 19. Pp. 76–83. DOI: 10.1155/2021/2225465
22. Яфизов Р. М., Марков Н. А., Перминова О. М. Основные информационные решения в логистике и складском учете // *Вестник Академии управления и производства*. 2024. № 4–1. С. 571–577. EDN: DDRNYN
23. Дворский А. А. Система контроля и отслеживания грузов транспортного склада с использованием RFID технологий // *Новые информационные технологии в телекоммуникациях и почтовой связи*. 2024. № 1. С. 101. EDN: DZJIGT
24. Бакиров Р. М., Аббакумов А. А. Автоматическая идентификация продукции на складе промышленного предприятия // *Научный альманах Центрального Черноземья*. 2022. № 1–5. С. 77–83. EDN: AZWJIR
25. de Guzman C.J.P., Chua A.Y. Path planning of multiple quadrotors with ultrawideband localization for warehouse inventory management // *Journal of Robotics*. 2024. Vol. 2. No. 19. Pp. 87–93. DOI: 10.1155/2024/2566619
26. Полянская В. А. Цифровизация промышленных предприятий на основе применения логистической технологии RFID // *Московский экономический журнал*. 2023. Т. 8. № 11. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_11_536
27. Диденко Н. И. Модель внедрения IoT-технологий в складских процессах фармацевтической компании. Часть 1: процесс приемки товаров на склад // *Инновации*. 2023. № 2 (292). С. 10–21. DOI: 10.26310/2071-3010.2023.292.2.002
28. Линь Шо. Автоматизация бизнес-процессов на складе на основе технологии RFID // *Научный аспект*. 2024. Т. 31. № 5. С. 4209–4215. EDN: KYPFJW
29. Емельянова Ю. Ю., Кожина Н. А., Логунова В. А. Интегрированные распределительные центры: цифровые решения в логистической системе товародвижения // *Вектор экономики*. 2023. № 12(90). С. 65–73. EDN: ZHRMLI
30. Jie W., Pei Ch. A branch-and-price algorithm for an integrated online and offline retailing distribution system with product return // *International Journal of Intelligent Systems*. 2024. Vol. 4. No. 17. Pp. 63–77. DOI: 10.1155/2024/8880791

REFERENCES

1. Gumberg N.S. Software implementation of the warehouse logistics information system using RFID tags. *Science Prospects*. 2023. No. 8(167). Pp. 28–31. EDN: YTSXQC. (In Russian)
2. Erokhin V.V., Zafirov A.E. Solving the warehouse logistics problem using RFID tags. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya* [Economy and Management: Problems, Solutions]. 2024. No. 6. Pp. 119–131. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2024.06.08.017. (In Russian)
3. Buenrostro-Rocha S., Medina-Monroy J.L., Herrera-Charles R. Passive UHF RFID tag achieving read ranges comparable to battery-assisted passive tags for containers, vessels, vehicles, and aircraft applications. *International Journal of Numerical Modelling*. 2024. Vol. 37. No. 5. DOI: 10.1002/jnm.3299

4. AL-Shboul M.A. RFID technology usage and supply chain global positioning information sharing system: An enablers of manufacturing enterprises' supply chain performance-fresh insights from the Middle East region as developing countries. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*. 2023. Vol. 90. No. 2. Pp. 65–74. DOI: 10.1002/isd2.12304
5. Korenyakina N.N., Goryanin N.V. Optimization of transport and warehouse processes in logistics through the use of innovative technologies. *Intellectual'nye resursy – regional'nomu razvitiyu* [Intellectual resources for regional development]. 2024. No. 3. Pp. 36–42. EDN: BIXEWA. (In Russian)
6. Huang Zh., Sun X. Efficiency analysis of sports equipment batch management based on antimetal RFID tag. *Journal of Sensors*. 2022. Vol. 2022. No. 1. Pp. 76–84. DOI: 10.1155/2022/2989375
7. Gumberg N.S. On the design of an information system for warehouse logistics using RFID tags. *Science and Business: Ways of Development*. 2023. No. 8(146). Pp. 61–63. EDN: GPZEBV. (In Russian)
8. Khodjanazarova S.K., Nurberdieva J. Analysis of product packaging, labeling methods and their development paths. *Matrica nauchnogo poznaniya* [Matrix of scientific knowledge]. 2025. No. 3–1. Pp. 261–263. EDN: EJQXDF. (In Russian)
9. Staroverova O.V., Andreeva A.A. Some Features of the Application of Robotic Technologies in Warehouse Logistics. *Zhurnal issledovaniy po upravleniyu* [Journal of Management Research]. 2022. Vol. 8. No. 3. Pp. 39–49. EDN: EDGEKK. (In Russian)
10. Mathavan N. Application of optimization algorithm for virtual reference tag assisted localization and tracking of RFID. *International Journal of Communication Systems*. 2024. Vol. 37. DOI: 10.1002/dac.5807
11. Hehua M. Application of passive wireless rfid asset management in warehousing of cross-border e-commerce enterprises. *Journal of Sensors*. 2021. Vol. 17. No. 10. Pp. 23–29. DOI: 10.1155/2021/6438057
12. Arutyunyan Yu.I., Takakho E.E. Providing information infrastructure in logistics systems of retail trade organizations. *Moscow Economic Journal*. 2022. Vol. 7. No. 5. Pp. 12–18. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_5_290. (In Russian)
13. Zhang R., Zhou X. Research on intelligent warehousing and logistics management system of electronic market based on machine learning. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2022. Vol. 5. No. 19. Pp. 45–56. DOI: 10.1155/2022/2076591
14. Wu Y., Tang W. Intelligent logistics warehousing strategy based on 5g network and cloud computing in the era of big data. *Internet Technology Letters*. 2024. Vol. 23. No. 6. Pp. 66–75. DOI: 10.1002/itl2.620
15. Pan Ch., Liu M. Optimization of intelligent logistics supply chain management system based on wireless sensor network and RFID technology. *Journal of Sensors*. 2021. Vol. 19. No. 18. Pp. 33–39. DOI: 10.1155/2021/8111909
16. Arkabaev N.K., Orozbaeva A.S., Naraliev T.A. Optimization of warehouse accounting using the Internet of Things technologies and the NET platform. *Bulletin of Osh State University*. 2024. No. 4. Pp. 150–163. DOI: 10.52754/16948610_2024_4_16. (In Russian)
17. Kuznetsova T.V. Logistics 4.0 and innovative logistics technologies. *Sacyjal'na-ekanamichnyja i pravavyja dasledavanni* [Social, economic and legal studies]. 2022. No. 3(69). Pp. 68–73. (In Russian)
18. Grover A.K., Ashraf M.H. Autonomous and IoT-driven intralogistics for Industry 4.0 warehouses: A thematic analysis of the literature. *Transportation Journal*. 2024. Vol. 63. No. 1. Pp. 102–119.
19. Abdurakhmanov Sh.G. Practice of implementing RFID technology as a key aspect of the fight against economic crime. *Vestnik evraziyskoy nauki* [Bulletin of Eurasian Science]. 2023. Vol. 15. No. S1. EDN: JJUXJM. (In Russian)
20. Atkins R., Sener A. A simulation for managing retail inventory flow using RFID and bar

code technology. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*. 2021. Vol. 19. No. 3. Pp. 20–29. DOI: 10.1111/dsji.12232

21. Du Ch. Logistics and warehousing intelligent management and optimization based on radio frequency identification technology. *Journal of Sensors*. 2021. Vol. 1. No. 19. Pp. 76–83. DOI: 10.1155/2021/2225465

22. Yafizov R.M., Markov N.A., Perminova O.M. Basic information solutions in logistics and warehouse accounting. *Vestnik Akademii upravleniya i proizvodstva* [Bulletin of the Academy of Management and Production]. 2024. No. 4–1. Pp. 571–577. EDN: DDRNYN. (In Russian)

23. Dvorskiy A.A. System for monitoring and tracking cargo in a transport warehouse using RFID technologies. *Novye informacionnye tehnologii v telekommunikatsiyah i pochtovoy svyazi* [New information technologies in telecommunications and postal services]. 2024. No. 1. Pp. 101. EDN: DZJIGT. (In Russian)

24. Bakirov R.M., Abbakumov A.A. Automatic identification of products in an industrial enterprise warehouse. *Nauchnyy al'manah Central'nogo Chernozem'ya* [Scientific almanac of the Central Black Earth Region]. 2022. No. 1–5. Pp. 77–83. EDN: AZWJIR. (In Russian)

25. de Guzman C.J.P., Chua A.Y. Path planning of multiple quadrotors with ultrawideband localization for warehouse inventory management. *Journal of Robotics*. 2024. Vol. 2. No. 19. Pp. 87–93. DOI: 10.1155/2024/2566619

26. Polyanskaya V.A. Digitalization of industrial enterprises based on the use of RFID logistics technology. *Moscow Economic Journal*. 2023. Vol. 8. No. 11. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_11_536. (In Russian)

27. Didenko N.I. Model for the implementation of IOT technologies in warehouse processes of a pharmaceutical company. Part 1: the process of accepting goods into the warehouse. *Innovations*. 2023. No. 2(292). Pp. 10–21. DOI: 10.26310/2071-3010.2023.292.2.002. (In Russian)

28. Lin Shuo. Automation of business processes in a warehouse based on RFID technology. *Nauchnyy aspekt* [Scientific aspect]. 2024. Vol. 31. No. 5. Pp. 4209–4215. EDN: KYPFJW. (In Russian)

29. Yemelyanova Yu.Yu., Kozhina N.A., Logunova V.A. Integrated distribution centers: digital solutions in the logistics system of goods distribution. *Vektor ekonomiki* [Vector of Economics]. 2023. No. 12 (90). Pp. 65–73. EDN: ZHRMLI. (In Russian)

30. Jie W., Pei Ch. A branch-and-price algorithm for an integrated online and offline retailing distribution system with product return. *International Journal of Intelligent Systems*. 2024. Vol. 4. No. 17. Pp. 63–77. DOI: 10.1155/2024/8880791

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторе

Триполева Диана Валерьевна, аспирант, Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН);
125190, Россия, Москва, ул. Усиевича, 20;
ditripole@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5852-3756>

Information about the author

Diana V. Tripoleva, PhD Student, Russian Institute for Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences (VINITI RAS);
125190, Russia, Moscow, 20 Usievich street;
ditripole@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5852-3756>

Моделирование устойчивости откоса по различным кривым скольжения

К. Н. Анахаев^{✉1,2}, А. С. Бестужева³, В. В. Беликов²,
А. Б. Балкизов⁴, М. О. Мамчур¹

¹Институт прикладной математики и автоматизации –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89 А

²Институт водных проблем Российской академии наук
119333, Россия, Москва, ул. Губкина, 3

³Институт гидротехнического и энергетического строительства,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, корп. УЛБ

⁴Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова
360030, Россия, г. Нальчик, пр-т Ленина, 1в

Аннотация. Оползневые явления с потерей устойчивости грунтовых склонов возникают как на естественных природных ландшафтах, так и при проведении земляных работ с нарушением устойчивости сложившихся горных пород, в том числе при сооружении и эксплуатации грунтовых плотин и оградительных дамб, авто- и железнодорожных насыпей и др. Устойчивость откосов зависит от множества факторов, наиболее важными из которых являются физико-механические характеристики грунта, которые могут быть как однородными по всему массиву, так и неоднородными в виде различных слоев и т.д.

Цель исследования – расширение возможностей комплексной оценки устойчивости откоса за счет рассмотрения дополнительных (к круговому) семейств гиперболических кривых скольжения для случая основания с иными прочностными характеристиками.

Методы. Используются методы определения очертаний кривых скольжения оползневого откоса с наименьшим запасом устойчивости на основе сопоставления расчетных результатов семейств круговых, ниже-гиперболических и выше-гиперболических кривых. Расчеты ведутся по методу Терцаги путем разбиения предполагаемой области оползания грунтового массива на вертикальные отсеки с определением для них локальных удерживающих и сдвигающих сил с итоговым результатом в виде отношений суммарных значений последних.

Результаты. Предложена комплексная методика определения очертаний наиболее опасных кривых скольжения грунтовых массивов на основе метода Терцаги с рассмотрением семейств круговых и гиперболических (с низовой и верховой кривизной) линий скольжения. Полученные результаты, протестированные для грунтового откоса при заданных двух точках на линии скольжения, показали: адекватность предложенного аналитического решения для круговых кривых (~ 2 %) в сравнении с результатами численного расчета по программе «ОТКОС-22»; линией наименьшей устойчивости для рассматриваемого случая является ниже-гиперболическая кривая скольжения с коэффициентом устойчивости, на 11 % меньшим устойчивости откоса по круговой кривой скольжения; коэффициенты устойчивости откосов с относительно небольшими различиями линий скольжения могут существенно различаться, в рассмотренном случае коэффициенты устойчивости для откосов с достаточно близкими гиперболическими очертаниями низовой и верховой кривизны разнятся более чем на 19 %.

Выводы. Предложенная комплексная методика определения очертаний наиболее опасных кривых скольжения грунтовых массивов на основе метода Терцаги с рассмотрением семейств круговых и гиперболических (с низовой и верховой кривизной) линий скольжения значительно расширяет области поиска линий наименьшей устойчивости откосов.

Ключевые слова: устойчивость откоса, коэффициент устойчивости, кривая скольжения, гиперболическая кривая, оползневой массив

Поступила 16.06.2025, одобрена после рецензирования 26.06.2025, принята к публикации 18.07.2025

Для цитирования. Анахаев К. Н., Бестужева А. С., Беликов В. В., Балкизов А. Б., Мамчуев М. О. Моделирование устойчивости откоса по различным кривым скольжения // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 55–69. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-55-69

MSC: 70-10

Original article

Modeling slope stability according to various sliding curves

K.N. Anakhaev^{✉1,2}, A.S. Bestuzheva³, V.V. Belikov²
A.B. Balkizov⁴, M.O. Mamchuev¹

¹Institute of Applied Mathematics and Automation –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360000, Russia, Nalchik, 89 A Shortanov street

²Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences
119333, Russia, Moscow, 3 Gubkin street

³Institute of Hydraulic Engineering and Energy Construction of the Moscow State University of Civil Engineering
(National Research University)

129337, Russia, Moscow, 26 Yaroslavskoye highway, building ULB

⁴Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov
360030, Russia, Nalchik, 1v Lenin avenue

Abstract. Landslide phenomena with loss of stability of soil slopes occur both in natural landscapes and during excavation operations with a violation of the stability of folded rocks, including during the construction and operation of soil dams and fencing dams, automobile and railway embankments, etc. The stability of slopes depends on a variety of factors, the most important of which are the physical and mechanical characteristics of the soil, which can be either homogeneous throughout the massif, or heterogeneous in the form of various layers, etc.

Aim. Expanding the possibilities of a comprehensive assessment of slope stability by considering additional (to the circular) families of hyperbolic sliding curves for the case of a base with different strength characteristics.

Methods. Methods are used to determine the outlines of the sliding curves of a landslide slope with the least margin of stability, based on a comparison of the calculated results of families of circular, lower-hyperbolic, and upper-hyperbolic curves. The calculations are performed using the Terzaghi method by dividing the proposed area of soil mass slide into vertical sections and determining the local holding and shearing forces for each section. The final result is the ratio of the total values of these forces.

Results. A comprehensive method for determining the outlines of the most dangerous sliding curves of soil massifs based on the Terzaghi method is proposed, considering families of circular and hyperbolic (with low and high curvature) sliding lines. The results obtained, tested for the ground slope at the specified two points on the sliding line, showed: adequacy of the proposed analytical solution for circular curves (~ 2 %) in comparison with the results of numerical calculation according to the OTKOS-22 program; the line of least stability for the case under consideration is the lower hyperbolic sliding curve with a stability coefficient 11% less than the slope stability along the circular sliding curve; the stability coefficients of slopes with relatively small differences in sliding lines can vary significantly; in the considered case, the

stability coefficients for slopes with sufficiently close hyperbolic outlines of the lower and upper curvature differ by more than 19 %.

Conclusions. A comprehensive method for determining the outlines of the most dangerous sliding curves of soil massifs based on the Terzaghi method is proposed, considering families of circular and hyperbolic (with low and high curvature) sliding lines, which significantly expands the search area for lines of least slope stability.

Keywords: slope stability, two-layer slope, stability coefficient, sliding curve, collapse area

Submitted 16.06.2025,

approved after reviewing 26.06.2025,

accepted for publication 18.07.2025

For citation. Anakhaev K.N., Bestuzheva A.S., Belikov V.V. Balkizov A.B., Mamchuev M.O. Modeling slope stability according to various sliding curves. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 55–69. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-55-69

ВВЕДЕНИЕ

Оползневые явления с потерей устойчивости грунтовых склонов возникают как на естественных природных ландшафтах в результате неблагоприятного сочетания геоморфологических, гидрогеологических и климатических факторов, техногенного воздействия, так и при проведении земляных работ с нарушением устойчивости сложившихся горных пород. Оползания же искусственно созданных грунтовых откосов происходят чаще всего при сооружении и эксплуатации грунтовых плотин и оградительных дамб, авто- и железнодорожных насыпей, отвалов горных пород и карьеров грунтовых материалов. Устойчивость последних зависит от множества факторов, в числе которых наиболее важными являются физико-механические характеристики грунта в рассматриваемом массиве, которые могут быть как однородными по всему массиву, так и представлять собой неоднородную среду в виде слоев с различными свойствами и т.д.

Основной причиной сдвиговых деформаций и сопровождающих их оползневых процессов является гравитационный фактор (вес грунтового массива G), под воздействием которого происходит оползание склона вдоль поверхности обрушения – кривой скольжения, при условиях формирования вдоль них сдвиговой касательной (тангенциальной) составляющей T гравитационной силы, превосходящей возникающие здесь силы трения S и сцепления C . Как показал мировой опыт натурных и экспериментальных научных исследований, кривые скольжения для большинства случаев оползаний однородных грунтовых массивов имеют очертание профиля, близкое к круговому. Однако в зависимости от инженерно-геологических факторов и неоднородности грунтового массива кривые скольжения могут иметь другие очертания – прямые, наклонно-ломанные, логарифмические и др. Поэтому для расчетного обоснования устойчивости откоса важное значение имеет правильное принятие предполагаемого наиболее опасного очертания кривой скольжения – ведь даже небольшие смещения последних ($\sim 1\text{--}3\%$) существенно отражаются на общей устойчивости ($\sim 20\%$) рассматриваемого грунтового массива [1–3], что имеет важное значение для достоверной расчетной оценки устойчивости откоса.

Цель исследования – расширение возможностей комплексной оценки устойчивости откоса за счет рассмотрения дополнительных (к круговому) семейств гиперболических кривых скольжения для случая основания с иными прочностными характеристиками.

МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И ОБЪЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данное исследование проводится на примере расчетной схемы исходной задачи (рис. 1), заимствованной из [4, рис. 135, с. 183], со следующими характеристиками грунтового откоса и его основания: $H = 6$ м – высота откоса; $m = 2,5$ – коэффициент заложения откоса;

$\gamma_1 = 1,72 \text{ т/м}^3$, $C_1 = 0,3 \text{ т/м}^2$, $\varphi_1 = 20^0$ и $\gamma_2 = 1,87 \text{ т/м}^3$, $C_2 = 1,0 \text{ т/м}^2$, $\varphi_2 = 18^0$ – плотность, удельное сцепление и угол внутреннего трения соответственно для грунтов откоса и его основания; $A(x_A = 20, 0; y_A = 6, 0)$, $O(0; 0)$ – заданные координаты начала и конца кривой скольжения, причем последняя является также центром координат xOy ; $B(x_B = 17, 0; y_B = 6, 0)$, $E(x_E = 2, 0; y_E = 0)$ – координаты бровки откоса и его основания.

Таким образом, рассматривается расчетная схема устойчивости при разнородных грунтах откоса и его основания с кривыми скольжения, проходящими через точки A и O . При этом искомая кривая с наименьшим запасом устойчивости будет определена на основе сопоставления расчетных результатов трех семейств кривых скольжения – круговых, нижне-гиперболических, верхне-гиперболических. Расчеты ведутся на основе метода Терцаги путем разбиения предполагаемой области оползания грунтового массива на вертикальные отсеки с определением для каждого n -го отсека по линии его подошвы величин: силы тяжести G_n с нормальным N_n и касательным (тангенциальным) T_n составляющими; сил сопротивления трению S_n и сцеплению C_n ; углов наклона линии скольжения к горизонту θ_n .

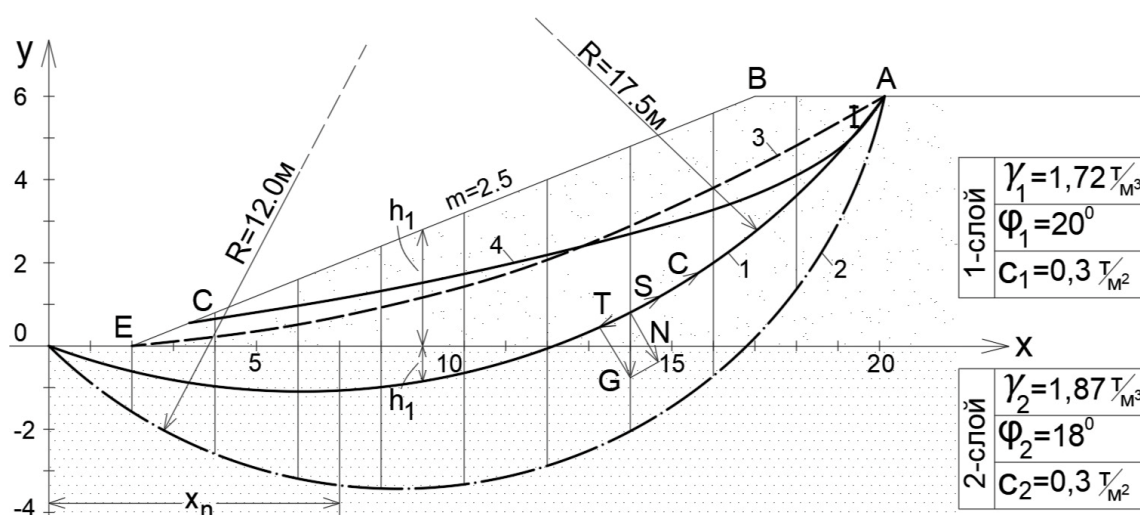


Рис. 1. Схема расчета устойчивости откоса по круговым и гиперболическим кривым скольжения при заданных значениях точек $A(x_A; y_A)$ и $O(0; 0)$ (авторский)

Fig. 1. Scheme for calculating slope stability based on circular and hyperbolic sliding curves at specified values of points $A(x_A; y_A)$ and $O(0; 0)$

Итоговое значение коэффициента устойчивости откоса по каждой рассматриваемой кривой скольжения $K_{уст}$ определяется соотношением (при отсутствии фильтрации и без учета сил взаимодействия отсеков)

$$K_{ycm} = \frac{\sum S_n + \sum C_n}{\sum T_n}, \quad (1)$$

в котором ширина b вертикальных отсеков принимается равной $b = x_A / k$ [5], где k – расчетное количество отсеков.

КРУГОВЫЕ КРИВЫЕ СКОЛЬЖЕНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО МАССИВА

Расчет устойчивости оползневого массива при круговых кривых скольжения производится в соответствии с расчетной схемой, представленной на рисунке 1, в котором очертания круговых кривых описывается уравнениями (2) [2, 6]:

$$y = y_p - \sqrt{R^2 - (x + x_p)^2}, \quad (2)$$

где координаты x_p и y_p центра кривой скольжения, расположенной на нормали к середине линии OA , могут быть рассчитаны при заданных значениях точек $A(x_A; y_A)$; $O(0;0)$ и радиуса круга R по предлагаемым зависимостям:

$$x_p = 0,5(x_A - y_A \cdot \xi_p), \quad y_p = 0,5(y_A + x_A \cdot \xi_p), \quad (3)$$

в которых значение коэффициента ξ_p находится по формуле

$$\xi_p = \sqrt{\frac{4R^2}{x_A^2 + y_A^2} - 1}. \quad (4)$$

При этом значение радиуса R в формуле (4) должно быть не менее величины $R \geq R_{\min}$, определяемой по (5):

$$R_{\min} = \frac{\sqrt{x_A^2 + y_A^2}}{2 \cos(\arctg \frac{y_A}{x_A})}. \quad (5)$$

В формуле (1) значения отдельных удерживающих (S_n , C_n) и сдвигающих (T_n) сил для каждого n -го вертикального отсека будут равны

$$S_n = N_n \operatorname{tg} \varphi_n; \quad N_n = G_n \cos \theta_n; \quad C_n = c_n l_n; \quad T_n = G_n \sin \theta_n, \quad (6)$$

в которых φ_n и c_n – заданные значения угла внутреннего трения и удельного сцепления грунта на линии подошвы отсека; θ_n – угол наклона к горизонту кривой скольжения в средней части отсека, равный

$$\theta_n = \arcsin \frac{x_n - x_p}{R} \quad (\text{значение } x_n \text{ см. ниже}). \quad (7)$$

Величина l_n – длина дуги скольжения по подошве n -го отсека – находится по формуле $l_n = l_{+n} - l_{-n}$, где l_{-n} и l_{+n} – длины круговой кривой от начала координат (точки O) до левой и правой граней n -го отсека, равные

$$\left. \begin{aligned} l_{-n} &= 2R \arcsin \frac{\sqrt{x_{-n}^2 + y_{-n}^2}}{2R}; \\ l_{+n} &= 2R \arcsin \frac{\sqrt{x_{+n}^2 + y_{+n}^2}}{2R}, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

в которой

$$\left. \begin{aligned} x_{-n} &= (n-1)b; & y_{-n} &= y_P - \sqrt{R^2 - (x_{-n} - x_P)^2}; \\ x_{+n} &= nb; & y_{+n} &= y_P - \sqrt{R^2 - (x_{+n} - x_P)^2}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Приводимая в формулах (6) сила тяжести вертикального отсека G_n определяется по зависимости

$$G_n = b(h_1\gamma_1 + h_2\gamma_2),$$

где γ_1 и γ_2 – заданные значения плотностей грунтов откоса и основания, а h_1 и h_2 – величины высот в рассматриваемом n -м отсеке соответственно грунтового откоса и его основания, равные:

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= 0 && \text{при } x_n \leq x_E; \\ h_1 &= \frac{x_n - x_E}{m} && \text{при } x_E < x_n \leq x_M; \\ h_1 &= \frac{x_n - x_E}{m} - y_n && \text{при } x_M < x_n \leq x_B; \\ h_1 &= H - y_n && \text{при } x_B < x_n \leq x_A; \\ h_2 &= y_n && \text{при } 0 < x_n \leq x_M; \\ h_2 &= H - y_n && \text{при } x_M < x_n \leq x_A, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

в которых x_n и y_n – координаты точки пересечения осевой линии n -го отсека с кривой скольжения, подсчитываемые по зависимостям:

$$\left. \begin{aligned} x_n &= b(n-0,5); \\ y_n &= y_P - \sqrt{R^2 - (x_n - x_P)^2}; \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

x_M – абсцисса точки M пересечения круговой линии скольжения с линией основания, определяемая по зависимости

$$x_M = x_P + \sqrt{R^2 - y_P^2}.$$

Формулы (7)–(11) позволяют находить все геометрические параметры рассматриваемых вертикальных отсеков при круговых кривых скольжения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рисунке 1 приводятся результаты для рассматриваемой расчетной схемы с заданными точками $A(x_A; y_A)$ и $O(0;0)$ на кривой скольжения, очертание которой, соответствующее наименьшей устойчивости $K_{уст} = 1,579$ (кривая 1), получено итерацией семейства различных кругов при радиусе $R = 17,5$ м как отношение (1) просуммированных значений удерживающих и сдвигающих сил по всем вертикальным отсекам. В таблице 1 приведены все элементы проведенного расчета устойчивости грунтового откоса с указанным радиусом применительно к условиям задачи [4, рис. 135, с. 183] с заданными координатами точек $A(x_A; y_A)$ и $O(0;0)$.

Таблица 1. Параметры круговой кривой скольжения при $R = 17,5$ м ($x_p = 5,964$ м; $y_p = 16,64$ м)

Table 1. Parameters of the circular slip curve at $R = 17,5$ м ($x_p = 5,964$ м; $y_p = 16,64$ м)

№	x_n	y_n	h_1	h_2	G_n	θ_n	S_n	N_n	T_n	l_n	C_n
1	1	-0,33	0	-0,33	1,23	-0,29	-0,35	1,18	0,38	2,09	2,09
2	3	-0,79	0,4	-0,79	4,35	-0,17	-0,74	4,29	1,39	2,03	2,03
3	5	-1,02	1,2	-1,02	7,95	-0,06	-0,44	7,94	2,58	2	2
4	7	-1,02	2	-1,02	10,68	0,06	0,68	10,67	3,47	2,01	2,01
5	9	-0,78	2,8	-0,78	12,56	0,17	2,18	12,37	4,02	2,03	2,03
6	11	-0,31	3,6	-0,31	13,53	0,29	3,89	12,96	4,72	2,09	0,63
7	13	0,43	3,97	0	13,66	0,41	5,49	12,51	4,55	2,19	0,66
8	15	1,47	3,74	0	12,85	0,54	6,63	11	4,00	2,34	0,70
9	17	2,87	3,13	0	10,77	0,68	6,79	8,36	3,04	2,58	0,78
10	19	4,78	1,22	0	4,21	0,84	3,14	2,81	1,02	3,02	0,91
							$\Sigma S = 29,176$		$\Sigma T = 27,231$		$\Sigma C = 13,823$
$K_{уст} = \frac{\Sigma F_{уд}}{\Sigma S_{сд}} = \frac{\Sigma T + \Sigma C}{\Sigma S} = 1,579$											

Также на рисунке 1 показано очертание кривой скольжения при радиусе $R = 12,0$ м (кривая 2), для которого подсчитанное значение коэффициента устойчивости составило $K_{уст} = 1,759$.

На рисунке 2 приведены данные расчетов методом конечных элементов по численной программе «ОТКОС-22» [6, 7] устойчивости рассматриваемого грунтового откоса при радиусах ($R = 17,5$ м; $R = 12,0$ м) кривой скольжения, проходящих через заданные точки $A(x_A; y_A)$, $O(0;0)$ с соответствующими значениями коэффициентов устойчивости $K_{уст} = 1,615$ и $K_{уст} = 1,746$, с которыми вполне адекватно согласуются вышеизложенные результаты аналитических расчетов: $K_{уст} = 1,579$ (– 2,2 %) при $R = 17,5$ м и $K_{уст} = 1,759$ (+0,7 %) при $R = 12,0$ м.

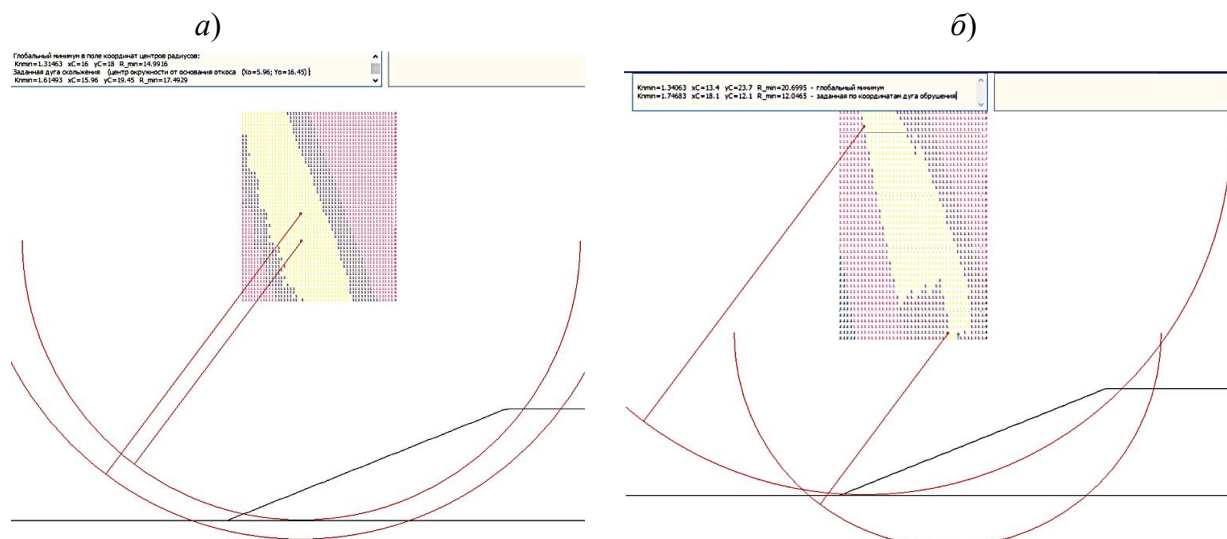


Рис. 2. Численные расчеты по программе «ОТКОС-22» устойчивости грунтового откоса по круговой кривой при радиусах: а) $R=17,5\text{ м}$; б) $R=12,0\text{ м}$ со значениями коэффициентов устойчивости $K_{уст} = 1,615$ и $K_{уст} = 1,746$.

Fig. 2. Numerical calculations according to the OTKOS-22 program for the stability of a soil slope along a circular curve at radii: а) $R=17,5\text{ м}$; б) $R=12,0\text{ м}$ with values of stability coefficients $K_{уст} = 1,615$ and $K_{уст} = 1,746$.

НИЖНЕ-ГИПЕРБОЛИЧЕСКИЕ КРИВЫЕ СКОЛЬЖЕНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО МАССИВА

Расчет устойчивости оползневого массива по семейству ниже-гиперболических (с низовой кривизной) кривых скольжения для рассматриваемой расчетной схемы (рис. 1) производится с целью расширения области поиска очертаний наиболее опасных кривых с наименьшей устойчивостью. При этом уравнения ниже-гиперболических кривых скольжения, соответствующие ветвям гиперболы IV квадранта, смещенным влево и повернутым влево на 90° , выражаются зависимостью (рис. 1, кривая 3) [2, 6, 8]

$$y = \frac{a_2}{b_2} \left(\sqrt{x^2 + b_2^2} - b_2 \right), \quad (12)$$

где a_2 и b_2 – полуоси гиперболы, причем величины a_2 задаются методом подбора ($a_2 = 0,1; 1; 5; 10$ и др.), в соответствии с которыми находятся значения b_2 по формуле

$$b_2 = \frac{a_2 x_A}{\sqrt{y_A(y_A + 2a_2)}}. \quad (13)$$

При этом значения x_n , y_n для отдельного n -го вертикального отсека определяются по зависимостям

$$x_n = b(n - 0,5); \quad y_n = \frac{a_2}{b_2} \left(\sqrt{x_n^2 + b_2^2} - b_2 \right), \quad (14)$$

а значение угла наклона θ_n по формуле [2, 2а]

$$\theta_n = \arctg \left[\frac{a_2}{b_2} \frac{x_n}{\sqrt{x_n^2 + b_2^2}} \right]. \quad (15)$$

В рассматриваемом случае ниже-гиперболические кривые скольжения пересекают грунтовой откос BE в точке $C(x_C; y_C)$, не захватывая основание, то есть профили кривых скольжения полностью проходят в однородной области грунтового откоса, при этом значения x_C и y_C равны:

$$\left. \begin{aligned} x_C &= m \cdot y_C + x_E; & y_C &= A_2 - \sqrt{A_2^2 - B_2}, \\ A_2 &= \frac{\alpha m x_E + b_2}{\alpha^2 m^2 - 1}; & B_2 &= \frac{\alpha^2 x_E^2}{\alpha^2 m^2 - 1}; & \alpha &= \frac{a_2}{b_2}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Длина дуги кривой скольжения l_n в n -м отсеке находится по формуле

$$l_n = l_{+n} - l_{-n}, \quad (17)$$

где значения l_{-n} и l_{+n} определяются зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} - \text{ при } x_n \leq x_J & \quad l_{-n} = 1,01 \sqrt{x_{-n}^2 + y_{-n}^2}; & l_{+n} &= 1,01 \sqrt{x_{+n}^2 + y_{+n}^2}; \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

$$\left. \begin{aligned} - \text{ при } x_n > x_J & \quad l_{-n} = 1,01 \left[\sqrt{x_J^2 + y_J^2} + \sqrt{(y_{-n} - y_J)^2 + (x_{-n} - x_J)^2} \right]; \\ & \quad l_{+n} = 1,01 \left[\sqrt{x_J^2 + y_J^2} + \sqrt{(y_{+n} - y_J)^2 + (x_{+n} - x_J)^2} \right], \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

в которых

$$\left. \begin{aligned} x_{-n} &= (n-1)b; & y_{-n} &= \frac{a_2}{b_2} \left(\sqrt{x_{-n}^2 + b_2^2} - b_2 \right); \\ x_{+n} &= nb; & y_{+n} &= \frac{a_2}{b_2} \left(\sqrt{x_{+n}^2 + b_2^2} - b_2 \right); \\ x_J &= \frac{b_2^2}{a_2}; & y_J &= \sqrt{a_2^2 + b_2^2} - a_2; \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

$x_J = 33,003$, $y_J = 16,071$ – координаты образа фокуса гиперболы (J) на линии скольжения (на рис. 1 не показаны).

Формулы (12)–(20) позволяют находить все геометрические параметры вертикальных отсеков ниже-гиперболических кривых скольжения.

Величины силы тяжести для каждого n -го вертикального отсека G_n определяются по формуле

$$G_n = b h_1 \gamma_1, \quad (21)$$

где значения h_1 для рассматриваемого отсека будут равны:

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= 0, & \text{при } x_n &\leq x_C; \\ h_1 &= \frac{x_n - x_C}{m} - y_n, & \text{при } x_C < x_n \leq x_B; \\ h_1 &= H - y_n, & \text{при } x_B < x_n \leq x_A. \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

В таблице 2 приведены все элементы проведенного расчета устойчивости грунтового откоса в рамках семейства ниже-гиперболических кривых скольжения для рассматриваемой расчетной схемы [4, рис. 135, с. 183], в котором получено очертание кривой скольжения с наименьшей устойчивостью $K_{уст} = 1,423$ при значениях фокусов гиперболической кривой $a_2 = 300,0$, $b_2 = 99,504$ (рис. 1, кривая 3). Таким образом, расширение области исследований очертаний кривых скольжения показало, что ниже-гиперболическая кривая имеет существенно меньшую устойчивость ($\sim 11\%$), чем круговая кривая скольжения, равная $K_{уст} = 1,579$.

Таблица 2. Параметры низовой гиперболической кривой скольжения при $a_2 = 300$

Table 2. Parameters of the lower hyperbolic slip curve for $a_2 = 300$

№	x_n	y_n	h_1	h_2	G_n	θ_n	T_n	N_n	S_n	L_n	C_n
1	1	0,02	0	0	0	0,03	0	0	0	2,02	0,61
2	2	0,14	1,06	0	3,66	0,09	1,33	3,64	0,33	2,03	0,61
3	3	0,38	1,62	0	5,58	0,15	2,01	5,52	0,83	2,04	0,611
4	7	0,74	2,06	0	7,08	0,21	2,52	6,93	1,47	2,05	0,62
5	9	1,23	2,38	0	8,17	0,27	2,87	7,8	2,14	2,08	0,62
6	11	1,83	2,57	0	8,85	0,32	3,06	8,4	2,78	2,10	0,63
7	13	2,55	2,65	0	9,12	0,37	3,09	8,49	3,32	2,13	0,64
8	15	3,39	2,61	0	8,98	0,42	2,98	8,19	3,68	2,17	0,65
9	17	4,35	2,45	0	8,44	0,47	2,74	7,52	3,82	2,21	0,66
10	19	5,42	2,18	0	1,99	0,52	0,63	1,74	0,98	2,26	0,68
							$\Sigma T =$ 19,356		$\Sigma S =$ 21,226		$\Sigma C =$ 6,327
$K_{уст} = \frac{\Sigma F_{уд}}{\Sigma S_{сд}} = \frac{\Sigma S + \Sigma C}{\Sigma T} = 1,423$											

ВЕРХНЕ-ГИПЕРБОЛИЧЕСКИЕ КРИВЫЕ СКОЛЬЖЕНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО МАССИВА

Расчет устойчивости оползневого массива по семейству верхне-гиперболических (с верховой кривизной) кривых скольжения проводится как часть комплексного исследования по поиску наиболее опасных очертаний кривых с наименьшей устойчивостью. При этом уравнения верхне-гиперболических кривых скольжения, соответствующие ветвям гиперболы III квадранта, смещенным вправо-вверх, выражаются зависимостью (рис. 1, кривая 4) [2, 6, 8]

$$y = y_A - \frac{b_3}{a_3} \sqrt{(x_A - x)(x_A - x + 2a_3)}, \quad (23)$$

в которой значения a_3 задаются методом подбора (например: $a_3 = 0,1; 1; 5; 10$ и др.), а величина b_3 находится по формуле

$$b_3 = \frac{a_3 y_A}{\sqrt{x_A(x_A + 2a_3)}}. \quad (24)$$

При этом значения x_n , y_n для отдельного n -го вертикального отсека определяются по зависимостям

$$x_n = b(n - 0,5); \quad y_n = y_A - \frac{b_3}{a_3} \sqrt{(x_A - x_n)(x_A - x_n + 2a_3)}, \quad (25)$$

а значение угла наклона θ_n – по формуле [2, 6]

$$\theta_n = \arctg \left[\frac{b_3}{a_3} \frac{x_A - x_n + a_3}{\sqrt{(x_A - x_n)(x_A - x_n + 2a_3)}} \right].$$

В рассматриваемом случае ниже-гиперболические кривые скольжения пересекают грунтовой откос BE , не захватывая основание, то есть профили кривых скольжения полностью проходят в однородной области грунтового откоса.

В данном случае верхне-гиперболические кривые скольжения также пересекают грунтовой откос BE в точке $C(x_C; y_C)$, не захватывая основание, при этом значения

x_C и y_C находятся по формулам

$$\left. \begin{aligned} x_C &= m \cdot y_C + x_E; & y_C &= A_3 - \sqrt{A_3^2 - B_3}; \\ A_3 &= \frac{y_A - m\beta^2(\sigma + a_3)}{1 - m^2\beta^2}; & B_3 &= \frac{y_A^2 - \beta^2\sigma(\sigma + 2a_3)}{1 - m^2\beta^2}; \\ \beta &= \frac{a_3}{b_3}; & \sigma &= x_A - x_E. \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Длина дуги кривой скольжения l_n в n -м отсеке находится по формуле

$$l_n = l_{+n} - l_{-n},$$

где значения l_{-n} и l_{+n} определяются зависимостями

$$\left. \begin{aligned} - \text{при } x_n \leq x_I \quad l_{-n} &= 1,01 \sqrt{x_{-n}^2 + y_{-n}^2}; & l_{+n} &= 1,01 \sqrt{x_{+n}^2 + y_{+n}^2}; \\ - \text{при } x_n > x_I \quad l_{-n} &= 1,01 \left[\sqrt{x_I^2 + y_I^2} + \sqrt{(y_{-n} - y_I)^2 + (x_{-n} - x_I)^2} \right]; \\ l_{+n} &= 1,01 \left[\sqrt{x_I^2 + y_I^2} + \sqrt{(y_{+n} - y_I)^2 + (x_{+n} - x_I)^2} \right], \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

в которых

$$\left. \begin{aligned} x_{-n} &= (n-1)b; & y_{-n} &= y_A - \frac{b_3}{a_3} \sqrt{(x_A - x_{-n})(x_A - x_{-n} + 2a_3)}; \\ x_{+n} &= nb; & y_{+n} &= y_A - \frac{b_3}{a_3} \sqrt{(x_A - x_{+n})(x_A - x_{+n} + 2a_3)}; \\ x_I &= x_A + a_3 - \sqrt{a_3^2 + b_3^2}; & y_I &= y_A - \frac{b_3^2}{a_3}; \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

$x_I = 19,555$, $y_I = 5,109$ – координаты образа фокуса гиперболы (I) на линии скольжения (рис. 1).

Формулы (23) – (28) позволяют находить все геометрические параметры вертикальных отсеков верхне-гиперболических кривых скольжения.

Величины силы тяжести G_n и высоты h_1 для каждого n -го вертикального отсека верхне-гиперболического очертания кривой скольжения определяются так же, как и для ниже-гиперболического случая, соответственно по формулам (21) и (22).

В таблице 3 приведены результаты проведенного расчета устойчивости грунтового откоса по семейству верхне-гиперболических кривых скольжения для расчетной схемы [4, рис. 135, с. 183], в котором получено очертание кривой скольжения с коэффициентом устойчивости $K_{уст} = 1,697$ при значениях фокуса гиперболы $a_3 = 1000,0$; $b_3 = 29,851$ (рис. 1, кривая 4). Полученное значение коэффициентов устойчивости превышает аналогичные показатели кривых скольжения – для круговой кривой на 7,5 %, а для ниже-гиперболической (наиболее близкой к рассматриваемой) – на 19,2 %.

Таблица 3. Параметры верховой гиперболы кривой скольжения при $a_3 = 2000$

Table 3. Parameters of the upper hyperbolic slip curve at $a_3 = 2000$

№	x_n	y_n	h_1	h_2	G_n	θ_n	T_n	N_n	S_n	L_n	C_n
1	1	0,15	0	0	0	-0,29	0	0	0	2,04	0,61
2	3	0,47	0	0	0	-0,17	0	0	0	2,05	0,61
3	5	0,81	0,39	0	1,34	-0,06	0,48	0,23	2,578	2,05	0,62
4	7	1,17	0,83	0	2,85	0,06	1,02	0,52	3,465	2,06	0,6
5	9	1,56	1,24	0	4,27	0,17	1,52	0,85	4,019	2,06	0,62
6	11	1,99	1,61	0	5,55	0,29	1,97	1,21	4,718	2,07	0,62
7	13	2,46	1,94	0	6,67	0,41	2,35	1,64	4,553	2,08	0,62
8	15	3,01	2,19	0	7,53	0,54	2,63	2,16	4,004	2,1	0,63
9	17	3,69	2,31	0	7,96	0,68	2,70	2,86	3,041	2,14	0,64
10	19	4,67	1,34	0	4,59	0,84	1,39	2,55	1,022	2,54	0,76
							$\Sigma T = 12,036$		$\Sigma S = 14,065$		$\Sigma C = 6,355$
$K_{уст} = \frac{\Sigma F_{уд}}{\Sigma S_{сд}} = \frac{\Sigma S + \Sigma C}{\Sigma T} = 1,697$											

Выводы

Предложенная методика определения очертаний наиболее опасных кривых скольжения грунтовых массивов с комплексным рассмотрением на основе метода Терцаги семейств круговых и гипербол (с нижней и верхней кривизной) линий скольжения значительно расширяет области поиска линий наименьшей устойчивости откосов. Полученные результаты, протестированные для грунтового откоса при заданных двух точках на линии скольжения, показали:

– адекватность ($\sim 2\%$) предложенного аналитического решения для круговых кривых в сравнении с результатами численного расчета по программе «ОТКОС-22»;

– линией наименьшей устойчивости для рассматриваемого случая является ниже-гиперболическая кривая скольжения откоса с фокусами $a_2 = 300,0$, $b_2 = 99,504$ и коэффициентом устойчивости $K_{уст} = 1,423$, что на 11 % ниже коэффициента устойчивости круговой кривой скольжения;

– коэффициенты устойчивости откосов по линиям скольжения, достаточно близко расположенным друг к другу, но имеющим различные очертания (например, ниже- и выше-гиперболические), могут существенно различаться – в рассматриваемом случае более 19 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крпоткин М. П. Расчеты устойчивости склонов с использованием алгоритмов минимизации коэффициента устойчивости // Инженерные изыскания. 2017. № 1. С. 20–30. EDN: XXRLRN
2. Анахаев К. Н., Беликов В. В., Анахаев К. К. и др. О расчете поверхностей скольжения береговых склонов на основе дистанционных данных // Процессы в геосредах. 2022. № 3. С. 1655–1663. EDN: MHLHXH
3. Бухарцев В. Н., Нгуен Т. Х. Оценка устойчивости грунтовых массивов // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 9. С. 41–48. EDN: PQNQMR
4. Дворяшин В. И. Военная гидротехника (водные заграждения). М.: ИВИА, 1940. 360 с.
5. Гидротехнические сооружения / Под ред. Розанова Н. П. М.: Агропромиздат, 1985. 432 с.
6. Анахаев К. Н., Бестужева А. С., Беликов В. В., Анахаев К. К. Устойчивость неоднородного откоса с заданными точками кривых скольжения // Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства. Сб. тез. докладов VIII Всероссийского научно-практического семинара, 21 мая 2025 г. М.: НИУ МГСУ ИГЭС, 2025.
7. Бестужева А. С. Вычислительная программа «ОТКОС-22» для расчета устойчивости откосов и склонов при сейсмических воздействиях // Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства. Сборник тезисов докладов VI Всероссийского научно-практического семинара, 24 мая 2023 г. М.: НИУ МГСУ ИГЭС, 2023. С. 79–80. EDN: TRWVRH
8. Анахаев К. Н., Беликов В. В., Анахаев К. К. О гиперболических поверхностях при расчетах береговых склонов на основе дистанционных данных // Современные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Сборник трудов Международной научной конференции. Т. 1. Нальчик: КБГУ, 2022. С. 6–8. EDN: KYKECL

REFERENCES

1. Kropotkin M.P. Slope stability calculations using stability coefficient minimizing algorithms. *Engineering Survey*. 2017. No. 1. Pp. 20–30. EDN: XXRLRN. (In Russian)
2. Anakhaev K.N., Belikov V.V., Anakhaev K.K. et al. On the calculation of the sliding surfaces of coastal slopes based on remote data. *Processy v geosredah* [Processes in Geomedia]. 2022. No. 3. Pp. 1655–1663. EDN: MHLHXH. (In Russian)
3. Bukhartsev V.N., Nguen T.Kh. Assessment of the stability of soil massifs. *Magazine of Civil Engineering*. 2012. No. 9. Pp. 41–48. EDN: PQNQMR. (In Russian)
4. Dvoryashin V.I. *Voyennaya gidrotekhnika (vodnyye zagrashdeniya)* [Military hydraulic engineering (water barriers)]. Moscow: IVIA, 1940. 360 p. (In Russian)
5. *Gidrotekhnicheskiye sooruzheniya* [Hydraulic engineering structures]. Edited by Rozanova N.P. Moscow: Agropromizdat, 1985. 432 p. (In Russian)

6. Anakhaev K.N., Bestuzheva A.S., Belikov V.V., Anakhaev K.K. Stability of an inhomogeneous slope with specified points of sliding curves. *Modern Problems of Hydraulics and Hydraulic Engineering. Collection of reports of the VIII-th All-Russian Scientific and Practical Seminar*, May 21, 2025. Moscow: NRU MGSU IGES, 2025. (In Russian)

7. Bestuzheva A.S. Computational program "SLOPE-22" for calculating the stability of slopes and slopes under seismic impacts. *Modern Problems of Hydraulics and Hydraulic Engineering. Collection of reports of the VI All-Russian Scientific and Practical Seminar*, May 24, 2023. Moscow: NRU MGSU IGES, 2023. Pp. 79–80. EDN: TRWVRH. (In Russian)

8. Anakhaev K.N., Belikov V.V., Anakhaev K.K. On hyperbolic surfaces in calculations of coastal slopes based on remote data. *Modern Problems of Applied Mathematics, Computer Science and Mechanics. Proceedings of the International Scientific Conference*. Vol. 1. Nalchik: KBSU, 2022. Pp. 6–8. EDN: KYKECL. (In Russian)

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственных заданий организаций, в том числе, ИПМА КБНЦ РАН (тема № FMEW-2025-0014), ИВП РАН (тема № FMWZ-2025-0003).

Funding. The work was carried out within the framework of state assignments by organizations, including the Institute of Applied Mathematics and Automation – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (theme No. FMEW-2025-0014) and the Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences (theme No. FMWZ-2025-0003).

Информация об авторах

Анахаев Кошкинбай Назирович, д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотр., Институт прикладной математики и автоматизации – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89 А;

вед. науч. сотр., Институт водных проблем Российской академии наук;

119333, Россия, Москва, ул. Губкина, 3;

anaha13@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4357-4349>, SPIN-код: 5974-4403

Бестужева Александра Станиславовна, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики и гидротехнического строительства, Институт гидротехнического и энергетического строительства, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет;

129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, корп. УЛБ;

alex_bestu@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0821-4922>, SPIN-код: 7762-8776

Беликов Виталий Васильевич, д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотр., заведующий лабораторией, Институт водных проблем Российской академии наук;

119333, Россия, Москва, ул. Губкина, 3;

belvv@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1760-4498>, SPIN-код: 6174-7895

Балкизов Афрасим Баширович, канд. техн. наук, доцент кафедры природообустройства, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова;

360030, Россия, г. Нальчик, пр-т Ленина, 1в;

afrasim_1960@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4220-9107>, SPIN-код: 4015-8381

Мамчueв Мухтар Османович, канд. физ.-мат. наук, науч. сотр., Институт прикладной математики и автоматизации – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89 А;

mamchuevmc@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3830-7804>, SPIN-код: 1074-2232

Information about the authors

Koshkinbai N. Anakhaev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Applied Mathematics and Automation – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 89 A Shortanov street;

Leading Researcher, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences;

119333, Russia, Moscow, 3 Gubkin street;

anaha13@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4357-4349>, SPIN-code: 5974-4403

Alexandra S. Bestuzheva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Hydraulics and Hydraulic Engineering, Institute of Hydraulic Engineering and Energy Construction of the Moscow State University of Civil Engineering (National Research University);

129337, Russia, Moscow, 26 Yaroslavskoye highway, building ULB;

alex_bestu@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0821-4922>, SPIN-code: 7762-8776

Vitaly V. Belikov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences;

119333, Russia, Moscow, 3 Gubkin street;

belvv@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1760-4498>, SPIN-code: 6174-7895

Afrasim B. Balkizov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Management, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov;

360030, Russia, Nalchik, 1v Lenin avenue;

afrasim_1960@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4220-9107>, SPIN-code: 4015-8381

Mukhtar O. Mamchuev, Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Researcher, Institute of Applied Mathematics and Automation – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 89 A Shortanov street;

mamchuevmc@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3830-7804>, SPIN-code: 1074-2232

Применимость оценки структуры микробиома эндофитных грибов семенного материала в селекции мягкой яровой пшеницы

Ф. Дукси^{✉1,2}, Г. Н. Бондаренко^{1,2}, В. А. Бурлуцкий^{2,3}, Ю. В. Цветкова¹,
Г. О. Декин², Н. В. Давыдова⁴

¹Всероссийский центр карантина растений

140150, Россия, Московская область, м.о. Раменский, р.п. Быково, ул. Пограничная, 32

²Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы

117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

³Калужский НИИСХ – филиал ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха

249142, Россия, Калужская область, с. Калужская опытная сельскохозяйственная станция, ул. Центральная, 2

⁴Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

143026, Россия, Московская область, г.п. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6

Аннотация. В работе представлены результаты изучения структуры сообщества эндофитных грибов семенного материала некоторых новых высокопродуктивных генотипов мягкой яровой пшеницы, созданных с применением комплексных селекционно-генетических методических подходов: гапло-биотехнологии, эколого-географический принцип подбора родительских форм при конструировании сложных ярово-озимых гибридов (экологические валенты), для раскрытия возможности проведения оценок селекционного материала при выведении новых коммерческих сортов.

Цель исследования – изучение сообщества эндофитных грибов (патогенных и непатогенных) в семенном материале пшеницы для определения возможности применимости такого рода оценки в селекции на устойчивость к грибным патогенам, а также для понимания их сложных взаимодействий с растениями и окружающей средой.

Материалы и методы. Генотипы мягкой яровой пшеницы, созданные с применением современных селекционно-генетических подходов (гапло-биотехнологии, эколого-географического метода подбора родительских пар при конструировании сложных ярово-озимых гибридов). Применен микробиологический метод (выделение возбудителя на питательную среду, получение чистой культуры), включая идентификацию морфологическим методом (микроскопия). Результаты первичной диагностики подтверждены применением полимеразной цепной реакции (ПЦР), основывающейся на использовании праймеров, разработанных на участок ITS-гена, с последующим секвенированием по Сэнгеру.

Результаты. Показаны различия в архитектуре сообществ эндофитных грибов семенного материала в зависимости от генотипа селекционных линий мягкой яровой пшеницы. Идентифицированы 7 видов грибов, относящихся к 5 родам. Среди них обнаружены как патогенные из родов *Fusarium* и *Alternaria*, так и непатогенные грибы из *Trichoderma* и *Clonostachys*.

Выводы и рекомендации. Результаты данного исследования являются частью комплексного подхода и способствуют изучению формирования полезных эндофитных сообществ для использования в сельскохозяйственных и селекционных целях (подбор устойчивых сортов пшеницы и сокращение использования пестицидов). Изучение таких грибов – перспективное направление в селекции мягкой пшеницы.

Ключевые слова: селекция, защита растений, пшеница мягкая яровая, сорт, эндофитные микроорганизмы, грибы, фузариоз колоса, микроскопирование, секвенирование по Сэнгеру

Поступила 22.04.2025, одобрена после рецензирования 19.06.2025, принята к публикации 14.07.2025

Для цитирования. Дукси Ф., Бондаренко Г. Н., Бурлуцкий В. А., Цветкова Ю. В., Декин Г. О., Давыдова Н. В. Применимость оценки структуры микробиома эндوفитных грибов семенного материала в селекции мягкой яровой пшеницы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 70–84. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-70-84

Original article

Applicability assessment for seed endophytic fungal microbiome structure in the breeding of soft spring wheat

F. Duksi^{✉ 1, 2}, G.N. Bondarenko^{1, 2}, V.A. Burlutskiy^{2, 3}, Yu.V. Tsvetkova¹,
G.O. Dekin², N.V. Davydova⁴

¹All-Russian Plant Quarantine Center

140150, Russia, Moscow region, Ramensky municipal district, Bykovo urban settlement, 32 Pogranichnaya street

²Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

117198, Russia, Moscow, 6 Miklukho-Maklaya street

³Kaluga Research Agriculture Institute – branch of Russian Potato Research Centre

249142, Russia, Kaluga Region, Kaluga Experimental Agricultural Station, 2 Tsentralnaya street

⁴Federal Research Center "Nemchinovka"

143026, Russia, Moscow Region, Odintsovo, Novoivanovskoye, 6 Agrokhimikov street

Abstract. The paper presents the research outcomes for community structure of the endophytic fungi in the seed of some new highly productive genotypes in soft spring wheat, created using complex breeding and genetic methodologies: haplo-biotechnology, the ecological and geographical selecting parental forms in the design of complex spring-winter hybrids (ecological valents), to reveal the possibility of evaluating breeding material when breeding new commercial varieties.

Aim. To investigate the endophytic community (pathogenic and non-pathogenic), in wheat seeds to determine the feasibility of this type of evaluation to assess resistance to fungal diseases, as well as to understand the complex interactions between these fungi, plants and the environment.

Materials and methods. Genotypes of soft spring wheat created using modern breeding and genetic approaches (haplo-biotechnology, ecological and geographical selection of parental pairs in the construction of complex spring-winter hybrids). A microbiological technique is used (isolating the pathogen on a growth medium, obtaining a pure culture), which includes morphological identification (microscopy). The initial diagnosis is confirmed using polymerase chain reaction (PCR) based on primers developed for the (ITS) region, followed by Sanger sequencing.

Results. Differences are shown in the community structure of endophytic fungi in the seed material, depending on the breeding lines (genotypes) of spring wheat. 7 species of fungi belonging to 5 genera are identified. Pathogenic fungi from the genera *Fusarium* and *Alternaria*, as well as non-pathogenic fungi from *Trichoderma* and *Clonostachys*, are found among them.

Conclusions and recommendations. The results of this study contribute to a broader understanding of the formation of beneficial endophytic communities in agriculture and breeding (selection of resistant wheat varieties, which would reduce the need for pesticides). The study of such fungi is a promising area of research for the breeding of soft wheat.

Keywords: breeding, plant protection, soft spring wheat, cultivar, endophytic microorganisms, fungi, *Fusarium* head blight, microscopy, Sanger sequencing

Submitted 22.04.2025,

approved after reviewing 19.06.2025,

accepted for publication 14.07.2025

For citation. Duksi F., Bondarenko G.N., Burlutskiy V.A., Tsvetkova Yu.V., Dekin G.O., Davydova N.V. Applicability assessment for seed endophytic fungal microbiome structure in the breeding of soft spring wheat. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 70–84. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-70-84

ВВЕДЕНИЕ

За последние десятилетия производство пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в России претерпело значительные изменения, что позволило экспорту резко увеличиться с 696 000 тонн в 2001 году до 41,4 млн тонн к 2018 году. Россия стала крупнейшим в мире экспортером пшеницы [1, 2]. В 2024 году объем экспорта из России составил 57,5 млн тонн согласно данным Россельхознадзора¹.

Зерно производится в 76 регионах России, наибольшая площадь под посевами зерновых культур отмечается в Ростовской области, Алтайском крае, Краснодарском крае, Оренбургской области, Ставропольском крае, Волгоградской, Саратовской и Омской областях, Республике Башкортостан и Воронежской области [2]. Стратегии управления высокопродуктивным сельским хозяйством включают устойчивые сорта, севооборот, применение фунгицидов и методы обработки почвы. В этой связи вопросы полевой устойчивости сортов имеют решающее производственное значение, они связаны с недостаточной устойчивостью посевов к действию комплекса неблагоприятных абиотических и биотических факторов внешней среды [3, 4]. Основными грибными заболеваниями пшеницы в России считаются ржавчина, септориозная пятнистость листьев, фузариоз колоса, мучнистая роса зерновых. Известно, что изменение климата влияет на распространение и жизненные циклы патогенов, делая некоторые заболевания более распространенными. Например, фузариоз сильно развивается во влажных условиях во время цветения зерновых культур. Известно также, что некоторые виды рода *Trichoderma* Pers (1801) обладают антагонистической активностью в отношении фитопатогенных грибов рода *Fusarium* Link (1809), вызывающих фитофтороз – угрозу для влажных регионов, таких как Краснодарский край [5, 6]. В свою очередь микробиом растений помогает улучшить рост растений посредством взаимодействия с эндифитными микроорганизмами, ассоциированными с семенами. Однако наличие специфических грибов в семенах пшеницы остается малоизученным.

Методология создания новых сортов с заданными характеристиками (урожайность, устойчивость к болезням, климатическая адаптация, качество зерна) включает целенаправленное скрещивание, отбор и использование современных биотехнологий. Данная работа является частью комплексного исследования полевой устойчивости мягкой пшеницы по оценке структуры микробиома бактерий и грибов семенного материала генотипов разного эколого-географического происхождения, созданных на базе различных селекционных процессов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использовано три современных селекционных генотипа мягкой пшеницы, созданных с применением различных технологий и имеющих разное генетическое происхождение. Образцы семенного материала для исследований являются смесью семян от полевых урожаев 2022 и 2023 годов, полученных в конкурсном селекционном питомнике специализированного селекционного оборота селекционного участка зерновых культур Калужского НИИСХ – ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха на средних суглинистых серых лесных почвах Перемышльского района Калужской области (табл. 1).

¹Роскомнадзор. Итоги 2024 года: экспорт зерна, государственный мониторинг качества, борьба с недостоверным декларированием. URL: <https://fsvps.gov.ru/news/itogi-2024-jeksport-zerna-gosudarstvennyj-monitoring-kachestva-borba-s-nedostovernym-deklarrovaniem/> (дата обращения: 2024)

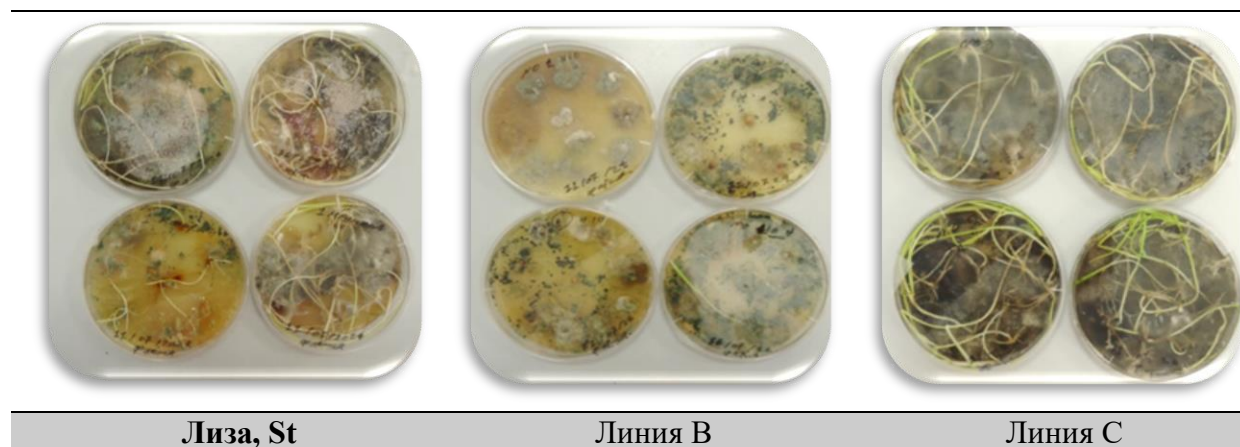
Таблица 1. Список селекционных генотипов линий пшеницы**Table 1.** List of selection genotypes of wheat lines

Сорт, линия	Шифр генотипа	Название и происхождение	Родительские компоненты	Селекционно-генетические технологии
Сорт	А	Лиза, St (ДГЛ (Виза х Амир))	Яровые	Гапло-биотехнологии: метод гаплопродюсера <i>Zea mays</i> L.
Линия F ₅	В	Н1445-20 [(яр.п. Марфа х оз.п. Липецкая Звезда) F ₁ х (яр.п. КВС Аквилон х оз.п. Немчиновская 24) F ₁] F ₃	Яровые и озимые	Экологические валенты
Линия С ₄	С	ДГЛ120 ex Н0204-20 [(яр.п. КВС Аквилон х оз.п. Липецкая Звезда) F ₁ х яр.п. Лиза] F ₁	Яровые и озимые	Экологические валенты и гапло-биотехнологии: метод гаплопродюсера <i>Zea mays</i> L.

*ДГЛ –диплоидизированная гаплоидная линия

В работе использовали следующие методы: метод выделения возбудителя на питательную среду, микроскопирование мицелия гриба. Для подтверждения результата и точности определения вида использовали ПЦР.

Исследование микробиологическим методом. Согласно [7] проводили выделение возбудителя на питательную среду (картофельно-глюкозный агар). Семена промывали под струей водопроводной воды в течение 10 минут. Исследуемый материал стерилизовали погружением в 70% этиловый спирт на 2–3 минуты, затем дважды промывали стерильной водой. Зерна просушивали на стерильной фильтровальной бумаге и раскладывали пинцетом на поверхность питательной среды. В одну чашку Петри (с питательной средой) диаметром 90 мм помещали 5–10 зерен на равном расстоянии друг от друга. Чашки Петри с анализируемыми образцами инкубировали в термостате при температуре 23–25°C чередованием «свет – темнота» по 12 часов. Результаты выделения возбудителя на питательной среде через 14 суток представлены на рисунке 1. Через 14 дней просматривали интересующие колонии грибов и отсеивали с помощью стерильной иглы или петли часть гиф или спор, которые переносили на новую среду для выращивания чистой культуры. Еще через 14 дней использовали чистые культуры для дальнейшего изучения.

**Рис. 1.** Результаты выделения гриба на питательной среде через 14 суток**Fig. 1.** Results of fungal isolation on a nutrient medium after 14 days

Метод микроскопирования гриба: для микроскопирования грибов использовали микроскоп Olympus BX53 (Япония). Для получения микроскопических изображений использовали программу «Olympus Sens Entry» (табл. 3). Для подтверждения результата и точности определения вида использовали ПЦР-анализ.

Молекулярно-генетические тесты.

Подготовка проб культуры гриба заключалась в следующем: небольшой фрагмент мицелия (с поверхности чистой культуры возбудителя) снимали стерильной препаровальной иглой и помещали в микропробирку. Добавляли 200 мкл лизирующего раствора (использовали лизирующий раствор из набора выделения ДНК) и тщательно гомогенизировали с помощью стерильного пестика. Выделение ДНК проводили с использованием готового набора «Фитосорб» (ООО «НПФ Синтол», Россия), основанного на использовании магнитных частиц выделения ДНК из растительного материала,

ПЦР и секвенирование последовательностей ДНК. Для уточнения видовой идентификации проводили классическую ПЦР с применением универсальных, синтезированных компанией ООО «Евроген» (Россия), праймеров ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCG-TAACAAGG-3') и ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') [8, 9] (табл. 2). Постановку амплификации проводили в соответствии с инструкцией по применению мастер-микса реакционных смесей и установленной температурой отжига.

Таблица 2. Состав реакционной смеси для праймеров ITS4/ ITS5 и температурно-временной режим ПЦР [10]

Table 2. Composition of the reaction mixture for ITS4/ITS5 primers and temperature-time regime of PCR [10]

Реагенты	Объем компонента на 1 образец, мкл
Праймер прямой: ITS5	1
Праймер обратный: ITS4	1
ПЦР-буфера Mas DDMix 2025 (ООО «Диалат Лтд.», Россия)	5
H ₂ O	16
ДНК	2
Объем	25
Условия ПЦР: температурно-временной режим ПЦР	
Денатурация при 94°C в течение 3 мин.	
Далее 30 циклов	
Денатурация	30 сек. при 94°C
отжиг праймеров	30 сек. при 52°C
Элонгация	90 сек. при 72°C
Последний этап: финальная элонгация при 72°C в течение 7 мин.	

Детекцию продуктов амплификации проводили с помощью горизонтального электрофореза, после амплификации 4 мкл ПЦР-продукта раскапывали в лунки 1,5-го агарозного геля с бромистым этидием в 0,5×TBE-буфере и разделяли с помощью электрофореза. В дальнейшем проводили визуализацию полученных ампликонов с использованием гель-документирующей системы производства Bio-Rad (США). Результаты показаны на рисунке 2 [10]. Полученные ампликоны очищали с помощью набора «GeneJET PCR Purification Kit» («Thermo Fisher», Литва) и проводили секвенирование на генетическом анализаторе AB-3500 («Applied Biosystems», США/Япония) согласно процедуре, используемой в [11]. Полученные участки нуклеотидных последовательностей обрабатывали с использованием

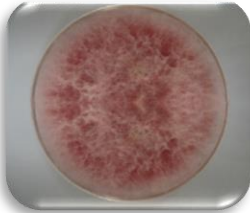
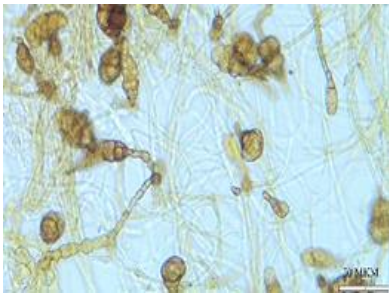
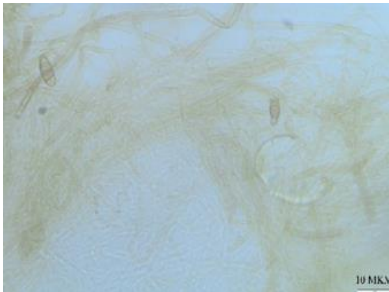
программы BioEdit v.7.0.5.3. Сравнительный анализ проводили с использованием последовательностей изолятов, депонированных в базу данных Gen Bank NCBI (Nucleotide BLAST)².

РЕЗУЛЬТАТЫ

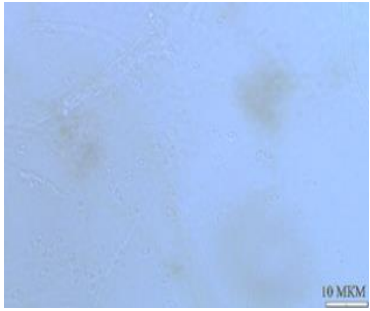
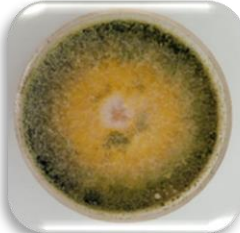
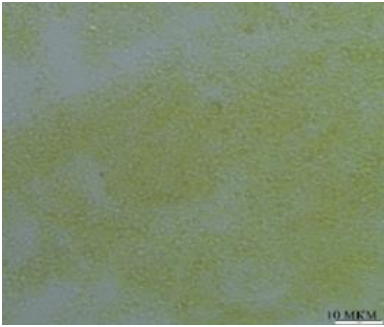
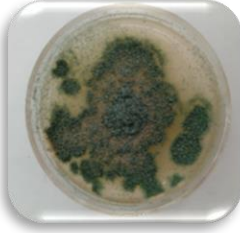
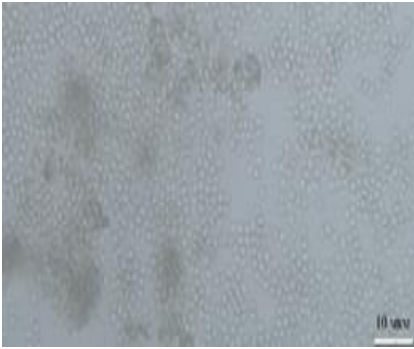
Микробиологические методы исследования микробиома семенного материала пшеницы разных селекционных генотипов позволили выделить грибы в чистую культуру, предварительно диагностировать их родовую принадлежность и отнести к условным фитопатологическим группам. Среди них выявлены грибы родов *Fusarium* Link (1809) и *Alternaria* Nees, которые могут вызывать такие заболевания, как фузариоз колоса и черная пятнистость («черный зародыш»). Также обнаружены эндофиты, полезные для защиты урожая и сокращения использования пестицидов, такие как *Trichoderma*. Pers (1801). Результаты исследования микробиологическим методом и методом микроскопирования грибов показаны в таблице 3.

Таблица 3. Результаты выделения чистой культуры гриба на питательную среду и микроскопирования

Table 3. Results of isolation of pure fungal culture on nutrient medium and microscopy

Фотография чистой культуры гриба	Фотография микропрепаратов мицелия грибов	Идентифицированный род
Группа патогенных грибов		
		<i>Fusarium</i> sp. Link (1809).
		<i>Alternaria</i> sp. Nees.
		<i>Alternaria</i> sp. Nees.

² National Center for Biotechnology Information. BLAST: Basic Local Alignment Search Tool. Available at: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov>.

Группа непатогенных грибов		
		<i>Clonostachys</i> sp. Corda.
		<i>Trichoderma</i> sp. Pers. (1801)
		<i>Penicillium</i> sp. Link (1809).
		<i>Penicillium</i> sp. Link (1809).

Группа патогенных грибов. Отнесены виды, определенные до рода *Fusarium*, являющиеся возбудителями фузариоза колоса зерновых культур (одного из самых серьезных заболеваний), поражающие посевы пшеницы во всем мире. Возбудителями заболевания являются несколько видов рода *Fusarium* [12]. Фузариоз колоса приводит не только к снижению урожайности, но и к ухудшению качества зерна из-за выработки микотоксинов [13], которые представляют опасность для здоровья людей и сельскохозяйственных животных [14]. Диагностированы виды, относящиеся к роду *Alternaria*, вырабатывающие микотоксины, являющиеся опасными для человека, животных и сельскохозяйственных культур (тентоксин, теназоновая кислота, вызывают болезни зерновых культур) [15].

Группа непатогенных грибов. Выделены эндофитные грибы, стимулирующие рост растений. Представлены видами рода *Trichoderma*, *Clonostachys* и *Penicillium*. Потенциальное использование видов возможно при внесении в посевы в виде пшенично-зернового субстрата [16]. Виды этих родов являются наиболее популярными исследовательскими инструментами в качестве микробных инокулянтов, которые широко используются против ряда фитопатогенных грибов, вызывающих почвенные, воздушные и послеуборочные заболевания растений. Некоторые штаммы *Trichoderma* в последние годы стали популярны как стимуляторы роста растений, способные проникать в ризосферу, оказывать прямое воздействие на растения, увеличивая их потенциал роста и поглощение питательных веществ. Они способствуют эффективному использованию удобрений, увеличению процента и скорости прорастания семян, а также стимулируют защиту растений от биотических и абиотических повреждений [17].

Грибы, принадлежащие к роду *Penicillium*, считаются ключевой группой почвенной микрофлоры, участвующей в круговороте фосфора. Было продемонстрировано, что микробиологическая активность в ризосфере помогает растворять труднорастворимый неорганический фосфор и усиливать рост растений. Кроме того, *Penicillium* spp. часто выделяются как компоненты корневой микрофлоры различных видов сельскохозяйственных культур. Ассоциация фосфорсольбилизирующих *Penicillium* spp. с корнями растений имеет потенциал влиять на питание фосфором сельскохозяйственных растений [18].

Уточнение диагноза грибов до вида было проведено методом классической ПЦР с применением универсальных праймеров. Электрофореграммы продуктов амплификации по генотипам пшеницы приведены на рис. 2.

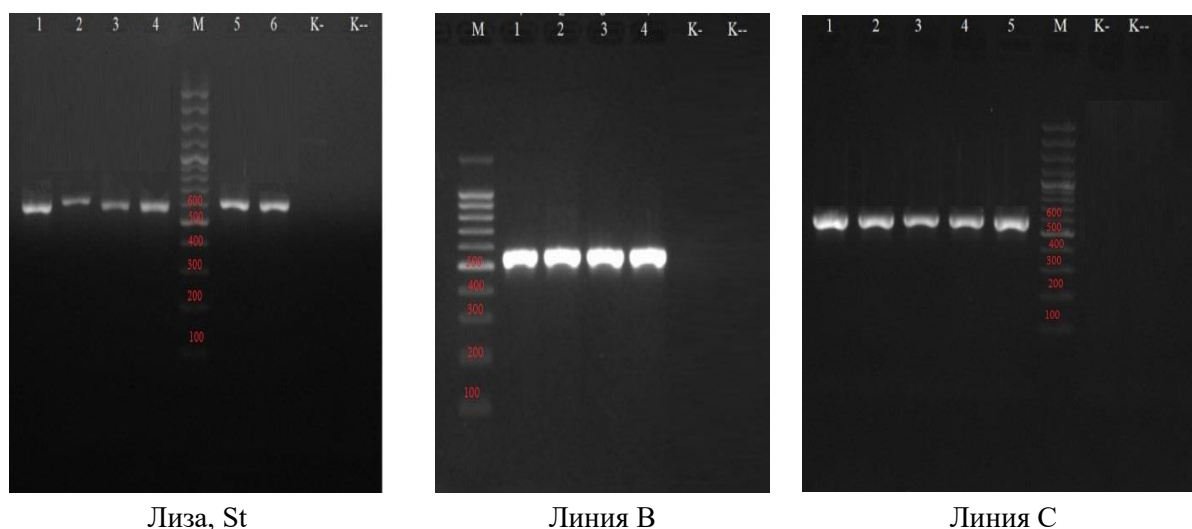


Рис. 2. Электрофореграмма продуктов ПЦР чистых культур, полученных от семенного материала генотипов пшеницы: K^- – отрицательный контрольный образец (выделенный), K^+ – отрицательный контрольный образец (чистая зона)

Fig. 2. Electropherogram of PCR products of pure cultures obtained from spring-winter lines: K^- is the negative control sample (isolated), K^+ is the negative control sample (clean zone)

Показано, что покрытие и достоверность идентификации видовой принадлежности грибов по анализу продуктов секвенирования были достоверно высокими для всех выделенных грибов. Высокие показатели идентичности ($\geq 99\%$) и покрытия ($\geq 99\%$) подтверждают точность видовой идентификации и полноту генетических данных. Результаты секвенирования продуктов ПЦР для определения таксономии представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты анализа нуклеотидных последовательностей NCBI для определения принадлежности целевого гриба, где (№ s) – электрофореграммы продуктов ПЦР из рис. 2

Table 4. Results of the analysis of the read nucleotide sequence, where (No. s) – electropherograms of PCR products from Fig. 2

№ s	Инфицированный вид	Идентичность, %	Покрытие, %	Страна	Sequence ID: /ID NCBI
Сорт Лиза, St					
1	<i>Fusarium graminearum</i> isolate 24336 clone 2	99	99,38	Канада	Sequence ID: MH108136.1 NCBI: NCBI:txid5518
2	<i>Clonostachys rosea</i> (strain GFR45)	99,10	100	Китай	Sequence ID: MT447550.1 NCBI:txid29856
3	<i>Alternaria tenuissima</i> (strain PAS85)	100	100	Китай	Sequence ID: PP914110.1 NCBI:txid119927
4	<i>Trichoderma harzianum</i> isolate 31462-5S-3G-Sx	100	100	Канада	Sequence ID: PV156897.1 NCBI:txid5544
5	<i>Penicillium crustosum</i> (strain CN045B9)	99,51	100	ЮАР	Sequence ID: ON204056.1 NCBI:txid36656
6	<i>Clonostachys rosea</i> (isolate G409)	99,80	100	Россия	Sequence ID: PQ482364.1 NCBI:txid29856
Селекционная линия В					
1	<i>Fusarium graminearum</i> (isolate Pumpkin internal transcribed spacer 1)	99,29	99	Маврикий	Sequence ID: ON738580.1 NCBI:txid5518
2	<i>Clonostachys rosea</i> (strain N11)	99,83	100	Турция	Sequence ID: MH259860.1 NCBI:txid29856
3	<i>Trichoderma harzianum</i> (strain 38614DRJ 18S)	100	100	Польша	Sequence ID: MF782820.1 NCBI:txid5544
4	<i>Penicillium allii</i> (isolate CMV003F3 18S)	100	100	ЮАР	Sequence ID: MK450672.1 NCBI:txid1459053
Селекционная линия С					
1	<i>Fusarium graminearum</i> culture CBS:131569	99,38	99	Нидерланды	Sequence ID: MH865921.1 NCBI:txid5518
2	<i>Alternaria cf. infectoria</i> (IHEM 28029)	99,84	99	Бельгия	Sequence ID: OU989242.1 NCBI:txid2868185
3	<i>Trichoderma harzianum</i> (strain TH XIV)	99,61	100	Польша	Sequence ID: MH602418.1 NCBI:txid5544
4	<i>Clonostachys rosea f. catenulata</i> (isolate AB19PT294)	99,45	100	Россия	Sequence ID: OM965347.1 NCBI:txid62888
5	<i>Fusarium graminearum</i> culture CBS:131266	99,47	99	Нидерланды	Sequence ID: MH865928.1 NCBI:txid5518

Установлено, что для *Fusarium graminearum*: (teleomorph *Gibberella zeae*) идентичность последовательностей в базе NCBI варьирует от 99 до 100 % при покрытии от 99 до 100 % со штаммами из Канады, Маврикия и Нидерландов. Для *Clonostachys rosea*: (Link) Schroers (1999) идентичность последовательностей варьирует от 99,10 до 99,83 % при покрытии 100 %. Образцы сравнения представлены изолятами из Китая, Турции и России. Для *Alternaria tenuissima*: (Kunze ex Nees et T. Nees: Fries) идентичность последовательностей составляет 100 % при покрытии 100 % со штаммом происхождения из Китая. Для *Alternaria cf. infectoria* (E.G. Simmons, 1986) идентичность последовательностей составляет 99,84 % при покрытии 99 % с изолятом из Бельгии. Для *Trichoderma harzianum*: Rifai, (1969) идентичность последовательностей варьирует от 99,61 до 100 % при покрытии 100 %. Образцы

сравнения описаны в Канаде и Польше. Для *Penicillium crustosum* Thom, (1930) идентичность последовательностей 99,51 % при покрытии 100 % в сравнении со штаммом, описанным в ЮАР. Для *Penicillium allii* Vincent & Pitt, (1989) идентичность последовательностей 100 % при покрытии 100 % в сравнении с штаммом также из ЮАР.

Комплексный анализ исследования структуры сообществ эндофитных грибов, ассоциированных с семенами селекционных генотипов яровой пшеницы, позволил идентифицировать 7 видов грибов, относящихся к 5 родам. В семенном материале определены виды эндофитных грибов, обнаруживающие патогенные свойства: *F. graminearum*, характерный для всех генотипов пшеницы, и виды *A. tenuissima* и *A. infectoria* E.G, проявляющие генотип-генотипическую специфичность, в то же время селекционная линия В (Н1445-20) не была подвержена заселению этими видами. Из группы непатогенных грибов общими для всех генотипов пшеницы являются виды *C. rosea* и *T. harzianum* и дифференцирующими – виды рода *Penicillium*, при этом селекционная линия С (ДГЛ120) не вступает в отношения с этими видами. Выявленные непатогенные грибы могут вступать в симбиотические отношения с растениями, способствовать их росту или повышать продуктивность и устойчивость к стрессам, болезням [16, 17, 18]. Показано, что структура эндофитных грибных сообществ семян пшеницы в значительной степени определяется генотипом линии. Выделяется линия В (Н1445-20), созданная с применением эколого-географического метода подбора родительских пар и экологической валентной оценки сложной гибридной популяции, по наименьшему количеству участия видов грибов, относящихся к патогенным (*F. graminearum*) и наибольшему – к непатогенным грибам (*C. rosea*, *T. harzianum* и *P. allii*).

Комплексный анализ по полученным чистым культурам и нуклеотидным последовательностям показан в таблице 5.

Таблица 5. Результат секвенирования продуктов ПЦР и наличие грибных свойств

Table 5. Result of PCR product sequencing and presence of fungal properties

Патогенные свойства	Идентифицированный род	Идентифицированный вид	Лиза, St	Линия В	Линия С
Да	<i>Fusarium</i>	<i>F. graminearum</i>	+	+	+
	<i>Alternaria</i>	<i>A. tenuissima</i>	+	–	–
		<i>A. infectoria</i> E.G.	–	–	+
Нет	<i>Clonostachys</i>	<i>C. rosea</i>	+	+	+
	<i>Trichoderma</i>	<i>T. harzianum</i>	+	+	+
	<i>Penicillium</i>	<i>P. crustosum</i>	+	–	–
		<i>P. allii</i>	–	+	–
Общее количество грибов-эндофитов, видов			5	4	4
Соотношение патогенных к непатогенным, %			40	25	50

Выводы

Методологические аспекты. Комбинация микробиологических, микроскопических и молекулярно-генетических методов (ПЦР, секвенирование ITS-региона) обеспечила высокую точность идентификации грибов (идентичность ≥ 99 %, покрытие ≥ 99 %).

Разнообразие эндофитных грибов в семенном материале пшеницы. В семенах изученных генотипов мягкой яровой пшеницы выявлено 7 видов грибов, относящихся к 5 родам. Среди них обнаружены как патогенные виды (*Fusarium graminearum*, *Alternaria tenuissima*, *A. infectoria*), так и непатогенные (*Clonostachys rosea*, *Trichoderma harzianum*, *Penicillium crustosum*, *P. allii*).

Влияние генотипа на состав микробиома. Структура грибных сообществ семян значительно варьировала в зависимости от генотипа пшеницы. Наиболее устойчивой оказалась линия В (Н1445-20), созданная с применением эколого-географического метода подбора родительских пар. В ее семенах преобладали непатогенные грибы (*C. rosea*, *T. harzianum*, *P. allii*), а патогенные виды (*F. graminearum*) были представлены в меньшей степени.

Патогенные грибы и их угрозы. *Fusarium graminearum* (возбудитель фузариоза колоса) и *Alternaria* spp. (продуценты микотоксинов) представляют серьезную угрозу для урожая и качества зерна. Их наличие в семенном материале требует контроля для минимизации рисков заражения посевов.

Потенциал непатогенных грибов. Непатогенные эндофиты (*Trichoderma*, *Clonostachys*, *Penicillium*) демонстрируют потенциал для использования в сельском хозяйстве: *Trichoderma harzianum* и *Clonostachys rosea* могут применяться как агенты биоконтроля патогенов и стимуляторы роста растений. *Penicillium* spp. способствуют мобилизации фосфора в почве, улучшая питание растений.

Перспективы для селекции. Анализ структуры микробиома семян может служить дополнительным критерием при отборе селекционных линий на устойчивость к болезням. Линия В (Н1445-20) показала наилучший баланс между устойчивостью к патогенам и наличием полезных эндофитов, что подтверждает эффективность использованных при ее создании методов (экологические валенты).

Рекомендации для дальнейших исследований. Изучить влияние выявленных грибов на рост и развитие растений в полевых условиях. Разработать методы интродукции полезных эндофитов (*Trichoderma*, *Clonostachys*) в агроценозы для снижения зависимости от химических фунгицидов. Расширить исследования на другие селекционные линии и сорта пшеницы для выявления устойчивых генотипов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Структура микробиома семян изученных селекционных генотипов мягкой яровой пшеницы была представлена 7 видами грибов, относящихся к 5 родам, из них 3 вида были отнесены к группе патогенных грибов. На основании анализа соотношения патогенных и непатогенных грибов-эндофитов и их количества, выявленных в семенах, была выделена селекционная линия В (Н1445-20), созданная с применением эколого-географического метода подбора родительских пар пшеницы и экологической валентной оценки сложной ярово-озимой гибридной популяции, что подчеркивает влияние методов селекции на формирование микробиома. Показаны возможности проведения оценок селекционного материала при выведении новых коммерческих сортов по анализу структуры сообществ грибов-эндофитов.

Дальнейшие исследования будут сосредоточены на определении функции влияния идентифицированных штаммов грибов на стадии роста и развития растений селекционных генотипов пшеницы, проявляющих контрастные генотип-генотипические взаимодействия, а установление баланса между полезной ролью эндофитных грибов в семенах пшеницы и потенциальными рисками будет способствовать селекционным изысканиям. В свою очередь разработка методологии производства интегративных оценок микробиома семян позволит ускоренно создавать высокопродуктивные коммерческие сорта с широкой амплитудой полевой устойчивости к лимитирующим абиотическим и биотическим факторам внешней среды, что соответствует принципам устойчивого сельского хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Шалаева Л. В. Мировой и российский рынок зерна: оценка тенденций и перспектив // Продовольственная политика и безопасность. 2023. Т. 10. № 2. С. 287–302. DOI: 10.18334/ppib.10.2.117014

Shalaeva L.V. World and Russian grain market: assessment of trends and prospects. *Food policy and security*. 2023. Vol. 10. No. 2. Pp. 287–302. DOI: 10.18334/ppib.10.2.117014. (In Russian)

2. Словарева О. Ю. Анализ производства и экспорта российского зерна и составление перечня регулируемых фитосанитарными требованиями стран-импортеров возбудителей бактериозов зерновых культур // Аграрный вестник Северного Кавказа. 2023. № 3(51). С. 47–54. DOI: 10.31279/2949-4796-2023-3-51-47-54

Slovareva O.Yu. Production, export and import of cereals and compilation of a list of phytopathogenic bacteria associated with them. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2023. No. 3(51). Pp. 47–54. DOI: 10.31279/2949-4796-2023-3-51-47-54 (In Russian)

3. Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г. Развитие селекции яровой твердой пшеницы в России (странах бывшего СССР), результаты и перспективы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2023. Т. 27. № 6. С. 591–608. DOI: 10.18699/VJGB-23-71

Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G. Development of breeding of spring durum wheat in Russia (former USSR countries), results and prospects. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2023. Vol. 27. No. 6. Pp. 591–608. DOI: 10.18699/VJGB-23-71. (In Russian)

4. Ген А. А., Бурлуцкий В. А., Грингоф И. Г. и др. Фотометрический и ультразвуковой методы оценки состояния посевов ячменя // Гидрометеорология и образование. 2025. № 1. С. 76–93. EDN: LBNGJM

Gen A.A., Burlutskiy V.A., Gringof I.G. et al. Photometric and ultrasonic methods for assessing the condition of barley crops. *Hydrometeorology and education*. 2025. No. 1. Pp. 76–93. EDN: LBNGJM. (In Russian)

5. Gagkaeva T., Gavrilova O., Orina A. et al. Analysis of toxigenic fusarium species associated with wheat grain from three regions of Russia: Volga, Ural, and West Siberia. *Toxins*. 2019. Vol. 11. No. 5. P. 252. DOI: 10.3390/toxins11050252

6. Пигалов А. В., Соловьев А. А., Гарибян Ц. С. Влияния грибов рода *Fusarium* на урожайность и качество пшеницы и тритикале и возможности использования РНК-интерференции и малых РНК в борьбе с грибными заболеваниями // Международный конгресс «VIII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвященный 300-летию российской науки и высшей школы». Сборник тезисов. Санкт-Петербург, 2024. С. 663.

Pigalov A.V., Soloviev A.A., Garibyan Ts.S. Effects of fusarium fungi on the yield and quality of wheat and triticale and the possibility of using RNA interference and small RNA in the fight against fungal diseases. In: *International Congress "VIII Congress of the Vavilov Society of Geneticists and Breeders, dedicated to the 300th anniversary of Russian science and higher education"*. Collection of abstracts. St. Petersburg, 2024. P. 663. (In Russian)

7. Чумаков А. Е., Минкевич И. И., Власов Ю. И., Гаврилова Е. А. Основные методы фитопатологических исследований. М.: Колос, ВНИИЗР, 1974. С. 131–139.

Chumakov A.E., Minkevich I.I., Vlasov Yu.I., Gavrilova E.A. Basic methods of phytopathological research. Moscow: Kolos, VNIIZR, 1974. Pp. 131–139. (In Russian)

8. EPPO Standard PM 7/86 (1). *EPPO Bulletin*. 2009. Vol. 39. Pp. 18–24. DOI: 10.1111/j.1365-2338.2009.02245.x

9. White T., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protocols, a Guide to Methods and Applications*. San Diego: Academic Press. 1990. Pp. 315–322. DOI: 10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1
10. Кузнецова А. А., Цветкова Ю. В., Камченков А. В. Культурально-морфологические особенности возбудителя *Diaporthe vaccinii* в подкарантинной продукции – растениях клюквы // Фитосанитария. Карантин растений. 2021. № 2. С. 27–36. DOI: 10.69536/FKR.2021.49.45.001
- Kuznetsova A.A., Tsvetkova Yu.V., Kamchenkov A.V. Culture morphological characteristics of the pathogen *Diaporthe vaccinii* in regulated products – cranberry plants. *Plant Health and Quarantine*. 2021. No. 2. Pp. 27–36. DOI: 10.69536/FKR.2021.49.45.001. (In Russian)
11. Белкин Д. Л., Бондаренко Г. Н., Яремко А. Б., Уварова Д. А. Метод секвенирования по видам выявления карантинных вредных объектов // Карантин растений. Наука и практика. 2019. № 2(28). С. 31–34.
- Belkin D.L., Bondarenko G.N., Yaremko A.B., Uvarova D.A. Sequencing method by types for identifying quarantine pests. *Karantin rastenij. Nauka i praktika* [Plant Quarantine. Science and Practice]. 2019. No. 2(28). Pp. 31–34. (In Russian)
12. Rauwane M.E., Ogugua U.V., Kalu C.M. et al. Pathogenicity and virulence factors of fusarium graminearum including factors discovered using next generation sequencing technologies and proteomics. *Microorganisms*. 2020. Vol. 8. No. 2. P. 305. DOI: 10.3390/microorganisms8020305
13. Bianchini A., Battilani P. Climate change and Fusarium mycotoxins: A review of trends and predictions. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2021. Vol. 38. No. 6. Pp. 943–954. DOI: 10.1080/19440049.2021.1914864
14. Gizachew H.R. Harnessing and sounding the alarm on fusarium head blight of wheat: current status, biology, detection and diagnosis method, mycotoxins, and integrated management options. *Greener Journal of Agricultural Sciences*. 2023. Vol. 13. No. 4. Pp. 227–243.
15. Awuchi C.G., Ondari E.N., Ogbonna C.U. et al. Mycotoxins affecting animals, foods, humans, and plants: types, occurrence, toxicities, action mechanisms, prevention, and detoxification strategies – a revisit. *Foods*. 2021. Vol. 10. No. 6. P. 1279. DOI: 10.3390/foods10061279
16. Türkölmez Ş., Özer G., Derviş S. Clonostachys rosea Strain ST1140: An endophytic plant-growth-promoting fungus, and its potential use in seedbeds with wheat-grain substrate. *Current Microbiology*. 2022. Vol. 80. No. 1. P. 36. DOI: 10.1007/s00284-022-03146-3
17. Zin N.A., Badaluddin N.A. Biological functions of Trichoderma spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 65. No. 2. Pp. 168–178. DOI: 10.1016/j.aos.2020.09.003
18. Bernal S.P.F., Gritti M.A., Dos Santos V.P. et al. Pharmaceutical biotechnological potential of filamentous fungi isolated from textile industry. *Archives of Microbiology*. 2021. Vol. 203. No. 7. Pp. 3933–3944. DOI: 10.1007/s00203-021-02379-3

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Вклад авторов:

Дукси Ф. – основной исполнитель;

Бондаренко Г. Н. – руководитель;

Бурлуцкий В. А., Давыдова Н. В. – предоставление материала и аудит сельскохозяйственной части;

Цветкова Ю. В. – оформление методологии;

Декин Г. О. – перевод на английский

Contribution of the authors:

Duksi F. – main performer;
Bondarenko G.N. – manager;
Burlutskiy V.A., Davydova N.V. – provision of material and audit of the agricultural part;
Tsvetkova Yu.V. – design of methodology;
Dekin G.O. – translation into English

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed with no external funding.

Информация об авторах

Дукси Фатима, агроном испытательного лабораторного центра, Всероссийский центр карантина растений;

140150, Россия, Московская область, м.о. Раменский, р.п. Быково, ул. Пограничная, 32;
аспирант аграрного факультета, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы;
117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6;
f.duksi@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7353-7816>, SPIN-код: 9937-6393

Бондаренко Галина Николаевна, канд. биол. наук, стар. науч. сотр., начальник испытательного лабораторного центра, Всероссийский центр карантина растений;

140150, Россия, Московская область, м.о. Раменский, р.п. Быково, ул. Пограничная, 32;
доцент, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы;
117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2172-7634>, SPIN-код: 2631-5209

Бурлуцкий Валерий Анатольевич, канд. с.-х. наук, ст. преподаватель Аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы;

117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6;
вед. науч. сотр. научного подразделения по направлению исследований – технологии производства продукции растениеводства, Калужский НИИСХ – филиал ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха;
249142, Россия, Калужская область, с. Калужская опытная сельскохозяйственная станция, ул. Центральная, 2;
burlutskiy-va@rudn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5072-4766>, SPIN-код: 4167-4646

Цветкова Юлия Владиславовна, науч. сотр. лаборатории микологии испытательного лабораторного центра, Всероссийский центр карантина растений;

140150, Россия, Московская область, м.о. Раменский, р.п. Быково, ул. Пограничная, 32;
SPIN-код: 2744-1123

Декин Габриэль Окбатинсаэ, аспирант аграрного факультета, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы;

117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6;
ghebrilokba@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4460-1077>

Давыдова Наталья Владимировна, д-р с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и первичного семеноводства яровой пшеницы, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»;

143026, Россия, Московская область, г.п. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6;
SPIN-код: 5470-3052

Information about the authors

Fatima Duksi, Agronomist Testing laboratory center of the All-Russian Plant Quarantine Center;
140150, Russia, Moscow region, Ramensky municipal district, Bykovo urban settlement, 32 Pogranichnaya street;

Postgraduate student of the Agrarian faculty of the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba;

117198, Russia, Moscow, 6 Miklukho-Maklaya street;
f.duksi@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7353-7816>, SPIN-code: 9937-6393

Galina N. Bondarenko, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Head of the testing laboratory center of the All-Russian Plant Quarantine Center;

140150, Russia, Moscow region, Ramensky municipal district, Bykovo urban settlement, 32 Pogranichnaya street;

Associate Professor of the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba;

117198, Russia, Moscow, 6 Miklukho-Maklaya street;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2172-7634>; SPIN-code: 2631-5209

Valeriy A. Burlutskiy, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba;

117198, Russia, Moscow, 6 Miklukho-Maklaya street;

Leading Researcher, Research Unit, Plant Production Technology, Kaluga Research Agriculture Institute – branch of Russian Potato Research Centre;

249142, Kaluga Region, Peremyshlsky District, Kaluga Experimental Agricultural Station, 2 Tsentralnaya street;

burlutskiy-va@rudn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5072-4766>, SPIN-code: 4167-4646

Yulia V. Tsvetkova, Researcher, Mycology Laboratory, Testing Laboratory Center, All-Russian Plant Quarantine Center;

140150, Russia, Moscow region, Ramensky municipal district, Bykovo urban settlement, 32 Pogranichnaya street;

SPIN-code: 2744-1123

Ghebriel O. Dekin, Postgraduate Student of the Agrarian faculty of the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba;

117198, Russia, Moscow, 6 Miklukho-Maklaya street;

ghebrielokba@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4460-1077>

Natalia V. Davydova, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Selection and Primary Seed Production of Spring Wheat Federal Research Center “Nemchinovka”;

143026, Russia, Moscow Region, Odintsovo, Novoivanovskoye, 6 Agrokhimikov street;

SPIN-code: 5470-3052

Влияние хелатных удобрений Органомикс на урожайность кукурузы в условиях предгорной зоны КБР

М. С. Сидакова✉, Е. Г. Якушенко

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова
360030, Россия, г. Нальчик, пр-т Ленина, 1в

Аннотация. На сегодняшний день все большую актуальность приобретает использование новых, инновационных форм удобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. В условиях предгорной зоны КБР на черноземе обыкновенном впервые проводились исследования (2021–2023) по изучению эффективности некорневых подкормок жидким хелатным удобрением Органомикс (марки «Зерновой», «Цинк») при возделывании кукурузы на зерно.

Цель исследования – изучить влияние различных доз листовой подкормки на урожайность и качество зерна гибрида кукурузы Краснодарский 292 АМВ в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики.

Материалы и методы. Некорневые подкормки проводились в фазу 2–3 листьев и 5–7 листьев в дозах: Органомикс зерновой – 0,5 л/га и Органомикс цинк – 1,0 л/га. В опыте также использовали многокомпонентный синергично действующий регулятор роста Органостим в дозе 0,6 л/га.

Результаты. В результате проведенных экспериментов установлено, что использование жидких хелатных удобрений Органомикс при выращивании кукурузы на зерно способствовало получению прибавки урожая 18,4–23,87 ц/га. Наивысшую урожайность дал вариант двукратной некорневой подкормки Органомикс зерновой 0,5 л/га + Органомикс цинк 1,0 л/га в сочетании со стимулятором роста Органостим в дозе 0,6 л/га – 72,95 ц/га. Некорневые подкормки кукурузы также оказали определенное влияние на показатели качества зерна. Содержание белка в зерне кукурузы в опытных вариантах было выше на 2,16–2,87 %, чем в контрольном.

Выводы. Обработка вегетирующих растений кукурузы хелатным комплексом Органомикс способствовала увеличению чистого дохода и повышению уровня рентабельности.

Ключевые слова: кукуруза, хелаты, Органомикс, удобрения, регулятор роста, урожайность, эффективность, качество

Поступила 23.05.2025, одобрена после рецензирования 07.07.2025, принята к публикации 14.07.2025

Для цитирования. Сидакова М. С., Якушенко Е. Г. Влияние хелатных удобрений Органомикс на урожайность кукурузы в условиях предгорной зоны КБР // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 85–93. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-85-93

Original article

The effect of chelated fertilizers Organomix on corn yield in the foothills of the KBR

M.S. Sidakova✉, E.G. Yakushenko

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov
360030, Russia, Nalchik, 1v Lenin Avenue

Abstract. The use of new innovative forms in fertilizer application technologies is becoming increasingly relevant. For the first time (2021–2023) within ordinary chernozem soil in the foothill of the KBR, studies were conducted to investigate the effectiveness of foliar feeding with liquid chelated fertilizer Organomix (Grain brand, Zinc brand) in the cultivation of corn for grain.

Aim. The paper studies the effect of various doses of foliar feeding on the productivity and grain quality of the Krasnodar 292 AMV corn hybrid.

Materials and methods. Foliar feeding is carried out in the phase of 2–3 and 5–7 leaves with Organomix grain dose of 0.5 l/ha and Organomix Zinc of 1.0 l/ha. The experiment also used a multi-component synergistically acting growth regulator Organostim with a dose of 0.6 l/ha.

Results. The experiments show that the use of liquid chelated fertilizers Organomix in growing corn for grain contributed to a yield increase of 18.4–23.87 c/ha. The highest yield was achieved with the option of double foliar feeding Organomix grain 0.5 l/ha + Organomix Zinc 1.0 l/ha in combination with the growth stimulator Organostim at a dose of 0.6 l/ha–72.95 c/ha. Foliar feeding of corn also had a certain effect on grain quality indicators. The protein content in corn grain in the experimental options is 2.16–2.87% higher than in the control one.

Conclusions. Vegetative corn plants treatment with the chelated complex Organomix contributed both to an increase in net income and in the level of profitability.

Keywords: corn, chelates, Organomix, fertilizers, growth regulator, yield, efficiency, quality

Submitted on 23.05.2025,

approved after reviewing on 07.07.2025, accepted for publication on 14.07.2025

For citation. Sidakova M.S., Yakushenko E.G. Effect of chelated fertilizers Organomix on corn yield in the foothills of the KBR. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 85–93. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-85-93

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач агропромышленного комплекса является стабильное наращивание производства зерна. Кукуруза, являясь зернофуражной культурой многопланового использования, играет важную роль в решении этой задачи [1, 5, 15]. Использование только традиционных минеральных удобрений не позволяет в настоящее время достичь желаемых результатов, в связи с чем для сбалансированного питания кукурузы возникла необходимость применения новых, инновационных форм удобрений, которые позволяют обеспечить растения всеми макро- и микроэлементами [2, 4, 6, 11].

В современных условиях все большее значение приобретают некорневые подкормки микроэлементами, а именно их хелатными формами, которые значительно усиливают окислительно-восстановительные процессы в растительном организме [3, 13, 10]. Проведение листовых подкормок оказывает положительное действие на габитус растения, урожайность и качество зерна кукурузы [9, 12, 14].

Цель исследований – изучить влияние различных доз листовой подкормки на урожайность и качество зерна гибрида кукурузы Краснодарский 292 АМВ в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению влияния жидких хелатных удобрений Органомикс на продуктивность кукурузы в условиях предгорной зоны КБР проводили в 2021–2023 гг. в полевых опытах учебно-опытного поля КБГАУ им. В. М. Кокова на черноземе обыкновенном со следующей агрохимической характеристикой: pH_{KCl} – 7,2, содержание гумуса – 4,26%, подвижного фосфора – 29,6, обменного калия – 178,3 мг/кг. Площадь делянки – 19,6 м², повторность опыта – 3-кратная.

Климат района характеризуется как умеренно жаркий, с суммой температур 3000–3200°, гидротермический коэффициент увлажнения составляет 1,2–1,5.

Объект исследований – гибрид кукурузы Краснодарский 292 АМВ.

Полевой опыт был заложен по следующей схеме:

1-й вариант – контроль (без подкормок).

2-й вариант – некорневая подкормка в фазе 2–3 листьев и 5–7 листьев Органомикс зерновой 0,5 л/га + Органомикс цинк 1,0 л/га;

3-й вариант – некорневая подкормка в фазе 2–3 листьев и 5–7 листьев Органомикс зерновой 0,5 л/га + Органомикс цинк 1,0 л/га + Органостим 0,6 л/га.

Предшественник – многолетние травы, технология возделывания общепринятая для зоны, под основную обработку почвы на всех делянках вносились фосфорно-калийные удобрения из расчета $P_{90}K_{60}$. Посев семян среднераннего гибрида Краснодарский 292 производили 23 апреля сеялкой СУПН-8 с нормой высева 55 тыс. шт./га. Для борьбы с сорной растительностью применяли довсходовый гербицид Аденго,КС – 0,5 л/га, в фазе 3–5 листьев кукурузу обрабатывали гербицидом Майс ТерПауэр, МД – 1,5 л/га.

Некорневая подкормка растений жидкими хелатными удобрениями Органомикс осуществляли в фазе 2–3 и 5–7 листьев.

Закладка полевого опыта осуществлялась согласно методике полевого опыта [7, 8]. Во время эксперимента проводились необходимые учеты и наблюдения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из агрономически и экономически эффективных методов управления продукционным процессом растений является некорневая обработка посевов растворами жидких хелатных удобрений. В условиях опыта проведенные мероприятия оказали определенное действие на рост и развитие растений.

На опытных делянках растения были лучше развиты, чем на контроле, имели более высокие показатели высоты и густоты стояния, количество початков на одном растении, вес одного початка, масса 1000 зерен были также выше, чем на контроле (табл. 1).

Таблица 1. Влияние некорневой подкормки жидкими хелатными удобрениями Органомикс на структуру урожая кукурузы (2021–2023 гг.)

Table 1. Effect of foliar feeding with liquid chelated fertilizers Organomix on the structure of the corn crop (2021–2023)

Вариант	Густота стояния растений, тыс./га	Высота растений перед уборкой, см	Высота прикрепления развитого початка, см	Количество початков на 100 растений, шт.	Масса зерна с одного початка, г	Масса 1000 зерен, г
1. Контроль (без подкормок)	47,8	256,0	68,0	108,5	127,4	240,0
2. Органомикс зерновой 0,5 л/га + Органомикс цинк 1,0 л/га в фазе 2–3 листьев и 5–7 листьев	48,5	262,0	75,0	115,5	160,7	265,0
3. Органомикс зерновой 0,5 л/га + Органомикс цинк 1,0 л/га + Органостим 0,6 л/га в фазе 2–3 листьев и 5–7 листьев	49,9	267,0	82,0	118,8	174,5	274,0

В варианте № 3, где проводилась двукратная внекорневая подкормка посевов кукурузы трехкомпонентным раствором Органомикс, растения кукурузы имели лучшие показатели роста, развития и структуры урожая по сравнению с контролем.

В вариантах с внекорневой подкормкой высота растений больше на 6–11 см, чем в контрольном, густота стояния растений на одном га составляет 48,5–49,9 тыс. против 41,8 тыс. на контроле; масса 1000 зерен больше на 25–34 г, чем на контроле, масса зерна с одного початка в контрольном варианте составила 127,4 г, а в варианте использования трехкомпонентного раствора – 174,5 г. При использовании двухкомпонентного раствора масса одного початка составила 160,7 г. Подсчет количества початков на 100 растений показал, что этот показатель больше в вариантах с некорневой подкормкой жидкими хелатными удобрениями Органомикс на 7–10,3 шт. Такой результат получен благодаря содержанию в составе Органомикс большого количества макро- и микроэлементов в доступной форме, улучшающих минеральное питание кукурузы в период интенсивного роста и развития.

Величина урожая и его качество являются основными показателями, которые свидетельствуют о степени продуктивности выращиваемых культур, а также о ценности продукции. В результате проведенного опыта выявлена значительная результативность влияния некорневых подкормок с применением современных хелатных удобрений Органомикс на урожайность кукурузы на зерно вследствие улучшения условий минерального питания.

На контрольном варианте без применения листовой подкормки хелатным удобрением Органомикс получена урожайность 49,08 ц/га (табл. 2).

Таблица 2. Влияние некорневой подкормки жидкими хелатными удобрениями Органомикс на урожайность зерна кукурузы (2021–2023 гг.)

Table 2. Effect of foliar feeding with liquid chelated fertilizers Organomix on corn grain yield (2021–2023)

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка	
		ц/га	%
1. Контроль (без подкормок)	49,08	–	–
2. Органомикс зерновой 0,5 л/га + Органомикс цинк 1,0 л/га в фазе 2–3 листьев и 5–7 листьев	67,48	18,4	37,4
3. Органомикс зерновой 0,5 л/га + Органомикс цинк 1,0 л/га + Органостим 0,6 л/га в фазе 2–3 листьев и 5–7 листьев	72,95	23,87	48,6
НСР ₀₅ (ц/га)	3,82		
P%	1,81		

Использование листовой подкормки способствовало росту зерновой продуктивности кукурузы и позволило получить 67,48–72,95 ц/га на обработанных вариантах. Прибавка составила 18,4–23,87 ц/га, или 37,4–48,6 % к контролю. Наилучшую урожайность дал вариант двукратной некорневой подкормки Органомикс зерновой 0,5 л/га + Органомикс цинк 1,0 л/га в сочетании с мощным стимулятором роста Органостим в дозе 0,6 л/га – 72,95 ц/га. Прибавка здесь составила 23,87 ц/га, или 48,6 % к контролю, т.е. прибавка урожая зерна в 6,2 раза превышает наименьшую существенную разницу.

Объясняется это тем, что жидкое хелатное удобрение Органомикс марка (3) для зерновых культур является физиологически сбалансированным полимерно-хелатным комплексом, содержащим индуктор иммунитета и стимулятор роста, а также обладающим фунгицидным эффектом. Агрохимикат в своем составе имеет полный набор макро- и микроэлементов в доступной форме, что соответствует физиологии минерального питания зерновых, и это способствует улучшению роста и развития растений, снижению заболеваемости, что в конечном итоге повышает их продуктивность.

Таблица 3. Влияние некорневой подкормки жидкими хелатными удобрениями Органомикс на качество зерна кукурузы (2021–2023 гг.)

Table 3. Effect of foliar feeding with liquid chelated fertilizers Organomix on the quality of corn grain (2021–2023)

Варианты опытов	Содержание в % от сухого вещества			
	сырой протеин	белок	крахмал	жир
Контроль (без подкормок)	9,36	8,74	65,80	4,24
Органомикс зерновой 0,5 л/га + Органомикс цинк 1,0 л/га в фазе 2–3 листьев и 5–7 листьев	12,23	10,49	64,53	4,58
Органомикс зерновой 0,5 л/га + Органомикс цинк 1,0 л/га + Органостим 0,6 л/га в фазе 2–3 листьев и 5–7 листьев	11,52	10,21	63,30	4,21

Полимерная матрица, обладая свойствами поверхностно-активного вещества, сорбируется необратимо на поверхности листа в виде мономолекулярного слоя, что позволяет микроэлементам удерживаться на листьях, оказывая пролонгированное воздействие на вегетирующие растения.

Ценность полученной продукции определяется содержанием таких важных качественных показателей, как белок, жир, крахмал, сахар и витамины.

Некорневые подкормки кукурузы жидкими хелатными удобрениями Органомикс оказали определенное влияние на показатели качества зерна. Содержание белка в зерне кукурузы в опытных вариантах было выше на 2,16–2,87 %, чем на контроле. Самое высокое содержание крахмала отмечалось на контрольном варианте без листовой подкормки – 65,80 %. На опытных делянках содержание крахмала в зерне уменьшилось на 1,27–2,50 % и наименьшее его содержание было в 3-м варианте с двукратной некорневой обработкой Органомикс зерновой 0,5 л/га + Органомикс Цинк 1,0 л/га + Органостим 0,6 л/га. Полученные результаты еще раз подтверждают обратную зависимость между содержанием белка и крахмала в зерне.

В эксперименте содержание жира в зерне менялось незначительно, и это можно рассматривать лишь как тенденцию. Следует отметить, что фунгицидное действие Органомикс сказалось на устойчивости растений к патогенной микрофлоре. На делянках, где проводились листовые подкормки хелатным удобрением, не были выявлены очаги заболевания растений и початков, особенно пузырчатой головней.

Анализ экономической эффективности выращивания кукурузы с использованием жидких хелатных удобрений Органомикс для некорневой подкормки (табл. 4) показал, что посевы сформировали стоимость валовой продукции на уровне 41,2–61,3 тыс. рублей.

Таблица 4. Экономическая эффективность применения жидких хелатных удобрений Органомикс при выращивании кукурузы на зерно (2021–2023 гг.)**Table 4.** Economic efficiency of liquid chelated fertilizers Organomix in growing corn for grain (2021–2023)

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Варианты опыта		
			I	II	III
1	Урожайность	ц/га	49,08	67,48	72,95
2	Прибавка урожая	ц/г	–	18,4	23,87
3	Средняя реализационная цена	руб./ц	840	840	840
4	Стоимость валовой продукции	тыс. руб.	41,2	56,7	61,3
5	Прямые затраты на производство	тыс. руб.	24,7	26,0	26,5
6	Себестоимость единицы продукции	руб./ц	503,3	385,3	363,3
7	Условно чистый доход	тыс. руб.	16,5	30,7	34,8
8	Производственная рентабельность	%	66,8	118,1	131,3

В целом по опыту себестоимость одного центнера составила 363,3–503,3 руб. Существенным критерием при определении экономической эффективности является рентабельность. Наивысший уровень рентабельности дал 3-й вариант с двукратной некорневой подкормкой трехкомпонентным раствором Органомикс – 131,3 %. Проведение некорневых подкормок позволило получить 30,7–34,8 тыс. руб./га чистого дохода против 16,5 тыс./га на контроле.

Выводы

Исследованиями установлено, что использование жидких хелатных удобрений Органомикс при выращивании кукурузы на зерно способствовало получению прибавки урожая 18,4–23,87 ц/га. Наивысшую урожайность дал вариант с двукратной некорневой подкормкой Органомикс зерновой 0,5 л/га + Органомикс цинк 1,0 л/га в сочетании со стимулятором роста Органостим в дозе 0,6 л/га – 72,95 ц/га. В зерне, полученном в вариантах с некорневой подкормкой, содержание белка было выше на 2,16–2,87 %, чем в зерне контрольного варианта без подкормок, а содержание крахмала при этом уменьшилось на 1,27–2,50 %. Обработка вегетирующих растений кукурузы хелатным комплексом Органомикс способствовала увеличению условно чистого дохода и повышению уровня производственной рентабельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азубеков Л. Х., Куихабиев А. З., Урусов А. К., Кагермазов А. М. Современные методы возделывания кукурузы // Земледелие. 2014. № 5. С. 31–32. EDN: SUACMH
2. Ахияров Б. Г., Сотченко Б. Н., Сотченко Е. Ф. и др. Продуктивность кукурузы в зависимости от применения биологического препарата экстра-хелат марки ZN // Роль агрономической науки в оптимизации технологий возделывания сельскохозяйственных культур: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию работы кафедры растениеводства ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА в Удмуртии, 19–22 ноября 2019 г., г. Ижевск. 2020. С. 40–43.

3. Безручко Е. В. Листовые подкормки микроэлементами // АгроСнабФорум. 2018. № 3(159). С. 40–41. EDN: YXBSXG
4. Безручко Е. В. Листовые подкормки микроэлементами: Зачем? Когда? Чем? // АРК News. 2018. № 5. С. 32–33. EDN: XMJLZB
5. Бозиев А. Л., Ногмов Х. Т., Кашева К. З., Аширбеков М. Ж. Повышение продуктивности и качества зерна гибрида кукурузы в зависимости от применения микроудобрений // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 2 (44). С. 16–24. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-2-44-16-24
6. Васильченко С. А., Метлина Г. В., Лактионов Ю. В. Влияние применения биопрепаратов и микроэлементного удобрения Органомикс на урожайность зерна кукурузы на юге Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5. С. 81–85. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-81-85
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 336 с.
8. Кирюшин Б. Д., Усманов Р. Р., Васильев И. П. Основы научных исследований в агрономии. М.: КолосС, 2009. 397 с.
9. Михайлова М. Ю., Миникаев Р. В., Амиров М. Ф. и др. Влияние некорневых подкормок на формирование генеративных органов у кукурузы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 1. С. 12–17. EDN: MZJAIB
10. Никулина Е. В., Котельникова В. А. Влияние препарата КЕЛИК КАЛИЙ + КРЕМНИЙ на продуктивность кукурузы // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса. 2022. С. 201–203.
11. Рак М. В., Титова С. А., Николаева Т. Г., Муковозчик В. А. Эффективность применения жидких хелатных микроудобрений МИКРОСТИМ при возделывании кукурузы // Почвоведение и агрохимия. 2015. № 1(54). С. 200–207. EDN: YMBNVB
12. Узловатый Д. В., Шабанова И. В. Влияние некорневой подкормки хелатными формами микроэлементов на урожайность и качество кукурузы на зерно в условиях чернозема выщелоченного учхоза «Кубань» // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 74-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2018 год. С. 1046–1048.
13. Шабанова И. В. Влияние применения микроудобрения для повышения качества и урожайности зерна кукурузы // Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции «Энтузиасты аграрной науки». 2021. Выпуск 23. С. 148–153. EDN: ABDDKW
14. Шабанова И. В. Возделывание кукурузы на зерно с применением некорневых подкормок микроэлементами на черноземе выщелоченном Кубани // Материалы международной научно-практической конференции «Аграрная наука XXI века: проблемы и перспективы развития». 2022. С. 163–167. EDN: JSKWRF
15. Шогенов Ю. М., Шибзухов З. Г. С., Темиржанов А. М. Возделывание кукурузы с использованием жидких хелатных микроудобрений Микростим в условиях КБР // Сборник научных трудов по итогам VIII Международной научно-практической конференции «Достижения и перспективы реализации национальных проектов развития АПК». 2020. С. 102. EDN: LJUWRU

REFERENCES

1. Azubekov L.Kh., Kushkhabiev A.Z., Urusov A.K., Kagermazov A.M. Modern methods of corn cultivation. *Zemledeliye* [Agriculture]. 2014. No. 5. Pp. 31–32. EDN: SUACMH. (In Russian)
2. Akhiyarov B.G., Sotchenko B.N., Sotchenko E.F. et al. Corn productivity depending on the use of the biological preparation extra-chelate brand ZN. *Rol' agronomicheskoy nauki v optimizacii tekhnologiy vozdeliyvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur* [The role of agronomic

science in optimizing crop cultivation technologies]: *materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoy 65-letiyu raboty kafedry rastenievodstva FGBOU VO Izhevskaya GSKHA v Udmurtii, 19–22 noyabrya 2019 g., Izhevsk*. 2020. Pp. 40–43. (In Russian)

3. Bezruchko E.V. Foliar feeding with microelements. *AgroSnabForum*. 2018. No. 3(159). Pp. 40–41. EDN: YXBSXG. (In Russian)

4. Bezruchko E.V. Foliar feeding with microelements: Why? When? With what? *APK News*. 2018. No. 5. Pp. 32–33. EDN: XMJLZB. (In Russian)

5. Boziev A.L., Nogmov Kh.T., Kasheva K.Z., Ashirbekov M.Zh. Increasing the productivity and quality of hybrid corn grain depending on the use of microfertilizers. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Bulletin of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2024. No. 2(42). Pp. 16–24. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-2-44-16-24. (In Russian)

6. Vasilchenko S.A., Metlina G.V., Laktionov Yu.V. Effect of the use of biopreparations and microelement fertilizer Organomix on the yield of corn grain in the south of the Rostov region. *Zernovoye khozyaystvo Rossii* [Grain economy of Russia]. 2021. No. 5. Pp. 81–85. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-81-85. (In Russian)

7. Dospehov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Moscow: Kolos, 1985. 336 p. (In Russian)

8. Kiryushin B.D., Usmanov R.R., Vasiliev I.P. *Osnovy nauchnykh issledovaniy v agronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Moscow: KolosS, 2009. 397 p. (In Russian)

9. Mikhailova M.Yu., Minikaev R.V., Amirov M.F. et al. The influence of non-root fertilizing on the formation of generative organs in corn. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Kazan State Agrarian University]. 2024. Vol. 19. No. 1. Pp. 12–17. EDN: MZJAIB. (In Russian)

10. Nikulina E.V., Kotelnikova V.A. Effect of the preparation KELIK POTASSIUM + SILICON on the productivity of corn. *Innovatsionnyye idei molodykh issledovateley dlya agropromyshlennogo kompleksa* [Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex]. 2022. Pp. 201–203. (In Russian)

11. Rak M.V., Titova S.A., Nikolaeva T.G., Mukovozchik V.A. Efficiency of using liquid chelated microfertilizers MICROSTIM in the cultivation of corn. *Pochvovedeniye i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry]. 2015. No. 1(54). Pp. 200–207. EDN: YMBNVB. (In Russian)

12. Uzlovaty D.V., Shabanova I.V. Effect of foliar feeding with chelated forms of microelements on the yield and quality of grain corn in the conditions of leached chernozem of the Kuban training farm. *Nauchnoye obespecheniye agropromyshlennogo kompleksa* [Scientific support for the agro-industrial complex]: *chornik statey po materialam 74-y nauchno-prakticheskoy konferencii studentov po itogam NIR za 2018 god*. 2019. Pp. 1046–1048. (In Russian)

13. Shabanova I.V. Effect of using microfertilizers to improve the quality and yield of corn grain. *Sbornik statey po materialam Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii «Entuziasty agrarnoy nauki»* [Collection of articles based on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference “Enthusiasts of agricultural science”]. 2021. Vip. 23. Pp. 148–153. EDN: ABDDKW. (In Russian)

14. Shabanova I.V. Cultivation of grain corn using foliar feeding with microelements on leached chernozem of Kuban. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii «Agrarnaya nauka XXI veka: problemy i perspektivy razvitiya»* [Materials of the International Scientific and Practical Conference “Agrarian Science of the 21st Century: Problems and Prospects of Development”]. 2022. Pp. 800–803. EDN: JSKWRF. (In Russian)

15. Shogenov Yu.M., Shibzukhov Z.G.S., Temirzhanov A.M. Cultivation of corn using liquid chelated microfertilizers Microstim in the conditions of the KBR. *Sbornik nauchnyh trudov po itogam VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii «Dostizheniya i perspektivy realizacii nacional'nyh proektov razvitiya APK»* [Collection of scientific papers based on the results of the VIII International Scientific and Practical Conference "Achievements and Prospects of Implementing National Projects for Agricultural Development"]. 2020. P. 102. EDN: LJUWRU. (In Russian)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Вклад авторов:

М. С. Сидакова – концептуализация и проектирование исследований, участие в проведении опытов, анализ и интерпретация полученных данных, анализ и доработка текста статьи;

Е. Г. Якушенко – закладка и выполнение полевых опытов, сбор экспериментальных данных, подготовка рукописи.

Authors' contribution:

M.S. Sidakova – conceptualization and design of research, participation in experiments, analysis and interpretation of obtained data, analysis and the text revision;

E.G. Yakushenko – laying out and performing field experiments, collecting experimental data, preparing the manuscript.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding: The study was conducted without external funding.

Информация об авторах

Сидакова Маргарита Сарабиевна, канд. с.-х. наук, доцент, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова;

360030, Россия, г. Нальчик, пр-т Ленина, 1в;

sidakova.53@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2185-771X>, SPIN-код: 5483-9190;

Якушенко Елена Геннадьевна, аспирант, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова;

360030, Россия, г. Нальчик, пр-т Ленина, 1в;

Gerbera_25@mail.ru, SPIN-код: 4549-6033

Information about the authors

Margarita S. Sidakova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov;

360030, Russia, Nalchik, 1v Lenin Avenue;

sidakova.53@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2185-771X>, SPIN-code: 5483-9190

Elena G. Yakushenko, Postgraduate Student, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov;

360030, Russia, Nalchik, 1v Lenin avenue;

Gerbera_25@mail.ru, SPIN-code: 4549-6033

УДК 656.073

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-94-103

EDN: IINOMN

Научная статья

Генезис теории надежности транспортно-логистической инфраструктуры в контексте устойчивого развития Арктической зоны и Северного морского пути

С. Е. Барыкин^{✉1}, О. В. Компанийцева²

¹Высшая школа сервиса и торговли

Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого
195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 50

²Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского
197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13

Аннотация. Интерпретация надежности как омниканальной синхронизации логистической экосистемы, в которой устойчивость достигается через согласованное взаимодействие физических, цифровых, организационных и институциональных компонентов, позволяет учесть реальную специфику арктической инфраструктуры, включая климатические риски, фрагментарность сети, цифровое неравенство и необходимость гибкой маршрутизации.

Цель исследования – теоретически обосновать эволюцию концепции надежности транспортно-логистической инфраструктуры в контексте устойчивого развития Арктической зоны и Северного морского пути, выявить методологические ограничения существующих подходов и предложить теоретически аргументированную модель надежности с позиции омниканальной логистической синхронизации, адаптированной к макрологистическим условиям Арктики.

Методы. Методологическая база включает сравнительно-аналитический и системный подходы, а также принципы арктического регионального анализа.

Результаты. В статье рассмотрена эволюция подходов к теории надежности транспортно-логистической инфраструктуры с акцентом на специфику Арктической зоны и Северного морского пути. Обоснована необходимость перехода от инженерных трактовок надежности к когнитивной модели, основанной на предиктивной аналитике и цифровых двойниках. Надежность интерпретируется как омниканальная синхронизация логистической экосистемы, обеспечивающая устойчивость и адаптивность при высокой степени территориальной и климатической неопределенности. Представлено пять этапов развития категории надежности: от инженерного уровня до цифровой и платформенной надежности.

Выводы. Предложенный подход раскрывает потенциал активного управления логистической надежностью с помощью когнитивных цифровых платформ, что может лечь в основу стратегического планирования арктической логистики.

Ключевые слова: логистика, надежность, когнитивные модели, Арктика, цифровая платформа, пространственное развитие, устойчивость, транспортно-логистическая инфраструктура

Поступила 26.06.2025, одобрена после рецензирования 04.07.2025, принята к публикации 28.07.2025

Для цитирования. Барыкин С. Е., Компанийцева О. В. Генезис теории надежности транспортно-логистической инфраструктуры в контексте устойчивого развития Арктической зоны Северного морского пути // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 94–103. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-94-103

Origin of transport and logistics infrastructure reliability theory in the context of sustainable development of the Arctic zone and the Northern Sea Route

S.E. Barykin^{✉1}, O.V. Kompaniitseva²

¹Graduate School of Service and Trade
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
195251, Russia, St. Petersburg, 50 Novorosiyskaya street

²Mozhaisky Military Space Academy
197198, Russia, St. Petersburg, 13 Zhdanovskaya street

Abstract. Interpreting reliability as an omnichannel synchronization of a logistics ecosystem, where sustainability is achieved through coordinated interaction between physical, digital, organizational, and institutional components, enables us to take into account the unique characteristics of the Arctic infrastructure, including climate-related risks, network fragmentation, digital inequalities, and the need for flexible routing strategies.

Aim. The paper theoretically justifies the evolution of the concept of transport and logistics infrastructure reliability in the context of sustainable development of the Arctic zone and the Northern Sea Route. It identifies the methodological limitations of existing approaches and proposes a theoretically grounded model for reliability based on omnichannel logistics synchronization that is adapted to the macro-logistical conditions of the Arctic.

Methods. The methodological basis includes comparative-analytical and systematic approaches, as well as the principles of regional analysis of the Arctic.

Results. The paper explores the advancement approaches to the theory of transport and logistics infrastructure reliability, focusing on the specific challenges of the Arctic region and the Northern Sea Route. The article argues for a shift from traditional engineering interpretations of reliability towards a cognitive model that incorporates predictive analytics and the use of digital twins. Reliability is defined as the omnichannel synchronization of the logistics system, ensuring stability and resilience in the face of high levels of territorial and climatic uncertainty. The paper outlines five stages in the development of the concept of reliability: from an engineering-based approach to a more digital and platform-driven paradigm.

Conclusions. The proposed approach highlights the potential of actively managing logistics reliability through the cognitive digital platforms, which can form the foundation for strategic planning of Arctic logistics.

Keywords: logistics, reliability, cognitive models, Arctic, digital platform, spatial development, sustainability, transport and logistics infrastructure

Submitted 26.06.2025,

approved after reviewing 04.07.2025,

accepted for publication 28.07.2025

For citation. Barykin S.E., Kompaniitseva O.V. Origin of transport and logistics infrastructure reliability theory in the con-text of sustainable development of the Arctic zone and the Northern Sea Route. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 94–103. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-94-103

ВВЕДЕНИЕ

Развитие транспортно-логистической инфраструктуры Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), в том числе в рамках реализации потенциала Северного морского пути, актуализирует необходимость переосмысления теоретических оснований надежности. На фоне высокой степени климатической изменчивости, инфраструктурной изолированности и институциональной фрагментарности становится очевидным, что традиционные инженерные трактовки надежности как отказоустойчивости и технической стабильности

оказываются методологически недостаточными для описания функционирования логистических систем в условиях Арктики¹.

Современные исследования подчеркивают необходимость системной интерпретации надежности как способности логистической инфраструктуры обеспечивать бесперебойность и согласованность транспортных, информационных и управленческих процессов в условиях многокомпонентной неопределенности. В этом контексте надежность рассматривается не как характеристика отдельного элемента инфраструктуры, а как свойство всей логистической системы, включающей физические, цифровые, институциональные и организационные компоненты [1–4].

Центральным тезисом настоящей статьи является интерпретация надежности как результат эволюции логистических парадигм: от инженерных представлений о безотказности к концепции омниканальной синхронизации, предполагающей высокую степень согласованности всех уровней логистической экосистемы [5]. Такая трактовка особенно значима применительно к условиям Северного морского пути, где функционирование логистических узлов требует не только прочности, но и гибкости, отказоустойчивости, цифровой сопряженности и устойчивого управления [6].

Цель исследования – теоретически обосновать эволюцию концепции надежности транспортно-логистической инфраструктуры в контексте устойчивого развития Арктической зоны и Северного морского пути, выявить методологические ограничения существующих подходов и предложить теоретически аргументированную модель надежности с позиции омниканальной логистической синхронизации, адаптированной к макрологистическим условиям Арктики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование базируется на концептуально-историческом подходе, предполагающем анализ эволюции научных представлений о надежности как категории, используемой в инженерии, логистике и инфраструктурном управлении. Основной задачей методологического аппарата является выявление смысловых трансформаций понятия «надежность» на разных этапах формирования логистической науки и их адаптация к специфике функционирования транспортно-логистической инфраструктуры в условиях Арктической зоны Российской Федерации.

Для обоснования перехода к современной интерпретации надежности как омниканальной синхронизации использованы:

- **сравнительно-аналитический метод** – для сопоставления различных научных подходов к оценке надежности логистических систем, включая исследования в области supply chain resilience, robustness, redundancy (Sheffi, 2007; Christopher, 2011) [7, 8], а также теории логистического сервиса и управления цепями поставок [9];
- **системный подход** – для выявления взаимосвязей между компонентами инфраструктурной надежности: техническими, цифровыми, институциональными, климатическими и организационными элементами;
- **тематическое структурирование научных источников** – для выделения пяти ключевых этапов развития концепции надежности (инженерный, логистический, инфраструктурный, цифровой, омниканальный), что позволило обосновать эволюционный характер ее понимания;

¹Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. N 645 "О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года" (с изменениями и дополнениями 27 февраля 2023), URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (дата обращения: 10.05.2025)

• **принципы арктического регионального анализа** – для обоснования специфики надежности транспортно-логистической инфраструктуры в условиях высокой территориальной изоляции, климатических рисков и институциональных ограничений.

Информационную базу составили англоязычные и российские научные публикации, посвященные устойчивости логистических систем, цифровизации логистики и функционированию Северного морского пути, включая статьи из международных изданий (*Sustainability, Environmental Pollution, Engineering Science, Frontiers in Energy Research* и др.).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Этап инженерной надежности. Проблематика надежности в логистических системах традиционно формировалась в рамках инженерных наук, где ключевым фокусом являлась отказоустойчивость оборудования и технических объектов (Haimes Y.Y., 2009) [10]. На раннем этапе развития логистики понятие надежности формировалось в рамках инженерной дисциплины и трактовалось как способность технической системы функционировать безотказно в течение определенного времени при заданных условиях эксплуатации. Эта трактовка применялась преимущественно к отдельным объектам инфраструктуры: транспортным средствам, оборудованию, средствам погрузки и хранения. Основное внимание уделялось отказоустойчивости, прочности, резервированию и техническому регламенту эксплуатации [11]. Однако с развитием логистики как междисциплинарной области возникает необходимость синтетического подхода, объединяющего инженерную, управленческую, цифровую и институциональную компоненты. Современные исследования подчеркивают важность смещения акцента от технической стабильности к способности системы адаптироваться и восстанавливаться после нарушений – парадигма *resilience* приобретает все большее значение в условиях территориальной и климатической неопределенности. В этом контексте важнейшими являются вопросы обеспечения самопроверяемости и контролепригодности компонентов на микро- и макроуровнях, поскольку позволяют логистической системе своевременно адаптироваться под новые условия функционирования при фиксации критических изменений в ее составляющих [12, 13]. В арктических условиях инженерный аспект надежности по-прежнему остается значимым, однако он не охватывает сложности пространственно-распределенных логистических систем.

2. Логистическая надежность: поведенческий уровень. С развитием логистики как самостоятельной области знания категория «надежность» расширилась за пределы технических характеристик и стала пониматься как устойчивость логистических операций. Надежность логистической системы определялась способностью обеспечивать стабильное выполнение заказов, соблюдение сроков, точность поставок и минимизацию сбоев. В работах Д. Бауэрсокса и соавт. надежность входит в число базовых логистических сервисных характеристик наряду с комплектностью, частотой и скоростью обслуживания [9].

На этом этапе формируются основные показатели логистической надежности: своевременность доставки, точность заказа, среднее время отклонения, отклонение от графика поставки. Эти параметры легли в основу современных стандартов логистического сервиса (KPI) и применяются в логистике Северного морского пути при оценке операционной устойчивости в условиях сезонной навигации.

3. Инфраструктурный уровень: пространственная надежность. В начале 2000-х годов на фоне глобализации цепей поставок и формирования трансрегиональных логистических коридоров понятие надежности начало интерпретироваться в более широком, пространственном контексте. Надежность стала характеристикой не только потоков, но и самих инфраструктурных систем, включая транспортные узлы, терминалы, порты, а также их взаимодействие с цифровыми и институциональными платформами.

Логистика Арктической зоны характеризуется инфраструктурной изолированностью, экстремальными погодными условиями и высокой сезонностью. В исследовании Stephenson и др. представлена количественная модель изменения транспортной доступности в условиях изменения климата, где обоснованно указывается на необходимость адаптивного проектирования логистической инфраструктуры с учетом сокращения зимних дорог и увеличения открытых морских участков [14]. Это дополняется пространственно-системными подходами, предложенными в географии транспорта (Rodrigue J.-P., 2006), подчеркивающими важность оценки не только путей, но и узлов транспортной сети как элементов, определяющих общую надежность [15]. Как показано в работе Chen et al. (2024), климатическая неопределенность, связанная с интенсивностью ледообразования и погодными окнами, требует прогнозной оценки надежности маршрутов на уровне всей системы, а не только отдельных перевозчиков [16]. Согласно модели, предложенной Zhang и Li (2015), при проектировании логистических сетей надежность объектов инфраструктуры может быть учтена через вероятностные параметры в условиях неопределенности [17].

4. Цифровой уровень: алгоритмическая и платформенная надежность. Цифровизация логистических процессов вызвала активное развитие когнитивных платформ и цифровых двойников. Исследования (Tao F., 2019; Zhang Y., 2016) показывают, что цифровые двойники способны обеспечивать высокоточную симуляцию физических объектов в виртуальной среде, позволяя не только прогнозировать сбои, но и оперативно формировать стратегии управления [18, 19]. Особенно это важно для условий Арктики, где дистанционный мониторинг и цифровое моделирование становятся ключевыми средствами обеспечения надежности (Barykin et al., 2024) [20]. Цифровая надежность проявляется как способность логистической системы функционировать при частичных отказах связи, информационной задержке или искажении данных. Это требует новых моделей оценки – на основе симуляции, цифровых двойников и предиктивной аналитики.

5. Омниканальная надежность: синхронизация экосистемы. На современном этапе надежность трактуется как способность логистической инфраструктуры обеспечить согласованную, непрерывную и гибкую работу всей экосистемы – от порта до цифрового интерфейса клиента. Это состояние авторы предлагают назвать омниканальной надежностью. В этой парадигме логистика рассматривается как совокупность физического, цифрового и управленческого взаимодействия между всеми участниками цепи, включая пользователей, перевозчиков, операторов и регуляторов.

Как отмечается в Barykin et al. (2022), омниканальность – это не маркетинговый термин, а логистическая модель, обеспечивающая устойчивость через кросс-платформенную интеграцию и резервные логистические траектории [21]. В условиях Севера это проявляется, например, в гибкости маршрутов, дублировании логистических узлов, возможности перехода на альтернативные виды транспорта или управлении распределением ресурсов в режиме реального времени.

Для оценки надежности в арктических логистических системах критически важны такие параметры, как автономность функционирования при отсутствии связи, отказоустойчивость при низких температурах, способность к быстрому восстановлению логистических каналов после нарушения, а также интеграция с системами пространственной координации потоков. Это требует формирования унифицированных метрик надежности, включающих такие параметры, как среднее время отказа (MTBF), коэффициент восстановления, логистическая доступность и индекс адаптивности, адаптированные к арктическим условиям.

Таким образом, надежность становится функцией согласованности и координации, а не только стабильности отдельных компонентов. Это формирует новую научную нишу, ориентированную на оценку способности логистической системы функционировать в условиях многоконтурной неопределенности, свойственной СМП и АЗРФ.

НАУЧНАЯ ДИСКУССИЯ

В российской научной традиции наблюдается тенденция к трактовке надежности преимущественно через технические параметры и показатели логистического сервиса. Это упрощает системное восприятие логистики как экосистемы. Таким образом, научная новизна предложенного подхода заключается в смещении акцента на способность логистической инфраструктуры координировать разнородные каналы взаимодействия в условиях нестабильной среды, что обеспечивает ее устойчивость и адаптивность.

В условиях Арктической зоны РФ, особенно на маршрутах Северного морского пути, применение таких моделей требует адаптации, так как характерные риски отличаются высокой природной неопределенностью, инфраструктурной изолированностью и сезонностью логистических операций. Поэтому предложенная в статье трактовка надежности как омниканальной синхронизации является развитием существующих концептов и отвечает на вызовы, обусловленные спецификой макрологистических пространств.

Вопрос интерпретации надежности логистических систем остается предметом активной научной дискуссии. Широкое распространение получили модели устойчивости цепей поставок, в которых надежность рассматривается как способность системы к адаптации, возврату в стабильное состояние после нарушений (resilience) или сохранению функциональности при сбоях (robustness). Однако эти подходы, как указывает Y. Sheffi (2007), в основном ориентированы на высокоразвитые рынки с устойчивыми институциональными и цифровыми системами [7].

Современная научная литература фрагментирована в части подходов к оценке надежности: в одних исследованиях превалирует инженерный аспект (физический отказ), в других – стратегические риски. Практически отсутствует синтез, в котором надежность рассматривалась бы как комплексное свойство когнитивно-логистической платформы, объединяющей предиктивные ИИ-модели, цифровые двойники и управляемую устойчивость потоков в реальном времени. Особый дефицит наблюдается в области интеграции моделей технической диагностики, когнитивных ИИ-систем и территориального управления логистикой, что особенно важно для арктических макрологистических пространств. Это создает методологический пробел, который и закрывается предлагаемым подходом.

Существенное значение имеют и институциональные факторы. В условиях Арктики надежность макрологистической инфраструктуры оказывается тесно связанной с институциональной координацией между субъектами, режимами доступа к инфраструктуре и нормативными требованиями. Теория институциональных изменений (North, 1990) применима здесь для анализа устойчивости логистических решений к институциональной фрагментации [22]. Таким образом, формирование целостной модели надежности требует выхода за рамки технической диагностики и интеграции цифровых, организационных и территориальных параметров.

Ключевым остается вопрос оценки надежности поставок с учетом динамики интенсивности отказов. Методика, предложенная П. А. Бочкаревым (Бочкарев П. А., 2015), предлагает уточненные формулы расчета наработки на отказ, коэффициента готовности и вероятности безотказной работы с учетом нормального распределения интенсивности сбоев, что приближает модель к реальным условиям снабжения [1]. Такой подход позволяет идентифицировать критические интервалы в логистическом процессе и предсказывать вероятности наступления дефицитных ситуаций на основании динамических данных.

В табл. 1 представлена типология параметров, применяемых в литературе для оценки надежности логистических систем.

Таблица 1. Параметры оценки надежности логистической системы (в интерпретации У Цзин)**Table 1.** Parameters for assessing the logistics reliability (according to Wu Jing's interpretation)

Категория	Параметры оценки
Надежность элементов	Производственная стабильность, финансовое состояние, отказоустойчивость
Логистические затраты	Стоимость транспортировки, убытки от возвратов и простоев
Качество логистических процессов	Точность заказов, соблюдение сроков, количество жалоб
Время логистического цикла	Обработка заказов, транспортировка, погрузочно-разгрузочные операции
Комплектность	Полнота поставок, точность конфигурации заказов

Выявляется ряд недостатков существующих теоретических моделей:

- ограниченность техническими или стоимостными параметрами;
- игнорирование специфики макрологистических пространств, таких как Арктика;
- слабая связка между логистической надежностью и стратегическим управлением развитием инфраструктуры;
- неразработанность критериев надежности применительно к цифровым и институциональным компонентам.

Эти выводы обосновывают необходимость разработки собственной методологии оценки надежности транспортно-логистической инфраструктуры СМП, учитывающей региональные, системные и экосистемные особенности функционирования логистических процессов в арктическом пространстве. Китайские ученые акцентируют внимание на необходимости повышения предсказуемости времени транспортировки по СМП, рассматривая ее как ключевой параметр логистической надежности с точки зрения грузоотправителя. В модели, предложенной в [23], обосновывается зависимость между точностью предиктивных расчетов и уровнем доверия к маршруту. В рамках российской научной традиции в [24] исследователи подчеркивают историческую эволюцию института СМП как инфраструктурной системы национального масштаба и предлагают комплексный взгляд на надежность как многослойную категорию, включающую технические, организационные и институциональные аспекты.

Формирование целостной модели надежности требует выхода за рамки технической диагностики и интеграции цифровых, организационных и территориальных параметров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показал, что концепция надежности транспортно-логистической инфраструктуры претерпела существенные изменения: от инженерной трактовки как отказоустойчивости к комплексной характеристике, отражающей согласованность функционирования всех элементов логистической системы в условиях высокой неопределенности. В условиях Арктической зоны Российской Федерации, и особенно при развитии Северного морского пути, надежность приобретает критически важное значение как фактор устойчивости и предсказуемости логистических потоков.

Предложена интерпретация надежности как **омниканальной синхронизации логистической экосистемы**, в которой устойчивость достигается через согласованное взаимодействие физических, цифровых, организационных и институциональных компонентов. Этот

подход позволяет учесть реальную специфику арктической инфраструктуры, включая климатические риски, фрагментарность сети, цифровое неравенство и необходимость гибкой маршрутизации.

Особое значение в новых моделях надежности приобретает предиктивная аналитика, позволяющая не только фиксировать текущие сбои в логистических системах, но и прогнозировать их с учетом многослойных факторов: от климатических и инфраструктурных до поведенческих. Ключевым направлением становится формирование систем самодиагностики, основанных на цифровых двойниках и когнитивных механизмах на базе логического анализа и ИИ [25].

В отличие от традиционных представлений, где надежность логистической инфраструктуры трактуется как «заданное техническое состояние», современный подход требует перехода к активным моделям управления надежностью в реальном времени. В этом контексте надежность следует интерпретировать не как статичное состояние, а как динамический процесс управления, где цифровая среда функционирует как система адаптивного реагирования. Это включает: адаптивную маршрутизацию, динамическое перераспределение ресурсов, прогнозирование рисков в онлайн-режиме и автоматическое принятие решений системой на основе непрерывной самодиагностики.

Таким образом, дальнейшее развитие теории надежности должно ориентироваться на междисциплинарную модель, учитывающую системные свойства логистики в условиях территориальной и инфраструктурной уязвимости. Это направление требует создания новых методик оценки, адаптированных к условиям СМП, и может стать теоретической основой для стратегического управления арктической логистикой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бочкарев А. А., Бочкарев П. А. Надежность и устойчивость цепей поставок: модели и алгоритмы: монография. СПб.: Скифияпринт, 2022. 200 с. EDN: YQDGV L
Bochkarev A.A., Bochkarev P.A. Reliability and stability of supply chains: models and algorithms: monograph. SPb.: Scythiaprint. 2022. 200 p. EDN: YQDGV L. (In Russian)
2. Шурпатов И. Г., Зайцев Е. И. О методах расчета уровня надежности элементов цепи поставок // Логистика и управление цепями поставок. 2011. № 1. С. 31–37. EDN: NXUQGB
Shurpatov I.G., Zaitsev E.I. On methods for calculating the reliability level of supply Chain elements. *Logistics and Supply Chain Management*. 2011. No. 1. Pp. 31–37. EDN: NXUQGB. (In Russian)
3. Компанийцева О. В. Логистическая интеграция системы управления проектом и инфраструктуры региона // Аудит и финансовый анализ. 2014. № 4. С. 230–233. EDN: TJSKEJ
Kompaniitseva O.V. Logistical integration of the project management system and the region's infrastructure. *Audit and financial analysis*. 2014. No. 4. Pp. 230–233. EDN: TJSKEJ. (In Russian)
4. Barykin S.E., Wu J. Designing a logistics network in international trade. *Globus: Economy and Law*. 2021. Vol. 7. No. 1 (41). Pp. 33–37. EDN: COPJTT
5. Шульженко Т. Г. Эволюция концепции глобальной логистики в контексте современных условий интернационализации мировой экономики // Логистические системы в глобальной экономике. 2016. № 6. С. 391–395. EDN: VUWPZB
Shulzhenko T.G. Evolution of the global logistics concept in the context of contemporary internationalization of the world economy. *Logistics Systems in the Global Economy*. 2016. No. 6. Pp. 391–395. EDN: VUWPZB. (In Russian)
6. Шумаев В. А., Мешалкин В. П., Бородин В. А., Белозерский А. Ю. Экономико-математические методы оптимизации материальных потоков в цепях поставок // Ученые записки Российской академии предпринимательства. 2011. № 27. С. 101–116. EDN: ОКМКАХ

Shumaev V.A., Meshalkin V.P., Borodin V.A., Belozersky A.Yu. Economic and mathematical methods for optimizing material flows in supply chains. *Scientific Notes of the Russian Academy of Entrepreneurship*. 2011. No. 27. Pp. 25–29. EDN: OKMKAX. (In Russian)

7. Sheffi Y. The Resilient enterprise: overcoming vulnerability for competitive advantage. MIT Press, 2007.

8. Christopher M. Logistics and supply chain management: strategies for reducing cost and improving service. Pearson Education Limited, 2011.

9. Bowersox D.J., Closs D.J., Cooper M.B. Supply Chain logistics management. McGraw-Hill, 2011.

10. Haimes Y.Y. Risk modeling, assessment, and management. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2009. 1040 p. ISBN: 978-0-470-42248-9

11. Efanov D.V., Sapozhnikov V.V., Sapozhnikov V.I. Boolean-complement based fault-tolerant electronic device architectures. *Automation and Remote Control*. 2021. Vol. 82. No. 8. Pp. 1403–1417. DOI: 10.1134/S0005117921080075

12. Efanov D.V., Yelina Y.I. Design of self-checking digital devices with boolean signals correction using weight-based bose–lin codes. *Control Sciences*. 2024. No. 4. Pp. 22–36. DOI: 10.25728/cs.2024.4.3

13. Efanov D.V., Pivovarov D.V. Design of Self-checking discrete devices based on polynomial codes with computation control via several diagnostic attributes. *Automation and Remote Control*. 2025. Vol. 86. No. 5. Pp. 402–416. DOI: 10.31857/S0005117925050038

14. Stephenson S.R., Smith L.C., Agnew J.A. Divergent long-term trajectories of human access to the Arctic. *Nature Climate Change*. 2011. Vol. 1. Pp. 156–160. DOI: 10.1038/nclimate1120

15. Rodrigue J.-P., Notteboom T. The geography of transport systems. London: Routledge, 2006.

16. Chen J., Kang S., Wu A., Chen L. Projected emissions and climate impacts of Arctic shipping along the northern sea route. *Environmental Pollution*. 2024. No. 341. ID 122848. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.122848

17. Zhang D., Li X., Huang Y. et al. A robust optimization model for green regional logistics network design with uncertainty in future logistics demand. *Advances in Mechanical Engineering*. 2015. Vol. 7. No. 12. DOI: 10.1177/1687814015620518

18. Zhang Y., Ren S., Liu Y., Si S. A big data analytics architecture for cleaner manufacturing and maintenance processes of complex products. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 142. Pp. 626–641. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.07.123

19. Tao F., Qi Q., Wang L., Nee A.Y.C. Digital twins and cyber–physical systems toward smart manufacturing and industry 4.0: correlation and comparison. *Engineering*. 2019. Vol. 5. Pp. 653–661. DOI: 10.1016/j.eng.2019.01.014

20. Barykin S.E., Sergeev S.M., Provotorov V.V. et al. Sustainability analysis of energy resources transport based on a digital n-d logistics network. *Engineered science*. 2024. Vol. 29. ID 1093. DOI: 10.30919/es1093

21. Barykin S.E., Chursin A.A., Barykin A.S. et al. Energy efficient digital omnichannel marketing: managerial and technological dimensions. *Frontiers in Energy Research*. 2022. No. 10. ID: 946588. DOI: 10.3389/fenrg.2022.946588

22. North D.C. Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

23. Gao X., Ge W., Yu Q., Zhao X. Optimizing northern sea route transportation times: a study from Chinese shipper's perspective. *OMAE Conference Proceedings*. 2024. Vol. 6. DOI: 10.1115/OMAE2024-127804

24. Goldin V.I. Northern sea route: past, present, and future. results of the international scientific megaproject. *Arctic and North*. 2024. No. 57. Pp. 244–253. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2024.57.244

25. Yelina Y.I., Efanov D.V. Weight-based bose–lin codes in concurrent error-detection circuit based on boolean signal correction. *Journal of Computer and Systems Sciences International*. 2025. Vol. 64. No. 1. Pp. 17–35. DOI: 10.1134/S1064230725700029

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Вклад авторов:

Барыкин С. Е. – научное руководство исследованием, постановка целей и задач исследования, формулирование практической значимости исследования.

Компанийцева О.В. – сбор и аналитика данных и проведение обзора литературы, проведение критического анализа материалов, подготовка начального варианта текста.

Contribution of the authors:

Barykin S.E. – scientific supervision, setting the goals and objectives, formulating the practical significance of the study.

Kompaniitseva O.V. – data collection and analysis and literature review, critical analysis of materials, initial version of the text.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

Барыкин Сергей Евгеньевич, д-р экон. наук, профессор, профессор Высшей школы сервиса и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;

195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 50;

sbe@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9048-009X>, SPIN-код: 9382-2074

Компанийцева Оксана Вячеславовна, канд. экон. наук, доцент кафедры Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского;

197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13

oks1@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0068-0411>, SPIN-код: 3019-1038

Information about the authors

Sergey E. Barykin, Doctor of Economic Sciences, Professor, Graduate School of Service and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University;

195251, Russia, St. Petersburg, 50 Novorosiyskaya street;

sbe@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9048-009X>, SPIN-code: 9382-2074

Oksana V. Kompaniitseva, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department Mozhaisky Military Space Academy;

197198, Russia, St. Petersburg, 13 Zhdanovskaya street;

oks1@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0068-0411>, SPIN-code: 3019-1038

УДК 33.332.13

Аналитическая статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-104-113

EDN: JESKEC

Распределение базисных факторов (земли и труда) в сельском хозяйстве России в межпереписной период 2006–2016 гг.

М. Ш. Газаева

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова
360030, Россия, г. Нальчик, пр-т Ленина, 1в

Аннотация. В последние десятилетия в сельском хозяйстве России стала активно проявлять себя тенденция сокращения земли и сельскохозяйственных рабочих. Поскольку это базисные факторы сельского хозяйства, от наличия которых зависят состояние и развитие национального сельского хозяйства, важной научной и прикладной задачей становится выявление причин, обусловивших появление данной тенденции.

Цель исследования. Эффективность функционирования сельского хозяйства зависит не только от наличия базисных ресурсов, а также от достижения определенных пропорций между ними. При сокращении одного (двух) фактора происходит резкое сокращение другого (других) фактора. Среди вопросов, связанных с соотношением базисных факторов сельского хозяйства, менее исследованным остается аспект, связанный с соотношением размера площади сельхозземель (разных категорий) и их выбыванием. Описанию и квантификации данного аспекта посвящено настоящее исследование.

Материалы и методы. Использован центрографический метод, который позволяет определять конкретные параметры географического смещения земельных и трудовых ресурсов сельского хозяйства в стране.

Результаты. В статье на основе анализа статистической информации выявлены и описаны основные тенденции в развитии двух базисных факторов – земли и труда – в национальном сельском хозяйстве. В отличие от большинства работ, в которых исследуется данная проблема, в настоящем исследовании сделано две новации. Во-первых, исследование ведется на региональном уровне; во-вторых, делается попытка выявить закономерность данной тенденции.

Заключение. Полученные результаты позволяют высказать предложения, направленные на повышение эффективности земли как базисного фактора сельского хозяйства.

Ключевые слова: земля, сельскохозяйственные работники, региональные особенности, сокращения

Поступила 29.05.2025, одобрена после рецензирования 16.06.2025, принята к публикации 11.07.2025

Для цитирования. Газаева М. Ш. Распределение базисных факторов (земли и труда) в сельском хозяйстве России в межпереписной период 2006–2016 гг. // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 104–113. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-104-113

Analytical article

Distribution of basic factors (land and labor) in agriculture in Russia in the inter-census period 2006–2016

M.Sh. Gazeeva

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov
360030, Russia, Nalchik, 1v Lenin avenue

Abstract. In recent decades, there has been a trend towards reducing the number of land and agricultural workers in Russian agriculture. Since these are the fundamental factors of agriculture on which the state and development of the national agricultural sector depend, it is an important scientific and practical task to identify the reasons that have led to this trend.

Aim. The success of agriculture depends not only on access to basic resources, but also on maintaining a balance between them. When one factor is reduced, the other factors are also significantly reduced. Among the issues related to the balance of the main factors in agriculture, the aspect of the balance between the size of agricultural land and its use remains less studied. The present study aims to describe and quantify this aspect.

Materials and methods. The centroid method is used to determine specific parameters of the geographical movement of agricultural land and labour resources in a country.

Results. Based on the analysis of statistical data, the article identifies and describes the main trends in the development of two key factors – land and labor – in national agriculture. Unlike most papers that explore this issue, this study has two innovations. First, the research is conducted at a regional level; second, an attempt is made to identify a pattern in this trend.

Conclusion. The results obtained allow us to make recommendations aimed at improving the efficiency of land use as a key factor in agriculture.

Keywords: land, agricultural workers, regional features, abbreviations

Submitted 29.05.2025,

approved after reviewing 16.06.2025,

accepted for publication 11.07.2025

For citation. Gazaeva M.Sh. Distribution of basic factors (land and labor) in agriculture in Russia in the inter-census period 2006–2016. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 104–113. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-104-113

ВВЕДЕНИЕ

Любое производство функционирует на основании определенного комплекса факторов. В сельском хозяйстве базисными факторами выступают земля, труд и капитал. Для обеспечения эффективного функционирования сельского хозяйства необходимы рациональные пропорции между базисными факторами. Избыток одного фактора при дефиците другого становится сдерживающим условием для развития отрасли в целом. Так, например, избыток земли приводит к тому, что слабо внедряются интенсивные технологии. При этом для освоения больших площадей земли при примитивных технике и технологиях требуется привлечение дополнительной рабочей силы. Последнее при изменившейся конъюнктуре может привести к росту безработицы, снижению стимулов труда и т.п. То же самое и с любым другим фактором. Поэтому для эффективного функционирования сельского хозяйства необходимы рациональные пропорции между базисными факторами и условиями. Это достигается как естественным путем, так и искусственным, т.е. управляется.

Что касается земли, одного из важнейших системообразующих факторов сельского хозяйства, то управление им является одним из условий эффективного функционирования сельского хозяйства. Исторически найдено множество моделей регулирования земли как фактора сельского хозяйства [1–8]. Эти модели связаны как с профицитом, так и с дефицитом земли. В частности, для первого случая используется двух-трехпольная система использования земли как ресурса сельского хозяйства, при котором часть земли переводится в пары, из пахотных в выращивание трав и многолетних растений. Однако в некоторых случаях наблюдается образование таких категорий земель, как пустоши и т.д. Такое состояние земельного фактора указывает уже на неуправляемые процессы в сельском хозяйстве [6, 9–13]. Что касается моделей, связанных с дефицитом земли, то они также описаны в научной литературе и реализуются через различные формы аренды, концессии и т.д.

Цель исследования. Как замечено выше, для эффективного функционирования сельского хозяйства необходимо достижение эффективности по всем базисным ресурсам [14], и одним из условий является достижение определенных пропорций между базисными факторами. Последнее, как уже также замечено, может оформляться как стихийно, так и сознательно, принимая форму планомерного регулирования пропорций между различными факторами в сельскохозяйственном процессе. При стихийном механизме, который может носить как экономический характер, так и естественный, решение происходит путем резкого сокращения какого-либо одного (двух) базисного фактора, за которым следует (если не успевает заработать принцип замещения) сокращение также и другого (других). Например, дефицит рабочих рук при примитивной технике и технологии, а также при невозможности (экономической) или нецелесообразности замещения этих рабочих рук техникой и технологиями, происходит сокращение земли, т.к. обрабатывать прежние массивы площадей не хватает рабочей силы. (Отсюда, кстати, все эти вынужденные миграции и проч.). Но сокращение земли в свою очередь ведет к ряду упрощений в системе сельского хозяйства.

Среди существующих вопросов, связанных с соотношением базисных факторов сельского хозяйства, наименее исследованным остается аспект, связанный с соотношением размера площади сельхозземель (разных категорий) и их выбыванием. Дело в том, что эмпирически замечено и теоретически обосновано, что с ростом размера площади растут также частота и размер выбываемых площадей. Эта особенность отмечается в ряде работ отечественных (И. Посошков, Н. Мордвинов, М. Туган-Барановский и др.) и зарубежных (Вебер, Бродель и др.) исследователей. Однако ответа на вопрос, каким является это соотношение, пока нет. Описанию и квантификации данного аспекта посвящено настоящее исследование.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ, МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Теоретическая, как и методологическая, основа настоящего исследования достаточно разработана в современной науке. Ее основу составляют системный подход, системный анализ и в целом теория систем. Согласно последним любой хозяйственный процесс функционирует на основе взаимосвязи (взаимодействия) различных факторов и условий. При дефиците «наислабейшего» (А. Богданов), наименьшего фактора и при отсутствии его замещения другими хозяйственный процесс теряет свою эффективность и приводит к сокращению всех остальных факторов. В частности, при дефиците рабочих рук и слабой технике и технологиях наблюдается сокращение земли, которое в свою очередь подталкивает снижение видового разнообразия и сокращение земель, связанных с интенсивным производством. Однако возникает вопрос: от чего зависит сокращение базисных факторов (тех же площадей сельхозземель) – от их избытка или дефицита? Различные исследователи дают разный ответ на данный вопрос. Его решение видится в организации и управлении сельскохозяйственным производством, получившим обстоятельное изучение в работах Катона, Кенэ, физиократов, Тюнена, Леша и других зарубежных исследователей. Деятельное участие в разработке проблемы как на методологическом, так и на теоретическом и прикладном уровнях, приняли отечественные исследователи И. Посошков, Н. Мордвинов, М. Туган-Барановский, П. Струве, С. Булгаков, А. Дояренко, Б. Книпович, А. Скворцов, А. Челинцев, А. Чайнов, А. Ракитников, А. Алтухов, А. Гатаулин и др. Работы перечисленных и других авторов составили теоретико-методологическую базу настоящего исследования.

В исследовании используется ряд методических новаций. Первая – исследование ведется в разрезе регионов (субъектов) России. Вторая – информационную основу составляют данные всероссийских сельскохозяйственных переписей (2006 и 2016 гг.). Третье – расчеты проводились на примере сельхозугодий, пашни и залежи.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно данным официальной статистики, посевные площади сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий в 2000 г. составляли 84 670 тыс. га, в 2020 г. – 79 948 тыс. га, т.е. посевная площадь за двадцать лет сократилась на 4 722 тыс. га, или на 5,6 %. Площадь чистых паров сократилась на 6 343 тыс. га – с 18 042 тыс. до 11 699 тыс., или на 35,1 %¹. Аналогичные тенденции наблюдаются и в других сегментах сельхозземель. Эта тенденция, на наш взгляд, заслуживает более пристального внимания в силу растущей роли сельского хозяйства в мировой и национальной экономиках и связана с той функцией, которую играет земля как базовый фактор сельского хозяйства в развитии национального сельского хозяйства.

Огромная территория России с многообразием климатических, ландшафтных, почвенных и прочих различий для правильной оценки приведенной тенденции требует территориального (регионального) разреза.

Согласно данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи (ВСХП) 2006 г., площадь сельскохозяйственных угодий составляла 165 985,1 тыс. га, из которых на пашни приходилось 102 140 тыс. га, сенокосы – 13 930,2 тыс. га, пастбища – 35 200,5 тыс. га, многолетние насаждения – 778,2 тыс. га, залежи – 13 936,1 тыс. га. По данным ВСХП 2016 г., за десять лет произошло сокращение общей площади сельскохозяйственных земель на 22,7 % (или на 102 236,7 тыс. га), сельхозугодий – на 14,1 % (23 325,4 тыс. га), пашни – на 7,3 % (7 499 тыс. га), сенокосов – на 26,0 % (3 620,7 тыс. га), пастбищ – на 24,6 % (8 661,1 тыс. га), многолетних насаждений – на 16,4 % (127,7 тыс. га) и залежей – на 24,5 % (или 3 417 тыс. га).

На основании данных ВСХП 2006 и 2016 гг. был проведен расчет смещения земельного клина за десять лет. Для этой цели были рассчитаны так называемые центры (отдельно по сельхозугодиям, по пашне и залежам). Для расчета долготной (x) и широтной (y) координат предлагается использовать методические положения, изложенные в [5]. Для расчета восточной долготы:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^{80} Q_i x_i}{\sum_{i=1}^{80} Q_i}, \quad (1)$$

где x_0 – координаты восточной долготы, %, x_i – координаты восточной долготы i -й территории (субъекта), %; Q_i – площадь сельхозугодий i -го субъекта; тыс. га; $i = 1 - 80$ количество субъектов РФ.

Для расчета координаты северной широты используется следующее выражение:

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{80} Q_i y_i}{\sum_{i=1}^{80} Q_i}, \quad (2)$$

где y_0 – координаты северной широты, %, y_i – координаты северной широты i -й территории (субъекта), %; Q_i – площадь сельхозугодий i -го субъекта; тыс. га; $i = 1 - 80$ количество субъектов РФ.

¹Российский статистический ежегодник. 2022: Стат.сб. / Росстат. М., 2022. 691 с.

Согласно формулам (1) и (2) центр сельскохозяйственных угодий находился в 2006 г. в точке с координатами $52^{\circ}44'$ северной широты и $57^{\circ}33'$ восточной долготы, что соответствует территории Башкортостана. Что касается пашни, то ее координаты составили $52^{\circ}58'$ северной широты и $54^{\circ}53'$ восточной долготы, что соответствует территории Оренбургской области. Таким образом, в 2006 г. центр сельскохозяйственных угодий и пашни располагался в Поволжском федеральном округе.

Согласно той же методике расчетов в 2016 г. центр сельскохозяйственных угодий находился в точке с координатами $53^{\circ}03'$ северной широты и $61^{\circ}07'$ восточной долготы; координаты пашни составили $53^{\circ}10'$ северной широты и $62^{\circ}55'$ восточной долготы, что соответствует территории Челябинской области. Таким образом, в 2016 г. центр сельскохозяйственных угодий и пашни располагался уже в Уральском федеральном округе. Сопоставление обеих координат позволяет заметить смещение центра как сельхозугодий, так и пашни на юго-восток.

На основании данных ВСХП 2006 и 2016 гг. была проведена группировка регионов РФ по площади сельхозугодий, пашни и залежей. Установлено, что наибольшая площадь сельхозугодий в 2006 г. была сконцентрирована в Оренбургской области (5,5 %), далее – Алтайский край (5,2 %), Саратовская (4,7 %), Ростовская (4,6 %), Волгоградская (4,0 %), Новосибирская (3,8 %) области, Республика Башкортостан (3,6 %). В 2016 г. наибольшая площадь приходилась на Ростовскую область (5,4 %), далее Алтайский край (5,3 %), Оренбургская область (5,1 %). Доля Саратовской области выросла до 4,9 %. Улучшила свое положение Республика Калмыкия (4,0 %). Что касается потерь сельхозугодий в межпереписной период, то здесь доминирующая доля потерь приходится на Оренбургскую область (7,5 % от общих потерь сельхозугодий), Забайкальский край (6,4 %), Новосибирскую (5,9 %), Кировскую (5,3 %) области, Красноярский край (5,1 %) и т.д.

Что касается пашни, то наибольший размер пашни в 2006 г. был сосредоточен в Алтайском крае (5,9 %), Ростовской (5,6 %), Оренбургской (5,4 %), Саратовской (5,1 %) и Волгоградской (4,6 %) областях. В 2016 г. ситуация почти не изменилась – Алтайский край (6,5 %), Ростовская (6,1 %), Оренбургская (5,4 %), Саратовская (5,6 %) области, Ставропольский и Краснодарский края (по 4,0 %). Что касается потерь, то наибольшие потери приходились на Амурскую область (6,9 %), Курскую область (2,1 %), Чеченскую Республику (1,6 %), Тамбовскую область (1,5 %) и Алтайский край (1,4 %). Нарастили площади пашни в наибольшей мере Смоленская область (7,2 %), Красноярский край (6,9 %), Кировская (6,7 %), Тверская (6,4 %), Оренбургская (4,9 %) области.

Наряду с оценкой концентрации сельхозземель в разрезе регионов [15] был проведен анализ потерь по различным категориям земель. Установлено, что наибольшие потери сельскохозяйственных угодий за период с 2006 по 2016 гг. произошли в Оренбургской области – 1837,7 тыс. га, что составляет 7,5 % общих потерь данной категории земель по стране и 20,1 % от общей площади сельскохозяйственных угодий области.

Важной задачей является оценка влияния размера площади сельхозземель (в разрезе категорий) на размер потерь, которые происходят по разным причинам. Для этого нами была разработана соответствующая методика. Согласно данной методике вся совокупность регионов была разделена на восемь групп в зависимости от размера сельхозугодий. Выделены следующие группы: до 0,5 млн га, от 0,501 до 1,0 млн га, от 1,01 до 1,5 млн га, от 1,501 до 2,0 млн га и т.д. Последнюю группу представляют регионы, площадь сельхозугодий в которых превышает 5,01 млн га. По каждой группе было подсчитано количество субъектов. Определена сумма площадей сельхозугодий, пашни и залежей, приходящих на группу. Далее определен средний размер площади соответствующих категорий сельхозземель. На следующем этапе проведен расчет коэффициента корреляции между площадью сельхозугодий и площадью пашни, а также первым и площадью залежей. Отдельную связь

представляет коэффициент корреляции между площадью пашни и площадью залежей. Все перечисленные расчеты представлены по двум периодам (2006 и 2016 гг.), а также по потерям площадей соответствующей категории сельхозземель. Наконец, проведен отдельный расчет соотношения выбывших площадей к фактической площади соответствующей категории сельхозземель за 2006 г. Результаты расчетов обобщенно представлены в табл. 1.

Таблица 1. Группировка регионов РФ по площади сельскохозяйственных угодий, пашни и залежей за 2006 и 2016 гг., млн га

Table 1. Grouping of regions in the Russian Federation by area of agricultural land, arable land, and fallow land for 2006 and 2016, in million hectares

Показатели	2006 г.			2016 г.			Снижение/прирост (2016–2006 гг.)		
	с/х угодья	пашня	залежь	с/х угодья	пашня	залежь	с/х угодья	пашня	залежь
До 0,5 млн га									
Единиц	16								
Сумма	2900,2	1513,2	223,3	2383,5	1368,9	320,6	-516,7	-144,3	97,3
Средняя	170,6	89,0	13,1	140,2	80,5	18,9	-30,4	-8,5	5,7
Корреляция		0,831	0,445		0,900	0,342	-0,556	-0,170	0,080
			0,199			0,106			0,119
Соотношение выбывших площадей с фактической площадью за 2006 г. по категориям земель; %							-17,8	-9,5	43,6
От 0,5 до 1,0 млн га									
Единиц	14								
Сумма	10488,9	5265,7	1445,1	8141,7	4287,3	1041,1	-2347,2	-978,4	-404
Средняя	749,2	376,1	103,2	581,6	306,2	74,4	-167,7	-69,9	-28,9
Корреляция		0,272	-0,127		0,328	-0,234	-0,056	-0,616	-0,727
			0,170			0,211			
Соотношение выбывших площадей с фактической площадью за 2006 г. по категориям земель; %							-22,4	-18,6	-28,0
1,01 – 1,5 млн га									
Единиц	9								
Сумма	10767,7	5874,9	1305,2	8467,8	4594	1520	-2299,9	-1280,9	214,8
Средняя	1196,4	652,8	145,0	940,9	510,4	168,9	-255,5	-142,3	23,9
Корреляция		0,602	0,116		0,803	0,040	-0,200	-0,228	-0,384
			0,188			0,243			
Соотношение выбывших площадей с фактической площадью за 2006 г. по категориям земель; %							-21,4	-21,8	16,5
1,501 – 2,0 млн га									
Единиц	11								
Сумма	19221,2	12343,6	1459,9	15856,2	10357,6	1085,5	-3365	-1986	-374,4
Средняя	1747,4	1122,1	132,7	1441,5	941,6	98,7	-305,9	-180,5	-34,0
Корреляция		0,046	-0,281		-0,073	0,161	0,627	0,026	-0,653
			-0,414			-0,806			
Соотношение выбывших площадей с фактической площадью за 2006 г. по категориям земель; %							-17,5	-16,1	-25,6

2,01 – 2,50 млн га									
Единиц	8								
Сумма	17516,5	11126,8	2582,4	13159,3	10393,4	1216,3	-4357,2	-733,4	-1366,1
Средняя	2189,6	1390,9	322,8	1644,9	1299,2	152,0	-544,7	-91,7	-170,8
Корреляция		0,767	0,367		0,992	-0,264	0,634	0,718	-0,756
			-0,049			-0,310			
Соотношение выбывших площадей с фактической площадью за 2006 г. по категориям земель; %							-24,9	-6,6	-52,9
2,501 – 3,5 млн га									
Единиц	4								
Сумма	10606,7	5300,5	1529,1	8563,3	4415,3	1095,6	-2043,4	-885,2	-433,5
Средняя	2651,7	1325,1	382,3	2140,8	1103,8	273,9	-510,9	-221,3	-108,4
Корреляция		0,826	0,337		-0,337	-0,313	-0,565	-0,552	-0,442
			0,713			0,184			
Соотношение выбывших площадей с фактической площадью за 2006 г. по категориям земель; %							-19,3	-16,7	-28,4
3,501 – 5,0 млн га									
Единиц	8								
Сумма	32111,5	19104,7	2394,9	29081,1	17731,1	1635	-3030,4	-1373,6	-759,9
Средняя	4013,9	2388,1	299,4	3635,1	2216,4	204,4	-378,8	-171,7	-95,0
Корреляция		-0,305	0,462		-0,113	-0,382	-0,190	0,189	-0,924
			-0,587			-0,630			
Соотношение выбывших площадей с фактической площадью за 2006 г. по категориям земель; %							-9,4	-7,2	-31,7
Свыше 5,01 млн га									
Единиц	9								
Сумма	62372,3	41611	2995,6	55884,5	40614,5	2473,7	-6487,8	-996,5	-521,9
Средняя	6930,3	4623,4	332,8	6209,4	4512,7	274,9	-720,9	-110,7	-58,0
Корреляция		0,865	0,565		0,916	0,285	-0,337	0,512	-0,527
			0,526			0,079			
Соотношение выбывших площадей с фактической площадью за 2006 г. по категориям земель; %							-10,4	-2,4	-17,4

* Таблица составлена автором на основании данных Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 и 2016 гг.

Согласно полученным данным наиболее представительная группа регионов – первая (площадью сельхозугодий до 0,5 млн га) демонстрировала высокую положительную корреляцию между площадью сельхозугодий и пашни. Причем в 2016 г. она была выше, чем в 2006 г. Что касается корреляции с размером потерянных площадей сельхозугодий, то она оказывается заметной (-0,556) и отрицательной. Заслуживает внимания такой индикатор, как соотношение выбывших площадей с фактической площадью за 2006 г., которое по сельхозугодиям составило почти 18 %, по пашне 9,5 %, по залежи почти 44 %. Заметим, что эти пропорции оказываются средними в сравнении с другими группами. Они указывают на среднюю долю потерь сельхозугодий по группе. Аналогичные расчеты проведены и по другим группам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сформулировать ряд выводов. Во-первых, зависимость площади сельхозугодий и др. категорий сельхозземель от географического местоположения территории, климата, погоды, ландшафта и проч. естественных и хозяйственных условий; во-вторых, зависимость последних от исторической заселенности территории (чем глубже история заселения территории, тем более освоены в сельскохозяйственном плане ее земли. Основные потери приходятся на европейскую часть России. В частности, ее доля в потерях сельхозугодий составляет 64,1 %, пашни – 86 %, залежей – 59,5 %. Приведенные данные подтверждают предыдущее утверждение о том, что сокращение различных категорий сельхозземель связано с исторической их освоенностью); в-третьих, динамика потерь (выбытия из сельскохозяйственного оборота) земель разных категорий пропорциональна общей площади сельхозугодий. В то же время следует заметить, что расчеты лишь частично подтверждают гипотезу о влиянии размера (площади) сельхозугодий, пашни и залежей на размер выбытия данных категорий земель. В частности, такая корреляция установлена для сельхозугодий площадью от 2,01 до 3,5 млн га, свыше 5,01 млн га. Частично (исключение составляет пашня, у которой коэффициент корреляции оказался 0,03) наблюдается по площади в 1,501–2,0 млн га, 0,5–1,0 млн га. До 0,5 млн га заметная корреляция наблюдалась лишь между сельхозугодиями и их сокращением, тогда как между пашней, залежами и сокращением соответствующих категорий земель такая корреляция не наблюдается. Проявление закономерности – снижение (выбытие) соответствующей категории сельхозземель пропорционально размеру площади сельхозугодий и других категорий сельхозземель – объясняется двумя уточнениями. С одной стороны, когда речь идет об исторических регионах земледелия, которые за несколько веков, а возможно, и тысячелетие привели к истощению почвы, для восстановления которой требуются большие капиталовложения. С другой стороны, когда затраты на восстановление почв (и земель) до нужной кондиции оказываются обременительными.

Исследования позволяют высказать предложения, направленные на повышение эффективности земли как базисного фактора организации сельского хозяйства. Прежде всего необходимо найти новую форму выбытия сельскохозяйственных земель взамен существующей – заброшенности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов А. И. Сельскохозяйственное районирование – основа формирования и развития специализированных высокотехнологичных зон в сельском хозяйстве страны // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 12. С. 7–14. DOI: 10.32651/2312-7
2. Дятлова Л. А. Концепция «генетических районов» А. Н. Челинцева // Пространственная экономика. 2005. № 2. С. 144–153.
3. Катон М. П. Земледелие / Пер. и комм. М. Е. Сергеев. М.: Наука, 1950. 220 с.
4. Ракитников А. Н. И. Тюнен и значение его трудов для географии сельского хозяйства // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 1977. № 2. С. 45–50.
5. Рахаев Б. М., Энеева М. Н., Алибий Ф. М. Где находится экономический центр России, и каким было его поведение в 2005-2015 гг.? // Известия Русского географического общества. 2019. Т. 151. № 5. С. 67–78. DOI: 10.31857/S0869-6071151567-78
6. Узун В. Я., Сарайкин В. А., Гатаулина Е. А. Классификация сельскохозяйственных производителей на основе данных Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года. М.: ВИАПИ имени А. А. Никонова: ЭРД, 2010. С. 229.

7. Кенэ Ф., Тюрго А. Р. Ж., Дюпон де Немур П. С. Физиократы. Избранные экономические произведения / Под ред. П. Н. Ключкина М.: Эксмо, 2008. 1200 с.
8. Чаянов А. В. Крестьянское хозяйство: избранные труды. М.: Экономика, 1989. 492 с.
9. Гатаулин А. М. Об оптимизации территориального размещения производительных сил аграрного сектора экономики // Известия ТСХА. 2009. Вып. 5. С. 76–88.
10. Иоффе Г. В., Нefeldова Т. Г. Центр и периферия в сельском хозяйстве российских регионов // Проблемы прогнозирования. 2001. № 2. С. 100–110.
11. Морева Л. А., Тюрин В. Н. Теоретико-методологические аспекты изучения агропромышленных систем // Вестник Тамбовского университета. 2013. Т. 18. Вып. 2. С. 660–663.
12. Носонов А. М. Территориальные системы сельского хозяйства (экономико-географические аспекты исследования). М.: Янус-К, 2001. 324 с.
13. Рахаев Х. М., Баккуев Э. С., Энеева М. Н., Иванова З. М. Оптимизация соотношения между базисными факторами «земля-труд-капитал» для дальнейшего развития сельского хозяйства России // АПК: Экономика, управление. 2024. № 5. С. 46–60. DOI: 10.33305/245-46
14. Кот Е. М., Тогузаев Т. Х., Газеева М. Ш. и др. Влияние изменений базисных факторов на экономическую эффективность сельского хозяйства России // Аграрный вестник Урала. 2025. № 2. Т. 25. С. 303–318. DOI: 10.32417/1997-4868
15. Губанова Е. В., Токмурзин Т. М., Банников С. А. Пространственное размещение сельского хозяйства: факторы, подходы исследований, эффективность // Вестник НГИЭИ. 2023. № 4(143). С. 88–98. DOI: 10.24412/2227-9407

REFERENCES

1. Altukhov A.I. Agricultural zoning is the basis for the formation and development of specialized high-tech zones in the country's agriculture. *Economics of agriculture in Russia*. 2023. No. 12. Pp. 7–14. DOI: 10.32651/2312-7. (In Russian)
2. Dyatlova L.A. The concept of "genetic districts" by A.N. Chelintseva. *Spatial Economics*. 2005. No. 2. Pp. 144–153. (In Russian)
3. Katon M.P. *Zemledeliye* [Agriculture]. Translated and comm. by M.E. Sergeenko. Moscow: Nauka, 1950. 220 p. (In Russian)
4. Rakitnikov A.N. I. Tyunen and the significance of his works for the geography of agriculture. *Bulletin of the Moscow University*. Ser. 5. Geography. 1977. No. 2. Pp. 45–50. (In Russian)
5. Rakhaev B.M., Eneeva M.N., Alibiy F.M. Where is the Russian economic center located, and what was its behavior in 2005–2015? *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. 2019. Vol. 151. No. 5. Pp. 67–78. DOI: 10.31857/S0869-6071151567-78. (In Russian)
6. Uzun V.Ya., Saraikin V.A., Gataulina E.A. *Klassifikatsiya sel'skokhozyaystvennykh proizvoditeley na osnove dannykh Vserossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy perepisi 2006 goda* [Classification of agricultural producers based on data from the 2006 All-Russian Agricultural Census]. Moscow: A.A. Nikonov VIAP: ERD, 2010. P. 229. (In Russian)
7. Quesnay F., Turgot A.R.J., Dupont de Nemours P.S. Physiocrats. Selected economic works. / ed. P.N. Klyukina Moscow: Eksmo, 2008. 1200 p. (In Russian)
8. Chayanov A.V. *Krest'yanskoye khozyaystvo: izbrannyye trudy* [Peasant farming: Selected works]. Moscow: Ekonomika, 1989. 492 p. (In Russian)
9. Gataulin A.M. On optimizing the territorial allocation of productive forces in the agricultural sector of the economy. *Izvestiya TLCA*. 2009. Issue 5. Pp. 76–88. (In Russian)
10. Ioffe G.V., Nefeldova T.G. Center and periphery in agriculture in Russian regions. *Problems of forecasting*. 2001. No. 2. Pp. 100–110. (In Russian)

11. Moreva L.A., Tyurin V.N. Theoretical and methodological aspects of the study of agro-industrial systems. *Bulletin of the Tambov University*. 2013. Vol. 18. Issue. 2. Pp. 660–663. (In Russian)
12. Nosonov A.M. *Territorial'nyye sistemy sel'skogo khozyaystva (ekonomiko-geograficheskiye aspekty issledovaniya)* [Territorial systems of agriculture (economic and geographical aspects of research)]. Moscow: Janus-K, 2001. 324 p. (In Russian)
13. Rakhaev Kh.M., Bakkuev E.S., Eneeva M.N., Ivanova Z.M. Optimization of the ratio between the basic factors "land-labor-capital" for the further development of agriculture in Russia. *Agroindustrial complex: Economics, management*. 2024. No. 5. Pp. 46–60. DOI: 10.33305/245-46. (In Russian)
14. Kot E.M., Toguzayev T.Kh., Gazeeva M.Sh. et al. The influence of changes in basic factors on the economic efficiency of agriculture in Russia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025. No. 2. Vol. 25. Pp. 303–318. DOI: 10.32417/1997-4868. (In Russian)
15. Gubanov E.V., Tokmurzin T.M., Bannikov S.A. Spatial arrangement of agriculture: factors, research approaches, effectiveness. *Bulletin of NGIEI*. 2023. No. 4(143). Pp. 88–98. DOI: 10.24412/2227-9407. (In Russian)

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторе

Газеева Мадина Шараповна, канд. экон. наук, доцент кафедры управления, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова;
360030, Россия, г. Нальчик, пр-т Ленина, 1в;
mtramova@yahoo.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8868-4309>, SPIN-код: 2030-4444

Information about the author

Madina Sh. Gazeeva, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov;
360030, Russia, Nalchik, 1v Lenin avenue;
mtramova@yahoo.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8868-4309>, SPIN-code: 2030-4444

УДК 331.55

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-114-123

EDN: KQUMEL

Развитие профессионального потенциала государственных служащих в условиях преодоления внешних вызовов

М. Ю. Джамалудинова

Дагестанский государственный университет
367000, Россия, г. Махачкала, ул. Гаджиева, 43а

Аннотация. В статье исследуется проблема профессионального развития государственных служащих в условиях преодоления национальной экономикой внешних вызовов. На фоне перехода к цифровой экономике данная проблема сохраняет свою актуальность ввиду автоматизации рабочих мест в государственном секторе.

Цель исследования – выделить сущность ожиданий государства от современного служащего и причины подобных ожиданий.

Методы – индукции, статистического анализа, обработки и интерпретации данных, выявления закономерностей, а также дедукции.

Результаты. Определена траектория приоритетов дополнительного обучения служащих, которая в последнее время меняется или уточняется на ежегодной основе. Обобщены существующие научные подходы по теме исследования, которые привели к формированию наиболее оптимального подхода одновременно к профессионализации служащих и сохранению качества выполняемых ими функций в условиях преодоления национальной экономикой внешних вызовов. Выявлено, что перспективным является отраслевой принцип профессионализации служащего, позволяющий минимизировать риски в процессе повышения квалификации служащих. Разъясняется взаимосвязь отраслевой профессионализации государственных служащих с переходом национальной экономики к восстановительной фазе. В статье представлена характеристика отраслевого принципа профессионализации государственного служащего, в том числе в условиях внешних вызовов. Обозначены перспективы реализации данного принципа для федеральных платформ государственной службы. Предлагаемое решение подлежит адаптации в учреждениях всех уровней власти.

Ключевые слова: эффективность труда, занятость, государственный служащий, профессиональное развитие, отраслевой принцип, государственный сектор

Поступила 16.06.2025, одобрена после рецензирования 20.07.2025, принята к публикации 24.07.2025

Для цитирования. Джамалудинова М. Ю. Развитие профессионального потенциала государственных служащих в условиях преодоления внешних вызовов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 114–123. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-114-123

Original article

Development of professional potential of civil servants under the terms of overcoming external challenges

M.Yu. Dzhamaludinova

Dagestan State University
367000, Russia, Makhachkala, 43a Gadzhiev street

Abstract. The article discusses the issue of the professional development of civil servants in relation to overcoming external challenges faced by the national economy. In light of the transition to a digital economy, this issue remains relevant due to automation of jobs in the public sector.

Aim. Is to determine the core principles of the state's requirements for a modern employee and the rationale behind these expectations.

Methods – induction, statistical analysis, data processing and interpretation, identification of patterns, as well as deduction.

Results. The trajectory of priorities for additional employee training has been determined, which has recently been changing or being clarified on an annual basis. The existing scientific approaches on the research topic are summarized, which led to the formation of the most optimal approach to the professionalization of employees and the preservation of the quality of their functions under overcoming external challenges by the national economy. It has been revealed that the principle of professionalization for employees in the industry is promising, as it allows for the minimization of risks in the process of their professional development. The interrelation between the sectoral professionalization of civil servants and the transition of the national economy to a recovery phase is discussed. The paper argues the sectoral approach to improving civil servants' professional skills, as well as in the framework of external challenges. The potential for implementing this principle in federal public service platforms is outlined. The proposed solution can be adapted in institutions at every stage of government.

Keywords: labor efficiency, employment, civil servant, professional development, industry principle, public sector

Submitted 16.06.2025,

approved after reviewing 20.07.2025,

accepted for publication 24.07.2025

For citation. Jamaludinova M.Yu. Development of professional potential of civil servants under the terms of overcoming external challenges. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 114–123. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-114-123

ВВЕДЕНИЕ

В условиях преодоления национальной экономикой внешних вызовов и перехода к восстановительной фазе остается нерешенной научная проблема в сфере сохранения эффективности труда госслужащих. В научном сообществе прослеживается единое мнение о том, что стабилизация рынка труда в государственном секторе может быть достигнута исключительно путем повышения партисипативности служащих.

Фундамент сохранения партисипативности лежит в русле служения государству и обществу. Беспрецедентность внешних вызовов в национальной экономике начиная с 2022 года способствует целесообразности разработки новых подходов кадровой политики в государственном секторе. На фоне модернизации государственной системы путем внедрения технологий стабилизация занятости государственных служащих в условиях внешних вызовов неизбежно обретает уникальные характеристики. С одной стороны, автоматизация рабочих мест в государственном секторе, согласно заявлению министра цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации М. И. Шадеева, создаст условия, способные заменить половину государственных служащих [1]. С другой стороны, внешние вызовы и процесс их преодоления в национальной экономике, наоборот, вынуждают формировать кадровую политику таким образом, чтобы служащие не только остались на рабочих местах, но и отличались высокой партисипативностью. Соответственно, технологии могут стать вспомогательными инструментами для сотрудников государственного сектора.

Цель исследования заключается в выявлении наиболее оптимального подхода к развитию профессионального потенциала госслужащих в условиях преодоления внешних вызовов. Задачи исследования предусматривают изучение имеющейся научной и статистической базы, направленной на решение обозначенной проблемы; выявление предпосылок к профессионализации госслужащих в условиях неопределенности национальной экономики.

При изучении путей оптимизации профессионального развития служащих использовались методы индукции, статистического анализа, обработки и интерпретации данных, выявления закономерностей, а также дедукции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время прослеживается ряд сложностей при сохранении персонала в государственном секторе и увеличении степени партисипативности служащих в целях интенсификации восстановительной фазы в экономике. Основная проблема состоит в профессионализации и специализации государственных служащих с учетом новой нагрузки и объема знаний в сфере технологий при решении социально-экономических задач. Тенденции времени требуют от государственных служащих не столько повышения квалификации на регулярной основе и подтверждения компетентности в период аттестации, но, скорее, способности адаптироваться в новой системе знаний.

Современный государственный служащий вынужден демонстрировать эффективность своего труда за счет умения применять информационные и иные технологии на своем рабочем месте. Усложняющиеся условия социально-экономического развития, в том числе на региональном уровне, предполагают значительную осведомленность государственного служащего в предмете своей профессиональной деятельности. Это значит, что интенсификация изменений в отраслях экономики подразумевает обновление информационного поля, на котором государственному служащему необходимо свободно ориентироваться. Другая ключевая проблема связана с техническим аспектом деятельности государственного служащего, что не всегда соотносится с понятием условий труда на рабочем месте. На современном этапе техническая сторона подразумевает новые устройства, оборудование, подходы к узконаправленным технологиям или их применению при решении нестандартных задач. Изначально техническая составляющая на современном этапе предполагает формирование мышления государственного служащего в соответствии с иными поведенческими реакциями. Если ранее идеальный образ государственного служащего формировался на основе его способности продолжительное время выполнять однородные действия, то в настоящее время такой сотрудник постепенно становится специалистом, который в состоянии функционировать в условиях многозадачности и при этом оставаться вовлеченным в решение однородных задач с учетом эволюции компетентности.

Третья проблема связана со спецификой внешних вызовов, предполагающей необходимость обладания знаниями, навыками и умениями не столько в кризисной ситуации, но и в большей степени в период повышенной неопределенности. Эффективность труда государственного служащего рассматривается с экономического ракурса, так как понимание им экономической сущности внешних вызовов и партисипативность оказывают влияние на период восстановления финансовых показателей в соответствующих отраслях экономики. Компетентность государственного служащего на фоне беспрецедентности характера внешних вызовов должна строиться из системных компетенций.

Обучение государственных служащих на национальном уровне в 2020 году в рамках программ повышения квалификации осуществлено на общую сумму 160 млрд руб. В 2021 году бюджет увеличился и достиг отметки 235 млрд руб. Значительное увеличение бюджетных ассигнований во многом связано с переходом к цифровой экономике. Повышение квалификации затронуло работников государственных организаций всех уровней власти, а к образовательному процессу были привлечены многие образовательные площадки. В указанный период прослеживаются стратегические направления кадровой политики, сфокусированные на создании условий непрерывного образования. Обозначенное направление было реализовано путем приобщения компетентности госслужащих к цифровым технологиям. Несмотря на беспрецедентность внешних вызовов национальной экономики в 2022 году на обучение госслужащих

израсходовано 235 млрд руб. Идентичность размера ассигнований объясняется запланированным подходом, утвержденным в рамках направления профессионального развития служащих еще в 2021 году. Образовательный компонент в структуре партисипативного управления стал отличаться приоритетом в сфере инновационного развития национальной экономики. Для государства стала важной способность служащих решать актуальные социальные задачи нестандартными подходами. Как и ранее, инновационный образовательный компонент тесно связан с особенностями развития цифровой экономики [2].

В 2023 году объем ассигнований на профессиональное развитие государственных служащих составил 216 млрд руб., что объясняется достижением стратегических целей обучения сотрудников государственных организаций аспектам цифровой экономики. Помимо инновационного компонента, они осваивали направления в сфере клиентоцентричности. Ввиду того, что были внедрены многие цифровые решения в государственную систему, а процесс получения государственных услуг существенно упростился, возникла необходимость некоторой переориентации служащих в сторону цифровизации при взаимодействии с населением. В 2024 году объем ассигнований на образовательные цели в государственном секторе составил 211 млрд руб., так как основные мероприятия по подготовке служащих к цифровой экономике осуществлены были ранее. На фоне внешних событий образовательный компонент партисипативного управления в государственном секторе претерпел изменения ввиду того, что государственные служащие должны были повысить квалификацию в сфере информационной безопасности.

В 2025 году объем ассигнований соответствует сумме денежных средств, израсходованных на профессиональное развитие служащих в 2024 году, и составляет 211 млрд руб. [3]. Однако уже в 2026 году объем ассигнований существенно увеличится до 267 млрд руб. в соответствии с принятым решением руководства страны [4]. В обозримом будущем ожидается смена траектории профессионального развития государственных служащих на национальном уровне. На рисунке представлено распределение средств федерального бюджета на повышение компетентности государственных служащих до и после возникновения внешних вызовов в национальной экономике.

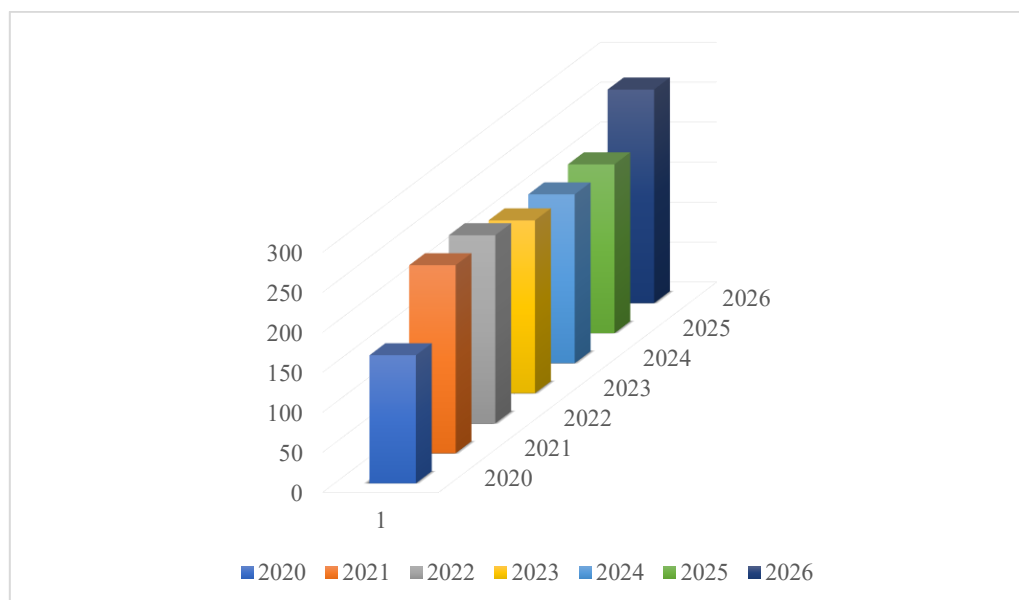


Рис. Распределение бюджетных ассигнований на профессиональное развитие государственных служащих в период с 2020 по 2026 год на основе рассматриваемых сводных данных

Fig. Distribution of budgetary allocations for professional development of civil servants over the period from 2020 to 2026 based on the consolidated data provided

Распределение ассигнований в 2020 году по сравнению с 2025-м увеличилось в 1,5 раза, что свидетельствует об изменении приоритетов государственного сектора в повышении квалификации служащих и усилении значимости цифровых решений. Внешние вызовы в национальной экономике оказали влияние на финансовую составляющую профессионального развития служащих путем некоторого снижения объема расходов. При этом влияние прослеживается в содержательной части образовательного компонента повышения компетентности работников государственных организаций. Если рассмотреть предметную сущность повышения квалификации в период с 2023 по 2025 год, то возможно отметить ключевую важность для государства повышенной компетенции у служащего в сфере информационной безопасности.

Комплексно ожидания государства от компетентности служащего и эффективности его труда с учетом бюджетных ассигнований возможно отметить следующим образом: большой объем знаний и специфики навыков, необходимых при внедрении элементов цифровой экономики; знания и навыки, которые позволяют автоматизировать процесс оказания государственных услуг; важность знаний служащих в сфере информационной безопасности для развития национальной экономики и стабилизации восстановительной фазы. Ожидания государства свидетельствуют о том, что служащий должен соответствовать задачам национального уровня. Однако среди государственных структур может возникнуть сложность достижения поставленной задачи профессионального развития служащих, которая связана с мотивационным компонентом. Необходимо учитывать, что партисипативное управление в государственном секторе должно объединять приоритеты государства и потребности государственного служащего. Зачастую потребности служащего состоят в самореализации на основе способностей и личных стремлений.

Общий анализ научного реагирования на приоритеты и потребности национальной экономики от компетентности служащих позволяет констатировать отсутствие комплексных исследований в сфере профессионального развития служащих в условиях внешних вызовов. Какие-либо решения в данном направлении можно ожидать в обозримом будущем, на что указывают исследования в сфере занятости в государственном секторе и управления кадровой политикой с учетом пандемии [5]. Однако заслуживают внимания существующие исследования, направленные на систематизацию и обеспечение универсальности развития профессионального потенциала работников государственного сектора с учетом потребностей каждого государственного служащего. Исследователь Р. М. Карданов отметил, что влияние на профессиональное развитие служащих оказывает индивидуальный фактор. Уровень образования определяет дальнейшую способность служащего к повышению компетентности, а значит, каждый последующий этап обучения служащего должен стать источником мотивации для последующего профессионального развития [6]. Повышение профессиональной компетентности служащих с учетом внедрения цифровой экономики возможно при использовании инновационных кадровых технологий. Авторы Л. В. Зинич и Н. А. Кузнецова акцентируют внимание на способах подачи обучающей информации и ее освоении как подходах к эффективности профессионального развития государственных служащих [7].

Коллектив других авторов в лице И. В. Потаниной и О. С. Безбабновой на примере Воронежской области рассматривают целесообразность внедрения института наставничества при реализации образовательных мероприятий, связанных с цифровой экономикой. Вторым аспектом, по утверждению авторов, выступает реализация индивидуального плана каждого сотрудника государственной организации [8]. В научной работе О. В. Титовой внимание акцентировано на формировании социальных условий для государственных слу-

жащих, в рамках которых эффективность их труда и образовательная составляющая наиболее продуктивны. Одним из социальных условий выступает создание учебных программ в соответствии с интересами государственных служащих. Применительно к внешним вызовам в национальной экономике научная мысль О. В. Титовой может рассматриваться не в контексте личных интересов служащих, а с учетом профессиональной деятельности и вопросов общественного значения, с которыми служащий взаимодействует и в сущность которых он погружается в период повышения квалификации [9]. При обеспечении профессионального развития государственных служащих необходимо минимизировать риски, возникающие в процессе внедрения мер по инициативе государства. Данные риски относятся к соотношению запланированного числа служащих и числа сотрудников государственных организаций, подлежащих повышению квалификации. Также к рискам относятся результативность программы профессионального развития и перспективы дальнейшего обучения иных служащих по идентичному тематическому направлению [10]. Профессиональное развитие служащих в период вызовов рационально осуществить при помощи построенной модели реализации кадровых мероприятий. Такие модели позволяют учесть персональный карьерный путь и одновременно совершенствовать процесс управления трудовыми ресурсами [11]. Модель кадровых мероприятий строится на основе личных компетенций государственных служащих. Обозначенный подход позволяет своевременно выявить уровень развития необходимой компетенции, а следовательно, степень совпадения государственных приоритетов и личных потребностей служащего как звена государственной системы [12]. Исследователи О. Я. Емельянова, И. В. Шершень и М. А. Кравец отмечают важность поддержки потребностей государственных служащих как на этапе адаптации на рабочем месте, так и в процессе становления. В целях достижения максимальной эффективности труда авторы рекомендуют кадровым службам использовать оценочный инструментарий, который формируется не на основе общепринятых подходов, а благодаря взаимодействию со служащими и разработке собственных диагностических критериев [13].

Некоторые аспекты оценки в структуре кадровой политики государственного сектора предложены А. А. Аверьяновым, определившим этапы оценки профессиональной эффективности служащих. Каждый этап преследует уникальную цель, которая позволяет развить навыки, отвечающие государственным задачам на данный момент и раскрывающие уникальный потенциал служащего [14]. В контексте перехода к цифровой экономике некоторые авторы предлагают моделирование профессионального развития служащих на основе совершенствования цифровых компетенций. Модель может состоять из отдельных проектов, содержащих инструментарий и мероприятия соответствующего уровня цифровой компетентности служащих. В свою очередь Т. В. Зайцева исходит из оценки возможности объединения квалификационного и компетентностного подходов в процессе обеспечения профессионального развития работников государственных организаций. Предметная сущность объединения состоит в том, что оцениваются и развиваются в контексте государственных задач действительные ресурсы и возможности служащего [15]. Однако понятие компетентности и квалификации различаются между собой, что позволяет оказать поддержку служащему узконаправленно. Если недостаточно образовательного потенциала, то организация-работодатель создает условия для переподготовки. В случае необходимости совершенствования отдельной компетенции служащий направляется на курсы повышения квалификации. Профессиональный опыт также служит компонентом профессионального развития как в случае переподготовки, так и при повышении квалификации.

Комплексно в научной среде прослеживается ориентация на построение моделей профессионального развития государственных служащих. Ценностью моделирования выступает возможность поэтапного совершенствования работников государственных организаций, в том числе путем наставничества. В узком смысле моделирование может учитывать индивидуальные потребности государственных служащих, которые базируются на необходимости погружения в профессиональную область решения социально-экономических вопросов общественной значимости. Вероятность рисков при реализации образовательных компонентов профессионального развития способствует трансформации оценки результативности труда служащих в инструмент раскрытия их потенциала. Цифровые компетенции могут быть развиты на основе критериев, которые кадровые службы разрабатывают самостоятельно с учетом способностей и потребностей работников в индивидуальном порядке.

Соответственно, наиболее перспективным для управления кадровой политикой в государственном секторе является отраслевой принцип профессионализации работников. Обозначенный принцип изначально реализуется путем системных и целевых образовательных мероприятий и инициатив. К примеру, если государственный служащий специализируется на вопросах в сфере сельского хозяйства, то его профессионализация может осуществляться на основе текущего уровня компетентности, необходимых отраслевых знаний и актуальных возможностей государства. Работник принимает участие не во всех предлагаемых образовательных мероприятиях по инициативе государства, а лишь в тематических, которые позволяют повысить компетенцию в сельском хозяйстве или другой отрасли.

Образуется тесная взаимосвязь между узконаправленным обучением служащих по отраслевому принципу и процессом перехода национальной экономики к восстановительной фазе. Реализация отраслевого принципа позволяет служащему в процессе повышения квалификации освоить отдельные компоненты развития сельского хозяйства, промышленности или иного направления с учетом аспектов цифровой экономики, затрагивающих предметную область. Отраслевой принцип позволит кадровой службе обучить служащего оказанию государственных услуг, в том числе в контексте решения сложных специализированных вопросов. Рассматриваемый принцип профессионализации служащего полезен при освоении инструментария информационной безопасности, непосредственно относящегося к профессиональной сфере.

Внедрение отраслевого принципа профессионализации государственных служащих оптимально благодаря модели, состоящей из отдельных этапов погружения работников в предметную область. К примеру, эффективное освоение цифровых подходов при решении задач в сфере сельского хозяйства позволит государственному служащему перейти к усложненному этапу освоения специализированных знаний. Отраслевой принцип не подразумевает изменений при перераспределении бюджетных средств, но может способствовать достижению оптимальной продуктивности и соответствия компетентности служащего ожиданиям государства. Внедрение инновационных технологий или наставничества выступает инструментарием реализации отраслевого принципа, который не ограничивается существующими подходами к раскрытию потенциала служащих.

Одним из преимуществ отраслевого принципа является способность к минимизации рисков при внедрении образовательных мероприятий на национальном уровне, так как в процессе повышения квалификации принимает участие служащий. Формируется также возможность достижения продуктивности государственных служащих на фоне преодоления национальной экономикой внешних вызовов. Государство создает условия, при которых служащие, реализуя свои потребности в саморазвитии, прилагают качественные усилия для стабилизации восстановительной фазы в процессе дальнейшего перехода к цифровой экономике.

Выводы

Реализация отраслевого принципа может фиксироваться на платформах Федерального резерва управленческих кадров и Реестра государственных гражданских служащих, так как профессионализация среди достижений служащего становится очевидной. Профессионализация работников государственных организаций целесообразна по отраслевому принципу с учетом особенностей цифровой экономики. Предлагаемый подход учитывает специфику развития национальной экономики в условиях внешних вызовов и подлежит применению в государственных организациях всех уровней власти. Профессионализация с учетом внешних вызовов и их влияния на развитие отдельного направления экономики способствует не только развитию профессионального потенциала государственного служащего, но и формированию в структуре его личности уникальной отраслевой компетентности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власти заявили, что ИИ может заменить половину чиновников / Газета.RU URL: <https://www.gazeta.ru/tech/news/2025/04/17/25579436.shtml?ysclid=mae5pphgpd567084625> (дата обращения: 15.06.2025).
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 07.03.2024 № 547-р / Официальное опубликование правовых актов. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202403090007> (дата обращения: 15.06.2025).
3. Распределение бюджетных ассигнований федерального бюджета на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов, предусмотренных на профессиональное развитие федеральных государственных гражданских служащих / Правительство России. URL: <http://government.ru/docs/all/146651/> (дата обращения: 15.06.2025)/
4. Распределение бюджетных ассигнований федерального бюджета на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годов, предусмотренных на профессиональное развитие федеральных государственных гражданских служащих / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564134518> (дата обращения: 15.06.2025).
5. Попова Е. А., Медякова Е. М., Морозова А. И. Профессиональное развитие государственных и муниципальных служащих в условиях пандемии: проблемы и перспективы // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2021. № 4. С. 43–47. DOI: 10.22394/2079-1690-2021-1-4-43-47
6. Карданов Р.М. Факторы управления профессиональным развитием государственных служащих // Вестник экспертного совета. 2021. № 2(25). С. 27–31.
7. Зинич Л. В., Кузнецова Н. А. Управление развитием профессиональных качеств государственных служащих // Креативная экономика. 2021. № 12. С. 4643–4653. DOI: 10.18334/ce.15.12.113958
8. Потанина И. В., Безбабнова О. С. Основные направления совершенствования профессионального развития государственных служащих в правительстве Воронежской области // Регион: системы, экономика, управление. 2023. № 4(63). С. 159–164. DOI: 10.22394/1997-4469-2023-63-4-159-164
9. Титова О. В. развитие социальных условий профессионального развития государственных служащих (на примере межрайонной ИФНС России № 9. г. Кашира) // Вестник МФЮА. 2022. № 2. С. 154–163.
10. Зеленцова С. Ю., Хадасевич Н. Р. Обеспечение системности в подготовке и профессиональном развитии государственных гражданских служащих в субъектах РФ // Регион: системы, экономика, управление. 2022. № 1(56). С. 54–58.

11. Бушуева И. П., Доронина И. В., Федотова Е. А. Разработка и применение модели личностных компетенций в оценке государственных гражданских служащих // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. 2022. № 3. С. 46–42.
12. Оборин М. С. Формирование цифровых компетенций управления государственных служащих в условиях нового экономического формата // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2021. № 2. С. 69–81. DOI:10/18413/2408-9346-2021-7-2-0-7
13. Емельянова О. Я., Шершень И. В., Кравец М. А. Организационное обеспечение профессиональной адаптации государственных гражданских служащих // Регион: системы, экономика, управление. 2021. № 4(55). С. 80–86. DOI: 0.22394/1997-4469-2021-55-4-80-86
14. Аверьянов А. А. Оценка профессиональной эффективности государственного служащего // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. № 1-1(76). С. 154–156. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-1-1-154-156
15. Зайцева Т. В. Квалификационный и компетентностный подходы на государственной гражданской службе: квалификация как базис, компетенция как цель // Государственное управление. Электронный вестник. 2024. № 107. С. 206–222. DOI:10.55959/MSU2070-1381-107-2024-206-222

REFERENCES

1. The authorities have stated that AI can replace half of the officials. Gazeta.RU. URL: <https://www.gazeta.ru/tech/news/2025/04/17/25579436.shtml?ysclid=mae5pphgpd567084625> (accessed: 06.15.2025). (In Russian)
2. Decree of the Government of the Russian Federation dated 03/07/2024 No. 547-r. Official publication of legal acts. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202403090007> (accessed: 06.15.2025). (In Russian)
3. Distribution of budget allocations of the federal budget for 2023 and for the planning period of 2024 and 2025, provided for the professional development of federal government civil servants. The Government of Russia. URL: <http://government.ru/docs/all/146651/> (accessed: 06.15.2025). (In Russian)
4. Distribution of budget allocations of the federal budget for 2020 and for the planning period of 2021 and 2022, provided for the professional development of federal government civil servants. Electronic Fund of Legal and Regulatory Documents. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564134518> (accessed: 06.15.2025). (In Russian)
5. Popova E.A., Medyakova E.M., Morozova A.I. Professional development of state and municipal employees in a pandemic: problems and prospects. *State and municipal Administration. Scientific notes*. 2021. No. 4. Pp. 43–47. DOI: 10.22394/2079-1690-2021-1-4-43-47 (In Russian)
6. Kardanov R.M. Factors of management of professional development of civil servants. *Bulletin of the Expert Council*. 2021. No. 2(25). Pp. 27–31. (In Russian)
7. Zinich L.V., Kuznetsova N.A. Management of the development of professional qualities of civil servants. *Creative economy*. 2021. No. 12. Pp. 4643–4653. DOI: 10.18334/ce.15.12.113958 (In Russian)
8. Potanina I.V., Bezbabnova O.S. The main directions of improving the professional development of civil servants in the Government of the Voronezh Region. *Region: systems, economics, management*. 2023. No. 4(63). Pp. 159–164. DOI: 10.22394/1997-4469-2023-63-4-159-164. (In Russian)
9. Titova O.V. The development of social conditions for the professional development of civil servants (on the example of the interdistrict Federal Tax Service of Russia No. 9. Kashira). *Bulletin of MFUA*. 2022. № 2. Pp. 154–163. (In Russian)

10. Zelentsova S.Yu., Khadasevich N.R. Ensuring consistency in the training and professional development of government civil servants in the constituent entities of the Russian Federation. *Region: systems, economics, management*. 2022. No. 1(56). Pp. 54–58. (In Russian)
11. Bushueva I.P., Doronina I.V., Fedotova E.A. Development and application of a model of personal competencies in the assessment of civil servants. *Personnel management and intellectual resources in Russia*. 2022. No. 3. Pp. 46–42. (In Russian)
12. Oborin M.S. Formation of digital management competencies of civil servants in the context of a new economic format. Scientific result. *Business and service technologies*. 2021. No. 2. Pp. 69–81. DOI:10/18413/2408-9346-2021-7-2-0-7 (In Russian)
13. Yemelyanova O.Ya., Shershen I.V., Kravets M.A. Organizational support for professional adaptation of government civil servants. *Region: systems, economics, management*. 2021. No. 4(55). Pp. 80–86. DOI: 0.22394/1997-4469-2021-55-4-80-86 (In Russian)
14. Averyanov A.A. Assessment of the professional effectiveness of a civil servant. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2023. No. 1-1(76). Pp. 154–156. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-1-1-154-156 (In Russian)
15. Zaitseva T.V. Qualification and competence-based approaches in the civil service: qualification as a basis, competence as a goal. *Public administration. Electronic bulletin*. 2024. No. 107. Pp. 206–222. DOI: 10.55959/MSU2070-1381-107-2024-206-222. (In Russian)

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторе

Джамалудинова Мадинат Юнускадиевна, канд. экон. наук, доцент кафедры государственного и муниципального управления, Дагестанский государственный университет;
367000, Россия, г. Махачкала, ул. Гаджиева 43а;
madina0880@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4582-454X>, SPIN-код: 3226-0138

Information about the author

Madinat Yu. Dzhamaludinova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Departments of State and Municipal Management, Dagestan State University;
367000, Russia, Makhachkala, 43a Gadzhiev street;
madina0880@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4582-454X>, SPIN-code: 3226-0138

УДК 332.14

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-124-135

EDN: LNNBMM

Моделирование экономической безопасности регионов России с использованием методов корреляции, РСА и кластеризации

И. А. Киселева^{1, 2}, А. М. Трамова^{✉1, 2}, Р. Р. Николаенко²

¹Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова
115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36

²Университет «Синергия»
129090, Россия, Москва, ул. Мещанская, 9/14, стр. 1

Аннотация. В условиях нарастающих экономических вызовов важной задачей становится оценка устойчивости регионов России. Целью настоящего исследования является моделирование уровня экономической безопасности на основе формализованного анализа ключевых социально-экономических показателей. Применены методы корреляционного анализа, нормализации, главных компонент РСА (Principal Component Analysis) и кластеризации KMeans. В результате проведена типологизация восьми регионов по уровню устойчивости, выявлены взаимосвязи между показателями бедности, безработицы, доходов и инвестиций. Работа имеет прикладной характер и может быть использована для разработки аналитических инструментов стратегического планирования и оценки региональных рисков.

Цель исследования – построение формализованной модели оценки уровня экономической безопасности регионов России. Для этого проводится структурный анализ взаимосвязанных индикаторов, характеризующих социально-экономическое положение территорий, с последующей типологизацией субъектов по степени устойчивости к внутренним и внешним вызовам.

Методы исследования. В методологической части применяются современные инструменты обработки многомерных данных: корреляционный анализ для выявления зависимостей между показателями, масштабирование данных и нормализация, метод главных компонент (РСА) для сокращения размерности признаков без потери информации, а также алгоритм кластеризации KMeans для группировки регионов по сходству структурных характеристик.

Результаты. На основе статистических данных за 2022 год выполнена классификация 8 регионов по уровню экономической стабильности и выявлены устойчивые взаимосвязи между показателями. В ходе исследования проведены отбор и обоснование индикаторов, отражающих состояние региональной устойчивости, построена корреляционная матрица для выявления взаимосвязей между показателями, сокращения размерности данных с использованием метода главных компонент (РСА), а также кластеризация субъектов Российской Федерации с целью типологизации по уровням экономической безопасности. Полученные результаты интерпретированы с учетом структуры данных для формирования выводов, отражающих устойчивость и специфику социально-экономического развития регионов.

Выводы. Результаты исследования обладают высокой прикладной значимостью и могут быть использованы при разработке региональной социально-экономической политики, формировании инструментов стратегического планирования и принятия управленческих решений в условиях макроэкономической нестабильности. Построенная кластерная модель позволяет учитывать структурные различия между регионами, а выявленные взаимосвязи между показателями – формировать более точные прогнозы устойчивости. Методологический подход, использованный в исследовании, может быть масштабирован на другие группы субъектов и адаптирован к различным временным периодам для мониторинга динамики устойчивости.

Ключевые слова: экономическая безопасность, регионы России, кластеризация, корреляционный анализ, метод главных компонент, социально-экономические показатели, моделирование, анализ данных, РСА

Поступила 04.06.2025, одобрена после рецензирования 04.07.2025, принята к публикации 09.07.2025

Для цитирования. Киселева И. А., Трамова А. М., Николаенко Р. Р. Моделирование экономической безопасности регионов России с использованием методов корреляции, РСА и кластеризации // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 124–135. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-124-135

Original article

Modeling economic security of Russian regions using correlation, PCA and clustering methods

I.A. Kiseleva^{1, 2}, A.M. Tramova^{✉1, 2}, R.R. Nikolaenko²

¹Plekhanov Russian University of Economics
115054, Russia, Moscow, 36 Stremyanny lane

²Synergy University
129090, Russia, Moscow, 9/14, building 1, Meshchanskaya street

Abstract. In the face of growing economic challenges, assessing the resilience of Russian regions is becoming increasingly important. The aim of this study is to model the level of economic security based on a formalized analysis of key socio-economic indicators. Methods used include correlation analysis, normalization, principal component analysis (PCA), and KMeans clustering. As a result, a typology of eight regions by resilience level was developed, revealing correlations among poverty, unemployment, income, and investment. The study has a practical focus and can support analytical tools for strategic planning and regional risk assessment.

Aim. The main goal of the study is to develop a formalized model for assessing the level of economic security of Russian regions. This involves the structural analysis of interconnected socio-economic indicators reflecting regional development and the subsequent classification of territories according to their stability and vulnerability levels.

Methods. The methodology combines several analytical techniques for multidimensional data processing. Pearson correlation analysis is used to explore interdependencies among variables, followed by normalization procedures and principal component analysis (PCA) to reduce data dimensionality while preserving key information. Finally, KMeans clustering is applied to classify regions into homogeneous groups based on structural similarities.

Results. Based on official statistical data for 2022, a classification of eight regions of the Russian Federation was carried out according to the level of economic stability, and stable interdependencies between socio-economic indicators were identified. The study included the selection and justification of indicators that reflect the state of regional resilience, the construction of a correlation matrix to explore relationships between variables, dimensionality reduction using principal component analysis (PCA), and clustering of the Russian regions using the KMeans algorithm to form a typology based on economic security levels. The results were interpreted with regard to the structure of the data, enabling conclusions about the resilience and development profiles of the analyzed regions.

Conclusions. The results of the study are of high practical significance and can be applied in the development of differentiated regional socio-economic policies, as well as in strategic planning and decision-making under macroeconomic uncertainty. The constructed clustering model accounts for structural differences across regions, while the identified relationships between indicators contribute to building more accurate forecasts of regional resilience. The methodological approach used in this

research can be scaled to larger groups of regions and adapted for different time frames to monitor changes in economic sustainability over time.

Keywords: economic security, Russian regions, clustering, correlation analysis, principal component analysis, socio-economic indicators, modeling, data analysis, PCA

Submitted 04.06.2025,

approved after reviewing 04.07.2025,

accepted for publication 09.07.2025

For citation. Kiseleva I.A., Tramova A.M., Nikolaenko R.R. Modeling economic security of Russian regions using correlation, PCA and clustering methods. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 124–135. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-124-135

ВВЕДЕНИЕ

Экономическая безопасность региона представляет собой его способность к устойчивому функционированию, эффективному использованию ресурсов и минимизации рисков социально-экономического характера [1]. В условиях современных вызовов, таких как санкционное давление, демографические дисбалансы и неравномерность развития регионов, вопросы мониторинга и оценки экономической устойчивости территорий приобретают особое значение [2].

Классические подходы к оценке региональной экономической безопасности нередко ограничиваются анализом отдельных макроэкономических индикаторов. Однако использование комплексных математических методов позволяет не только уточнить взаимосвязи между показателями, но и выявить скрытые закономерности, формирующие устойчивость регионов. В современных условиях возрастающей сложности управленческих решений особенно востребованы методы многомерного анализа данных, включая корреляционный анализ, нормализацию, метод главных компонент (РСА) и кластеризацию.

Настоящее исследование направлено на построение эмпирической модели, отражающей типологию регионов России по уровню их социально-экономической устойчивости. В качестве базы использованы официальные данные по ключевым показателям за 2022 год, охватывающим как крупнейшие мегаполисы, так и менее устойчивые регионы, различающиеся по инвестиционной активности, уровню доходов и социальной напряженности.

Целью настоящей работы является моделирование уровня экономической безопасности регионов России на основе формализованного анализа ключевых социально-экономических показателей. В ходе исследования проводится выбор и обоснование индикаторов, отражающих состояние региональной устойчивости, построение корреляционной матрицы для выявления взаимосвязей между показателями, сокращение размерности данных с использованием метода главных компонент (РСА), а также кластеризация субъектов Российской Федерации с целью типологизации по уровням экономической безопасности. Полученные результаты интерпретируются с учетом структуры данных для формирования выводов, отражающих устойчивость и специфику социально-экономического развития регионов.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании использован комплексный подход к анализу региональных различий на основе открытых статистических данных Федеральной службы государственной статистики за 2022 год. В качестве входных переменных выбраны шесть показателей: валовой

региональный продукт на душу населения, среднемесячная номинальная заработная плата, уровень бедности, уровень безработицы, объем инвестиций в основной капитал и численность населения [3].

На первом этапе выполнена нормализация данных с целью приведения различных по шкале измерения показателей к единому масштабу. Далее проведен корреляционный анализ для выявления линейных зависимостей между переменными. Для упрощения многомерной структуры данных использован метод главных компонент (РСА), позволивший выделить два ключевых фактора, отражающих основную долю дисперсии.

На основе этих компонент осуществлена кластеризация методом KMeans. Оптимальное количество кластеров определено методом «локтя». Визуализация результатов и анализ центров кластеров позволили провести интерпретацию устойчивости регионов и выделить типовые модели социально-экономического развития [4].

АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Для проведения анализа были использованы официальные статистические данные за 2022 год, опубликованные Росстатом. Все ключевые социально-экономические показатели, включая валовой региональный продукт на душу населения, уровень бедности, безработицы, среднемесячную заработную плату и инвестиции в основной капитал, отражают экономическое состояние регионов на протяжении данного года. Выбор одного календарного года обусловлен стремлением к унифицированности и сопоставимости данных, а также необходимостью исключения методологических несоответствий, возникающих при анализе данных за разные годы. Кроме того, 2022 год характеризуется как период значительных трансформаций в экономической и социальной политике, что делает его репрезентативным для анализа текущего состояния регионов в условиях изменений макроэкономической среды [5]. Социально-экономические характеристики рассматриваемых регионов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Социально-экономические показатели регионов России за 2022 год

Table 1. Socioeconomic indicators of Russian regions for 2022

Регион	ВРП на душу, Р	Зарплата, Р	Бедность, %	Безработица, %	Инвестиции, Р	Население
Москва	28 507 429	122 709	4,8	2,3	6 047 455	13 104 177
Санкт-Петербург	11 166 444	84 464	4,6	2	1 050 123	5 600 044
Тюменская область	13 964 549	94 496	10,3	2,7	3 099 100	3 851 234
Краснодарский край	3 319 026	48 222	9,2	3,6	753 059	5 819 345
Республика Татарстан	4 179 259	51 969	5	2,3	888 649	4 001 625
Новосибирская область	1 939 378	51 990	10,2	4,7	343 349	2 794 266
Республика Дагестан	913 292	32 986	12,7	12,1	302 275	3 209 781
Республика Тыва	107 784	51 320	25,9	9,5	22 782	337 271

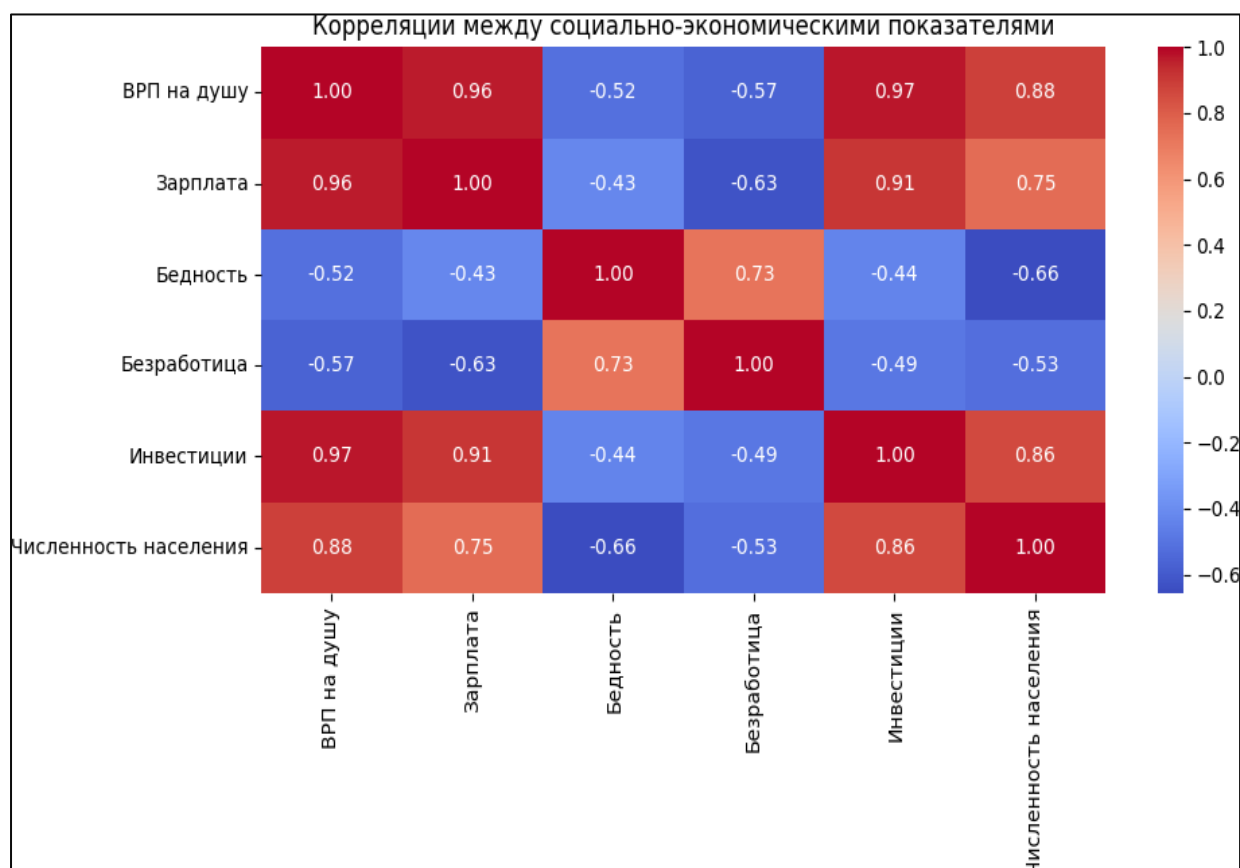
Источник: Федеральная служба государственной статистики (Росстат)

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Для выявления взаимосвязей между социально-экономическими показателями был проведен корреляционный анализ. Использовались коэффициенты корреляции Пирсона, отражающие степень и направление линейной зависимости между переменными. В таблице 2 представлены значения парных коэффициентов корреляции между ключевыми показателями по рассматриваемым регионам [11].

Таблица 2. Матрица корреляции между социально-экономическими показателями регионов

Table 2. Correlation matrix between socio-economic indicators of regions



Источник: рассчитано автором на основе данных Росстата

Высокая положительная корреляция наблюдается между валовым региональным продуктом на душу населения и средней заработной платой ($r = 0,96$), что указывает на взаимосвязь между экономической мощностью региона и уровнем доходов населения. Отрицательные значения коэффициентов между показателями бедности и ВРП/зарплатой ($r = -0,52$ и $-0,43$ соответственно) подтверждают обратную зависимость между уровнем бедности и благосостоянием региона. Значимая положительная корреляция между уровнем бедности и безработицей ($r = 0,73$) свидетельствует о социальном риске.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТ И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ РЕГИОНОВ

С целью выявления латентных закономерностей и повышения наглядности анализа был применен метод главных компонент (РСА), позволяющий свести многомерное пространство показателей к двум осям, сохраняющим максимальную долю исходной информации.

Это упрощает визуализацию и интерпретацию данных, при этом минимизируя потери значимых факторов [6].

На основе нормализованных данных, полученных после масштабирования шести социально-экономических показателей, были вычислены две главные компоненты, отражающие ключевые направления вариации в данных. Далее на этом основании была проведена кластеризация методом KMeans, позволившая разделить регионы на три группы (кластера) с близкими социально-экономическими характеристиками [7]. Полученные результаты визуализированы на рисунке 1, где представлены кластеры регионов по результатам метода главных компонент.

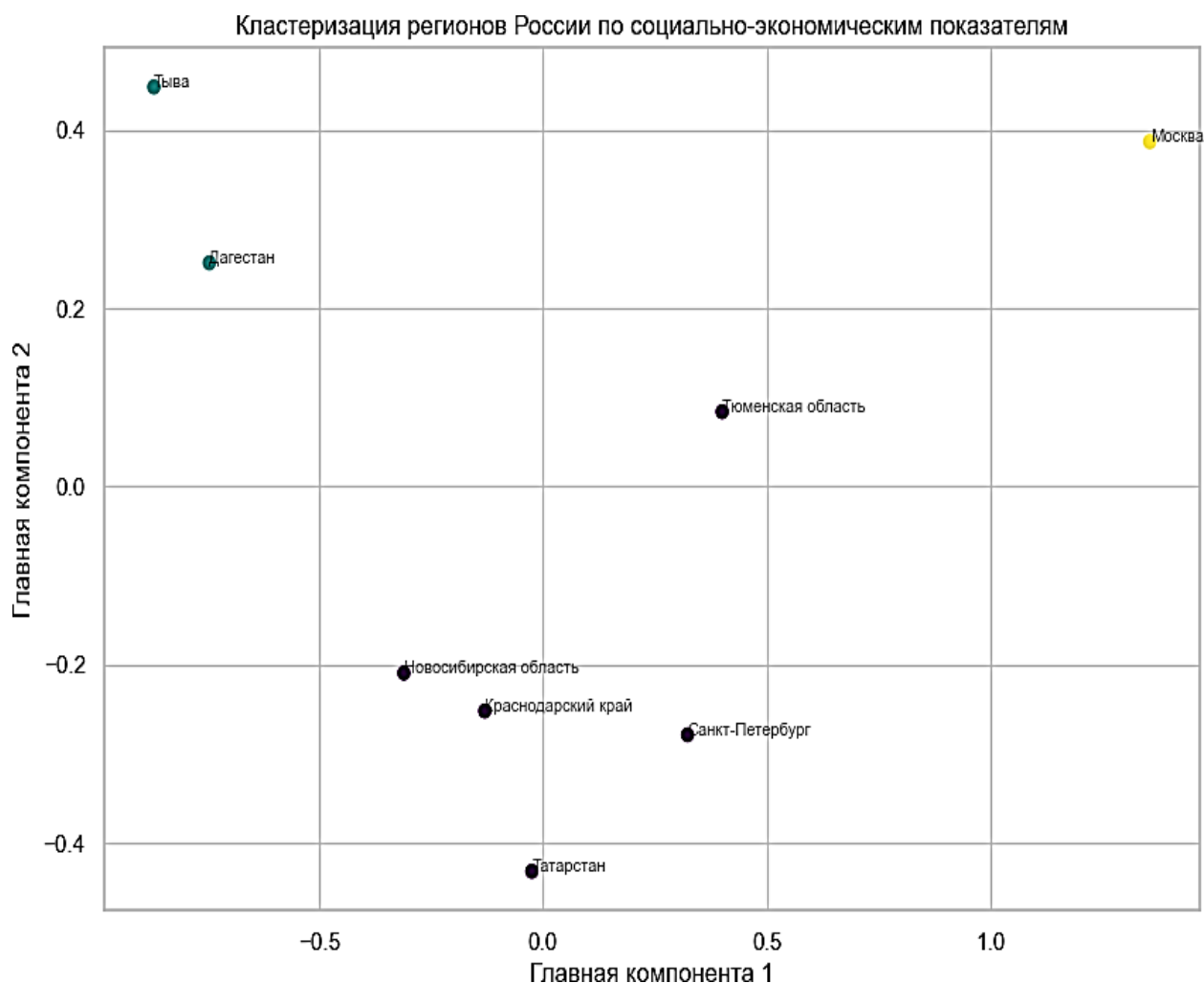


Рис. 1. Кластеризация регионов России по результатам PCA

Fig. 1. Clustering of Russian regions based on PCA results

Источник: построено автором на основе статистических данных и кластерного анализа

Полученная визуализация позволяет определить, какие регионы наиболее устойчивы, какие уязвимы, а также проследить, как соотносятся между собой показатели экономической активности, доходов, бедности и других факторов. Особенно примечателен выделяющийся кластер Москвы, характеризующийся высокой концентрацией ресурсов и цифровой зрелостью.

ВЫБОР КОЛИЧЕСТВА КЛАСТЕРОВ

Перед проведением кластеризации необходимо определить оптимальное количество кластеров. Для этой цели был применен метод «локтя», основанный на анализе внутрикластерной дисперсии (inertia) при увеличении числа кластеров. На графике (рис. 2) отчетливо видна точка излома при значении $k = 3$, что позволяет сделать вывод о наличии трех обоснованных кластеров среди рассматриваемых регионов.

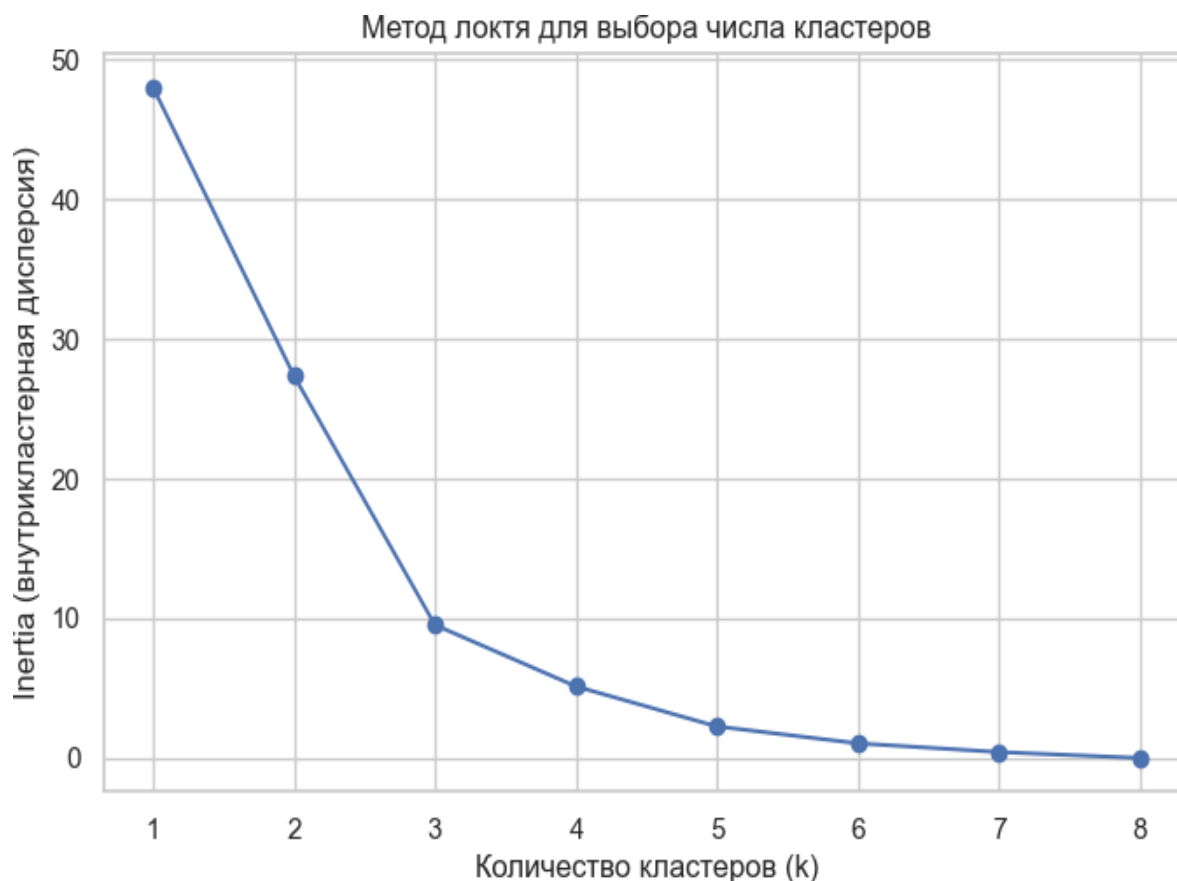


Рис. 2. Выбор оптимального количества кластеров методом «локтя»

Fig. 2. Selecting the optimal number of clusters using the “elbow” method

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ РЕГИОНОВ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Окончательная кластеризация регионов выполнена на основании алгоритма KMeans с числом кластеров $k = 3$. На рис. 3 показано распределение регионов по кластерам в пространстве главных компонент. Видно, что Москва выделяется в отдельный кластер, что объясняется ее высокими показателями по всем ключевым параметрам. Второй кластер образуют наименее устойчивые регионы с высокой бедностью и низкими инвестициями – Республика Тыва и Республика Дагестан. Остальные регионы формируют третий кластер, характеризующийся умеренными значениями показателей и относительной сбалансированностью.

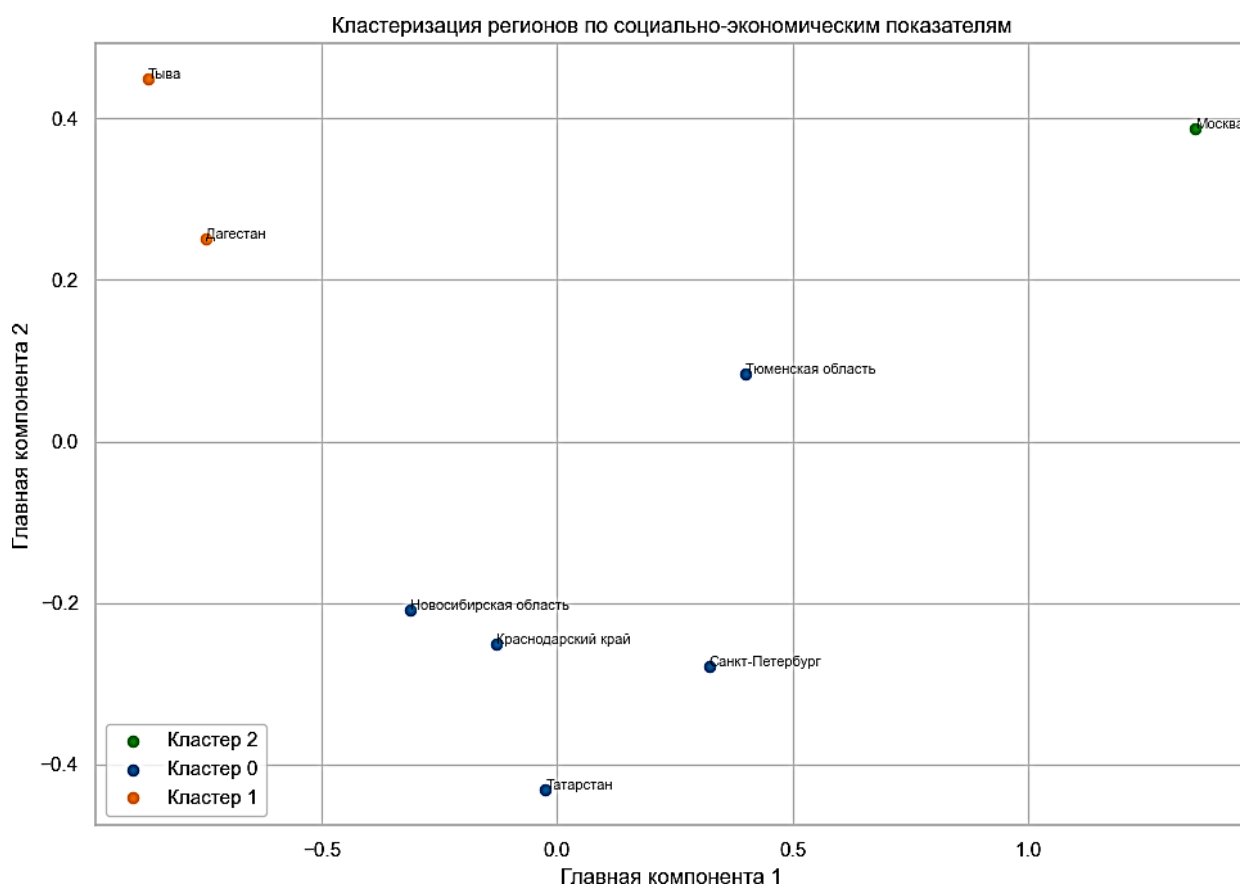


Рис. 3. Результаты кластеризации регионов России по социально-экономическим показателям

Fig. 3. Results of clustering of Russian regions by socio-economic indicators

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате проведенного анализа были систематизированы и интерпретированы ключевые социально-экономические характеристики восьми регионов Российской Федерации, отобранных с учетом разнообразия экономических моделей, уровня социально-экономического развития, географического положения и значимости в национальной экономике. Такой выбор позволил охватить как высокоразвитые мегаполисы (Москва, Санкт-Петербург), так и регионы со средней (Татарстан, Тюменская область) и низкой устойчивостью (Тыва, Дагестан), что обеспечивает репрезентативность выборки и дает возможность сформировать типологию регионов с различным уровнем экономической безопасности [8].

Применение комплекса математических методов, включающего нормализацию данных, корреляционный анализ, метод главных компонент (РСА) и кластеризацию KMeans, позволило не только провести классификацию регионов, но и выявить устойчивые взаимосвязи между социально-экономическими параметрами, а также сформировать обоснованные кластеры территорий с общими чертами и рисками. Полученные результаты обладают как прикладной, так и теоретической ценностью. Сформированная типология регионов может быть использована при формировании региональной политики, стратегического планирования и дифференцированного подхода к оценке уровня экономической безопасности [9].

Построенная кластерная модель позволяет учитывать специфику социально-экономической устойчивости регионов при разработке региональных стратегий развития, комплекс

использованных методов может быть масштабирован на более широкую выборку субъектов РФ и адаптирован для мониторинга динамики устойчивости в ретроспективе, выявленные зависимости между показателями могут служить эмпирической основой для построения прогностических моделей и оценки рисков [10].

Таким образом, представленные результаты являются промежуточным этапом в построении комплексной системы оценки экономической безопасности регионов России, а также создают базу для более глубоких исследований, направленных на выявление факторов устойчивости и уязвимости социально-экономических систем на уровне субъектов РФ [12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Топол Г. Г.* Внедрение технологий искусственного интеллекта в экономической безопасности Белгородского региона // *Пространственное развитие территорий: сборник научных трудов VII Международной научно-практической конференции*, Белгород, 28 ноября 2024 года. Белгород: БелГУ, 2025. С. 118–122. EDN: CDIXRC
2. *Мамбетова Ф. А., Факов А. М.* Оценка обеспечения экономической безопасности региона в условиях глобализации: проблемы и перспективы // *Проблемы экономики и юридической практики*. 2019. Т. 15. № 5. С. 60–62. EDN: VQEECG
3. *Лобанов А. В.* Методические аспекты оценки экономической безопасности региона // *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*. 2023. № 3(75). Article ID: 18. EDN: MPNQYK
4. *Новопашина А. А., Винокуров Д. А.* Система искусственного интеллекта в контексте обеспечения экономической безопасности региона // *Актуальные проблемы регионального социально-экономического развития: сборник тезисов VI республиканской научно-практической конференции*, Алчевск, 23 мая 2024 года. Алчевск: Донбасский государственный технический университет, 2024. С. 338–340. EDN: IFYMKQ
5. *Кузнецов В. П., Летягина Е. Н., Перова В. И.* Искусственный интеллект в анализе человеческого капитала как основы экономической безопасности регионов Российской Федерации // *На страже экономики*. 2023. № 3(26). С. 37–47. DOI: 10.36511/2588-0071-2023-3-37-47. EDN: MLSTZM
6. *Писарев И. В.* Теоретические и методологические основы исследования влияния цифровой трансформации экономики и технологий искусственного интеллекта на экономическую безопасность региона // *Перспектив свободный – 2022: материалы XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Электронный ресурс*, Красноярск, 25–30 апреля 2022 года. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. С. 2883–2887. EDN: IWCXPB
7. *Бакуменко М. А., Титаренко Д. В.* Имиджевые аспекты экономической и информационной безопасности организации и региона // *Стратегическое управление развитием информационной безопасности социально-экономических систем на основе умных технологий: монография*. Симферополь: Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, 2022. С. 341–385. EDN: DTLYJJ
8. *Суходоев Д. В.* Особенности использования интеллектуального капитала в государственных учреждениях стран ЕАЭС для повышения экономической безопасности // *Актуальные проблемы развития ЕАЭС в условиях современных глобальных изменений: материалы Всероссийской научно-практической конференции*, Иркутск, 21 декабря 2023 года. Иркутск: Байкальский государственный университет, 2024. С. 145–149. EDN: HCLQPP

9. Лetyagina E. N., Орлова Е. А., Перова В. И. Искусственный интеллект в анализе управления инновационным социально-экономическим развитием регионов России // Актуальные проблемы управления: сборник научных статей по итогам X юбилейной Всероссийской научно-практической конференции, Нижний Новгород, 24 октября 2023 года. Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, 2024. С. 626–630. EDN: KDSWNJ

10. Ryazanova O. V., Timin A. A. Assessment of socio-economic security of the region in terms of demographic indicators // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 389. Article ID 09043. DOI: 10.1051/e3sconf/202338909043

11. Карманов М. В., Киселева И. А., Кузнецов В. И., Трамова А. М. Актуальные проблемы измерения миграционной безопасности // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 5(115). С. 116–124. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-5-115-116-124

12. Мамбетова Ф. А., Ненеева Л. А., Бароков А. А. Перспективные направления развития региона // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 4(102). С. 62–72. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-4-102-62-72

REFERENCES

1. Topol G.G. Implementation of artificial intelligence technologies in the economic security of the Belgorod region. In: *Spatial Development of Territories: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference, Belgorod, November 28, 2024* (Pp. 118–122). Belgorod: Belgorod State National Research University. EDN: CDIXRC. (In Russian)

2. Mambetova F.A., Fakov A.M. Ensuring regional economic security under globalization: issues and prospects. *Economic Problems and Legal Practice*. 2019. Vol. 15. No. 5. Pp. 60–62. EDN: VQEECG. (In Russian)

3. Lobanov A.V. Methodological aspects of assessing the economic security of a region. *Regional Economy and Management: Electronic Scientific Journal*. 2023. No. 3(75). Article ID: 18. EDN: MPNQYK. (In Russian)

4. Novopashina A.A., Vinokurov D.A. Artificial intelligence system in the context of ensuring regional economic security. In: *Topical Issues of Regional Socio-Economic Development: Abstracts of the VI Republican Scientific and Practical Conference, Alchevsk, May 23, 2024*. Pp. 338–340. Alchevsk: Donbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet. EDN: IFYMKQ. (In Russian)

5. Kuznetsov V.P., Letyagina E.N., Perova V.I. Artificial intelligence in the analysis of human capital as a basis for economic security of the regions of the Russian Federation. *The Economy under Guard*. No. 3(26). Pp. 37–47. DOI: 10.36511/2588-0071-2023-3-37-47. EDN: MLSTZM. (In Russian)

6. Pisarev I.V. Theoretical and methodological foundations for studying the impact of digital transformation of the economy and artificial intelligence technologies on the economic security of the region. In *Prospekt Svobodny – 2022: Proceedings of the XVIII International Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, Krasnoyarsk, April 25–30, 2022*. Pp. 2883–2887. Krasnoyarsk: Sibirskiy federal'nyy universitet [Electronic resource]. EDN: IWCXPB. (In Russian)

7. Bakumenko M.A., Titarenko D.V. Image aspects of economic and information security of an organization and a region. In *Strategic Management of the Development of Information Security in Socio-Economic Systems Based on Smart Technologies*: Monograph. Pp. 341–385. Simferopol: Krymskiy federal'nyy universitet im. V. I. Vernadskogo, EDN: DTLYJJ. (In Russian)

8. Sukhodoev D.V. Specifics of the use of intellectual capital in public institutions of the EAEU countries to enhance economic security. *In current issues in the development of the EAEU under modern global changes: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Irkutsk, December 21, 2023*. Pp. 145–149. Irkutsk: Baykal'skiy gosudarstvennyy universitet. EDN: HCLQPP. (In Russian)
9. Letyagina E.N., Orlova E.A., Perova V.I. Artificial intelligence in the analysis of managing the innovative socio-economic development of Russian regions. *In Topical Issues of Management: Collection of Scientific Articles Based on the Results of the 10th Anniversary All-Russian Scientific and Practical Conference, Nizhny Novgorod, October 24, 2023*. Pp. 626–630. Nizhny Novgorod: Nizhegorodskiy gosudarstvennyy universitet im. N. I. Lobachevskogo. EDN: KDSWNJ. (In Russian)
10. Ryazanova O.V., Timin A.A. Assessment of socio-economic security of the region in terms of demographic indicators. *E3S Web of Conferences*. 2023. Vol. 389. Article ID 09043. DOI: 10.1051/e3sconf/202338909043
11. Karmanov M.V., Kiseleva I.A., Kuznetsov V.I., Tramova A.M. Topical issues of measuring migration security. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2023. No. 5(115). Pp. 116–124. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-5-115-116-124. (In Russian)
12. Mambetova F.A., Nepeeva L.A., Barokov A.A. Prospective directions of regional development. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2021. No. 4(102). Pp. 62–72. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-4-102-62-72. (In Russian)

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

Киселева Ирина Анатольевна, д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры математических методов в экономике, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова;

115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

профессор кафедры прикладной математики, Университет «Синергия»;

129090, Россия, Москва, ул. Мещанская, 9/14, стр. 1;

Kia1962@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8862-2610>, SPIN-код: 4980-7263

Трамова Азиза Мухамадияевна, д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры информатики, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова;

115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

профессор кафедры прикладной математики, Университет «Синергия»;

129090, Россия, Москва, ул. Мещанская, 9/14, стр. 1;

Tramova.am@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4089-6580>, SPIN-код: 8583-3592

Николаенко Роман Романович, аспирант, Университет «Синергия»;

129090, Россия, Москва, ул. Мещанская, 9/14, стр. 1;

Romeoaverin@gmail.com, SPIN-код: 7889-8920

Information about the authors

Irina A. Kiseleva, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Mathematical Methods in Economics, Plekhanov Russian University of Economics;

115054, Russia, Moscow, 36 Stremyanny lane;

Professor of the Department of Applied Mathematics, Synergy University;

129090, Russia, Moscow, 9/14, building 1, Meshchanskaya street;

Kia1962@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8862-2610>, SPIN-code: 4980-7263

Aziza M. Tramova, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Informatics, Plekhanov Russian University of Economics;

115054, Russia, Moscow, 36 Stremyanny lane;

Professor of the Department of Applied Mathematics, Synergy University;

129090, Russia, Moscow, 9/14, building 1, Meshchanskaya street;

Tramova.am@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4089-6580>, SPIN-code: 8583-3592

Roman R. Nikolaenko, Postgraduate Student, Synergy University;

129090, Russia, Moscow, 9/14, building 1, Meshchanskaya street;

Romeoaverin@gmail.com, SPIN-code: 7889-8920

УДК 332.14

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-136-144

EDN: MYWBJG

Научная статья

Механизм снижения технологического разрыва университетом в структуре инвестиционной политики

Р. Р. Салгириев, Б. Б. Сатуев[✉]

Грозненский государственный нефтяной технический университет
имени академика М. Д. Миллионщикова
364051, Россия, г. Грозный, пр-т имени Х. А. Исаева, 100

Аннотация. Внешние вызовы в национальной экономике и переход системы высшего образования к усиленной подготовке будущих инженеров затрагивают несколько важных направлений – структуру инновационного развития вузов и инвестиционную политику, направленную на поддержку инноваций в сфере образования. Актуальность сохранения инновационного потенциала особенно заметна в региональных университетах, ресурсы технологического развития которых могут отличаться.

Цель исследования – изучить проблему технологического разрыва в структуре регионального высшего образования и современные направления научных поисков при ее решении.

Методы исследования. В процессе исследования были применены методы дедукции, постановки проблем и синтеза.

Результаты. На примере государственных вузов Чеченской Республики наглядно показано, что на территории региона могут функционировать университеты с разными потребностями в инновационном развитии. Для инвестиционной политики на уровне региона подобная ситуация означает необходимость разработки универсального решения во избежание технологического разрыва, так как именно указанная проблема во многом характеризует экономическую самостоятельность вуза в условиях неизбежного взаимодействия с технологиями. В статье приведена структура компонентов единого механизма снижения технологического разрыва университета в структуре инвестиционной политики.

Выводы. Применение структуры региональным университетом позволит в рамках инвестиционной политики установить более тесную связь между запросом региональной экономики на квалифицированные кадры, образовательными возможностями вуза в соответствии с профилем обучения, а также инновациями.

Ключевые слова: технологическое развитие, университет, высшее образование, инновация, образовательная программа, региональная экономика, квалифицированные кадры, экосистема, технологический разрыв, механизм

Поступила 18.06.2025, одобрена после рецензирования 20.07.2025, принята к публикации 24.07.2025

Для цитирования. Салгириев Р. Р., Сатуев Б. Б. Механизм снижения технологического разрыва университетом в структуре инвестиционной политики // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 136–144. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-136-144

Mechanism of reducing technological gap by university in investment policy structure

R.R. Salgiriev, B.B. Satuev✉

Grozny State Petroleum Technical University
named after academician M.D. Millionshchikov
364051, Russia, Grozny, 100 Kh.A. Isaev avenue

Abstract. External challenges in the national economy and the transition of the higher education system to intensive training of future engineers affect several important areas – the structure of innovative development of universities and investment policy aimed at supporting innovation in the field of education. The relevance of preserving innovative potential is especially noticeable in regional universities, whose technological development resources may differ.

Aim. To study is to examine the problem of the technological gap in the structure of regional higher education and modern directions of scientific research in solving it.

Research methods. The research used methods of deduction, problem setting, deduction and synthesis.

Results. The example of state universities of the Chechen Republic clearly shows that universities with different needs for innovative development can operate in the region. For investment policy at the regional level, such a situation means the need to develop a universal solution to avoid a technological gap, since this problem largely characterizes the economic independence of the universities in the context of their inevitable interaction with technology. The article presents the structure of the components of a single mechanism for reducing the technological gap in the universities' investment policy.

Conclusions. The use of the structure by a regional university will allow, within the framework of investment policy, to establish a closer connection between the regional economy's demand for qualified personnel, the educational opportunities of the university in accordance with the profile of study, and innovations.

Keywords: technological development, university, higher education, innovation, educational program, regional economy, qualified personnel, ecosystem, technological gap, mechanism

Submitted 18.06.2025,

approved after reviewing 20.07.2025,

accepted for publication 24.07.2025

For citation. Salgiriev R.R., Satuev B.B. Mechanism of reducing technological gap by university in investment policy structure. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 136–144. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-136-144

ВВЕДЕНИЕ

Инвестиционная политика в сфере высшего образования на региональном уровне в настоящее время претерпевает изменения, которые вызваны двумя факторами – внешними вызовами в национальной экономике и приоритезацией инженерного направления обучения. Существует вероятность, что с 2026 года во многих региональных университетах будет существенно скорректировано число бюджетных и платных мест по многим специальностям. Обозначенная тенденция неизбежно затронет университеты Чеченской Республики, приоритетной задачей которых в настоящее время является обеспечение экономической самостоятельности в условиях инновационного развития.

На территории региона функционируют три государственных вуза, каждый из которых осуществляет индивидуальную политику внедрения технологий при обеспечении качества обучения будущих специалистов. Инвестиционная политика исходя из источников финансирования в рассматриваемых вузах реализуется неоднородно по причине различий

направлений подготовки специалистов. В частности, ФГБОУ ВО ЧГУ им. А. А. Кадырова использует инвестиционные средства для закупки оборудования и программного обеспечения с целью разработки технологических решений преподавателями, студентами и аспирантами для индустриальных партнеров образовательной организации. Инвестиционная политика ФГБОУ ВО ГГНТУ им. академика М. Д. Миллионщикова тесно взаимосвязана с актуальностью инновационной инфраструктуры, так как университет реализует инженерные и исследовательские проекты в сфере энергетики, экологической безопасности и бережливого строительства. Третий вуз – ФГБОУ ВО ЧГПУ – проводит инвестиционную политику с учетом первичности инновационных педагогических разработок. Таким образом, в системе высшего образования Чеченской Республики прослеживается вероятность риска возникновения проблемы технологического разрыва, так как инновации присутствуют в инвестиционной политике всех указанных образовательных организаций.

Цель исследования заключается в разработке механизма снижения технологического разрыва университетом в структуре инвестиционной политики. Задачи исследования предусматривают изучение характерных особенностей технологического разрыва на современном этапе, выявление степени влияния обозначенных особенностей на сферу высшего образования, а также обнаружение составных элементов предупреждения появления технологического разрыва в региональных вузах. При изучении проблемы технологического разрыва в системе высшего образования исследуемого региона применены методы индукции, сравнения, обобщения и моделирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проблема возникновения технологического разрыва рассматривается в контексте общих экономических отношений, так как ускоренное развитие инноваций во всех сферах жизнедеятельности человека определяет важность своевременной модернизации применяемых решений на практике. Научные поиски в сфере технологического разрыва меняют вектор в соответствии с траекторией развития экономических процессов.

На современном этапе технологический разрыв как проблема анализируется в контексте цифровой зрелости бизнеса, что относит исследуемое направление к категории системных деструктивных явлений в отраслевой экономике [1]. Признаки системности вопроса технологического разрыва выявляются при распространении технологий, оказывающих влияние на стадии экономического развития различных субъектов [2]. Одновременно с разработкой решения по ускорению распространения технологий в научном сообществе на современном этапе поиски осуществляются при обеспечении конкурентоспособности стран на фоне внедрения технологий в текущую деятельность дифференциальных организаций [3]. Следующее направление научных поисков связано с необходимостью обеспечения технологического суверенитета изначально субъектами отраслевой экономики [4].

Обобщая ключевые направления существующих исследований в сфере технологического разрыва, следует отметить, что скорость распространения технологий вне зависимости от ракурса научного поиска остается основным приоритетом. Предметная сущность разработки технологий решения экономических задач не является проблемой ввиду возможности создания разнообразных ИТ-решений. В настоящее время экономика государства и отдельной территории обладает ресурсностью благодаря внедрению уникальных технологий в силу наличия широкого выбора идентичных решений при стабилизации отдельных экономических процессов. Обозначенный аспект прослеживается

в сфере высшего образования, для которого возможно создание плеяды ИТ-решений в соответствии с профилем обучения и ожиданиями региональной экономики от подготовки квалифицированных кадров.

Инвестиционная политика в сфере высшего образования на примере Чеченской Республики базируется на таких источниках финансирования, как государственные программы, государственный заказ, финансовая поддержка промышленных партнеров и внебюджетные средства университета. По направлению государственной поддержки модернизация инфраструктуры системы высшего образования на региональном уровне осуществляется по централизованному принципу, что может свидетельствовать об однократном характере положительного влияния на некоторые инновационные направления в среднесрочной и долгосрочной перспективе. При финансовой поддержке промышленных партнеров экономическая самостоятельность вуза зачастую обеспечена лишь в период реализации совместных инновационных проектов, что исключает возможность стабилизации инновационного развития как источника финансовой устойчивости университета в прогнозируемый период времени. При обеспечении инновационного развития за счет внебюджетных средств образовательной организации проблема технологического разрыва актуализируется ввиду сложности прогнозирования доходной части университета от оказания платных образовательных и исследовательских услуг.

В научной среде указанные факторы риска при прогрессировании технологического разрыва в экономике сферы высшего образования исследуются фундаментально с учетом многих других сопутствующих факторов деструктивной направленности. Существует гипотеза о том, что технологическому разрыву в инновационном развитии университета способствует специфика образовательных программ, которые не соответствуют запросам национального и регионального рынка труда [5].

Во многих вузах, в том числе региональных, практикуется популяризация образовательных программ в соответствии с потребительским спросом, который не всегда коррелируется с системностью технологического развития образовательной организации [6]. При этом бизнес-сообщество на фоне шестой технологической волны в настоящее время заинтересовано в воспроизводстве человеческого капитала. Для вузов ожидания бизнес-сообщества означают необходимость пересмотра в организации пространства новых знаний и внедряемых инноваций [7].

Положительные тенденции в инновационном развитии региональных вузов все же присутствуют, и они заметны благодаря национальной стратегии создания университетских экосистем. В сущности, указанный вид инновационной инфраструктуры представляет собой образовательную модель отрасли национальной экономики. В региональных вузах экосистемы адаптированы под запросы соответственно региональной экономики. В данном случае технологическое развитие осуществляется в соответствии с потребностями экосистемы, а значит, подготовка будущих специалистов приближена к ожиданиям бизнес-сообщества и экономики государства [8].

При этом внедряемые технологии в систему высшего образования, в том числе на региональном уровне, как продукты подчиняются этапам жизненного цикла [9]. Неоднородность прохождения жизненного цикла используемых университетом технологий создает сложность своевременной замены на другие актуальные технологии и планирование финансового обеспечения при снижении образуемого технологического разрыва. Предпосылками к решению проблемы технологического разрыва в некоторых исследованиях являются заданные образовательной организацией критерии технологического суверенитета, подразумевающие пороговые числовые значения по экономическим показателям, которые

образуют взаимосвязь между использованием технологий и накоплением внебюджетных средств в структуре доходности университета [10]. Кроме того, обозначенные числовые значения могут быть адаптированы в соответствии с индикаторами экономической самостоятельности вуза как организации [11].

Обобщая научные взгляды в сфере технологического разрыва, применительно к региональным вузам возможно систематизировать подходы к инвестиционной политике при усилении инновационного потенциала сферы высшего образования. Ввиду того, что вузы Чеченской Республики проводят дифференциальную инновационную политику и реализуют самостоятельные мероприятия инновационной направленности, целесообразно разработать механизм универсального значения в структуре региональной экономики. Данный механизм позволит разработать единые подходы к контролю за технологическим развитием университетов Чеченской Республики с учетом профиля обучения и приоритетов образовательных организаций как экосистем. На рисунке представлены компоненты механизма снижения технологического разрыва на примере дифференциальной инвестиционной политики и инновационного развития вузов Чеченской Республики.

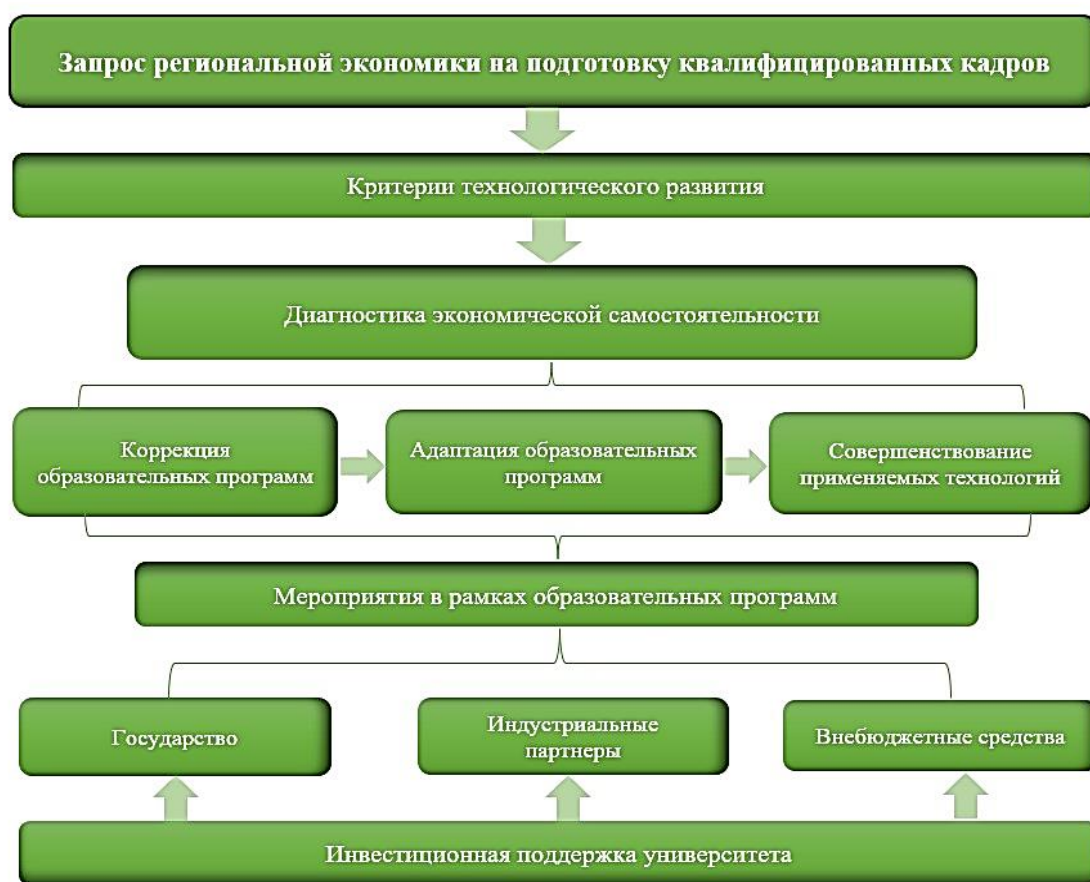


Рис. Компоненты единого механизма снижения технологического разрыва университета в структуре инвестиционной политики

Fig. Components of a unified mechanism for reducing the technological gap of a university's investment policy

Представленные компоненты образуют единый механизм, непрерывность функционирования которого обеспечивается меняющимся запросом со стороны региональной экономики на квалифицированные кадры. Экономика региона представляет собой постоянный

процесс, оказывающий влияние на приоритетность тех или иных отраслей. Региональный вуз вне зависимости от профиля обучения, как наблюдается на примере университетов Чеченской Республики, реагирует на запрос и в соответствии с заданными критериями экономической самостоятельности осуществляет диагностику образовательных программ на предмет актуальности применяемых инновационных решений.

Экономический смысл диагностики состоит в том, что образовательные программы корректируются, развиваются и совершенствуются одновременно с учетом финансовых возможностей вуза, а также образования новых ресурсов финансовой устойчивости за счет внедрения и адаптации технологий. Приведение образовательных программ в соответствие с ожиданиями региональной экономики позволяет структурировать в технологическом смысле образовательные мероприятия. Упорядоченный подход фрагментирует актуальные потребности университета в финансовой поддержке инновационной инфраструктуры.

Подобная осведомленность позволяет также упорядочить степень финансового вклада участников образовательных отношений – государство, промышленных партнеров и университета. Необходимость в реализации единого механизма представленных компонентов подтверждается неоднородностью инвестиционной политики, так как применительно к Чеченской Республике каждый университет использует собственные прогностические подходы в структуре инновационного развития и стремится таким образом положительно повлиять на финансовую устойчивость. Упорядоченный подход, как указано на рисунке, способствует акцентированию внимания в пользу критериев и диагностики потребностей вуза в инновационном развитии и актуальных ожиданий региональной экономики. Таким образом, создаются предпосылки к своевременному реагированию на вероятность возникновения проблемы технологического разрыва. Отличительной особенностью рассматриваемого единого механизма выступает иной ракурс восприятия признаков технологического разрыва.

Каждый региональный вуз внедряет инновации на основе собственных потребностей, а не общих тенденций на рынке образовательных услуг. Подобные приоритеты позволяют дольше использовать эффективные технологии несмотря на имеющиеся обновленные версии идентичных решений. При необходимости вуз принимает управленческое решение по замене одних технологий на другие в случае, если такой подход отвечает экономической целесообразности университета, в том числе путем внедрения нестандартных для образовательной отрасли технологий. Критерии технологического развития предполагают разработку на региональном уровне для всех университетов единого стандарта, отвечающего требованиям технологического суверенитета и экономической безопасности региона. При этом каждый университет адаптирует в своем уставе положения, относящиеся к технологическому развитию, направленные на совершенствование организационной системы критериев с учетом профиля обучения. Критерии университета формируются идентично единому стандарту и содержат в себе ориентиры экономической устойчивости образовательной организации в условиях цифровой экономики.

На основе критериев на уровне региона и университета разрабатывается регламент вуза по экономической самостоятельности, в структуру которого входят ключевые финансовые показатели оценки технологического развития на фоне доходности. Кроме того, в структуру регламента должны быть включены индикаторы числовых показателей, соответствие которым демонстрирует актуальность применяемых технологий на основе их экономической эффективности. Указанные компоненты призваны снизить деструктивное влияние технологического разрыва и переориентировать инновационное развитие университетов в русло обеспечения финансовой устойчивости в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Регламент экономической самостоятельности вуза, помимо ключевых финансовых показателей и индикаторов технологического развития, должен также содержать методы расчета эффективности реализуемых образовательных программ по каждому направлению подготовки будущих специалистов. Данная оценочная деятельность необходима при формировании сметы расходов на инновационное развитие за счет инвестиционных средств. Непрерывность механизма обеспечит функционирование экосистемы как источника неотъемлемых условий, способствующих технологической целостности вуза и его экономической самостоятельности.

Выводы

Ориентация на скорость технологических перемен в сфере высшего образования всегда будет создавать предпосылки к технологическому разрыву и создавать дополнительные финансовые риски для университета. Различия в профилях подготовки, инновационном и инвестиционном развитии вузов Чеченской Республики показывают, что решить проблему технологического разрыва возможно лишь в условиях принятия единого или универсального решения. Ввиду того, что деятельность региональных вузов сопряжена с потребностями экономики региона, единое решение должно учитывать приоритетность экономики соответствующей территории.

Объединение профилей подготовки будущих специалистов университетов Чеченской Республики и изучение теоретической базы способствовали выявлению компонентов единого механизма, ключевую роль среди которых выполняют критерии технологического развития и диагностика экономической самостоятельности вуза. Последующие компоненты, включая роль участников процесса инвестирования в системе образовательных отношений, адаптируются на фоне меняющихся потребностей региональной экономики в соответствии с заданными критериями и установленной диагностикой. Решение проблемы технологического разрыва за счет предложенного механизма состоит в смещении ориентиров инновационного развития вуза с актуальности применяемой версии ИТ-решений в пользу их экономической целесообразности для регионального университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прохорова И. С., Гуреев П. М. Цифровая зрелость бизнеса: технологический разрыв и ограничения цифровой трансформации // Вестник ГУУ. 2023. № 4. С. 49–56. DOI: 10.31897/PMI.2022.107
2. Прохорова И. С., Елхова А. В. Проблемы управления цифровой зрелостью бизнеса в условиях технологического разрыва // Вестник ГУУ. 2023. № 9. С. 75–82. DOI: 10.26425/1816-4277-2023-9-75-82
3. Вашко И. М. Глобальные тенденции технологического развития и их влияние на страны ЕАЭС // Россия: тенденции и перспективы развития. 2022. № 17–2. С. 36–41.
4. Жданев О. В. Обеспечение технологического суверенитета отраслей ТЭК Российской Федерации // Записки Горного института. 2022. № 258. С. 1061–1078. DOI: 10.31897/PMI.2022.107
5. Маслюкова Е. В., Маскаев А. И., Покусаенко М. А. Государственная политика в сфере образования и молодежный прекариат // Journal of Institutional Studies. 2021. № 4. С. 140–152. DOI: 10.17835/2076-6297.2021.13.4.140-152
6. Мамуркова Е. Р., Кейлиц П. М., Литвинова Н. А., Гаврилюк Е. С. Анализ трендов и потребностей современного рынка труда для на примере ИТ-отрасли: пути преодоления карьерного разрыва // Beneficium. 2024. № 2(51). С. 111–120. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2024.2(51).111-120

7. Агарков С. А. Воспроизводство человеческого капитала для новой экономики Арктики: вызовы и решения (на примере Мурманской области) // Непрерывное образование: XXI век. 2023. № 4(44). С. 84–107. DOI:10.15393/j5.art.2023.8864

8. Ростовец К. В., Хохолуш М. С., Тарасюк И. В. Оценка потенциала развития экосистемной модели отраслей российской экономики // Научные труды Вольного экономического общества России. 2024. № 3. С. 311–328. DOI: 10.38197/2072-2060-2024-247-3-311-328

9. Конобеева А. Б., Есаков В. А., Маркова О. В. Технологический уклад в жизненном цикле экономики // Вестник МФЮА. 2022. № 1. С. 7–21. DOI: 10.52210/2224669X_2022_1_7

10. Atif Y., Chou Ch. Digital citizenship: innovations in education, practice, and pedagogy. *Journal of Educational Technology & Society*. Vol. 21. No. 1. 2018. Pp. 152–154.

11. Yulek M.A. Public Education and the university. *Towards Third Generation Learning and Teaching: Contours of the New Learning*, Anthem Press, 2023. Pp. 195–208. DOI: 10.2307/j.ctv307fgt5

REFERENCES

1. Prokhorova I.S., Gureev P.M. Digital business maturity: technological gap and limitations of digital transformation. *Bulletin of GUU*. 2023. No. 4. Pp. 49–56. DOI: 10.31897/PMI.2022.107. (In Russian)

2. Prokhorova I.S., Elkhova A.V. Problems of managing digital business maturity in the context of technological gap. *Bulletin of GUU*. 2023. No. 9. Pp. 75–82. DOI: 10.26425/1816-4277-2023-9-75-82. (In Russian)

3. Vashko I.M. Global trends in technological development and their impact on the EAEU countries. *Russia: trends and development prospects*. 2022. No. 17–2. С. 36–41. (In Russian)

4. Zhdaneev O.V. Ensuring the technological sovereignty of the fuel and energy complex sectors of the Russian Federation. *Notes of the Mining Institute*. 2022. No. 258. Pp. 1061–1078. DOI: 10.31897/PMI.2022.107. (In Russian)

5. Maslyukova E.V., Maskaev A.I., Pokusaenko M.A. State policy in education and the youth precariat. *Journal of Institutional Studies*. 2021. No. 4. Pp. 140–152. DOI: 10.17835/2076-6297.2021.13.4.140-152. (In Russian)

6. Mamurkova E.R., Keilits P.M., Litvinova N.A., Gavriluk E.S. Analysis of trends and needs of the modern labor market for the example of the IT industry: ways to overcome the career gap. *Beneficium*. 2024. No. 2(51). Pp. 111–120. DOI:10.34680/BENEFICIUM.2024.2(51).111-120. (In Russian)

7. Agarkov S.A. Reproduction of human capital for the new economy of the Arctic: challenges and solutions (on the example of the Murmansk region). *Continuing education: XXI century*. 2023. No. 4(44). Pp. 84–107. DOI:10.15393/j5.art.2023.8864. (In Russian)

8. Rostovtsev K.V., Khokholush M.S., Tarasyuk I.V. Assessment of the development potential of the ecosystem model of the branches of the Russian economy. *Scientific papers of the Free Economic Society of Russia*. 2024. No. 3. Pp. 311–328. DOI: 10.38197/2072-2060-2024-247-3-311-328. (In Russian)

9. Konobeeva A.B., Esakov V.A., Markova O.V. Technological structure in the life cycle of the economy. *Bulletin of the MFUA*. 2022. No. 1. Pp. 7–21. DOI: 10.52210/2224669X_2022_1_7. (In Russian)

10. Atif Y., Chou Ch. Digital Citizenship: Innovations in Education, Practice, and Pedagogy. *Journal of Educational Technology & Society*. 2018. Vol. 21. No. 1. Pp. 152–154.

11. Yulek M.A. Public Education and the University. *Towards Third Generation Learning and Teaching: Contours of the New Learning*, Anthem Press, 2023. Pp. 195–208. DOI: 10.2307/j.ctv307fgt5

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FZNU-2023-0004 Исследование проблем устойчивого развития Северо-Кавказского макрорегиона в условиях глобальных и национальных вызовов).

Funding. The work was carried out within the framework of the state assignment Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic no. FZNU-2023-0004 Study of the problems of sustainable development of the North Caucasus macroregion in the context of global and national challenges).

Информация об авторах

Салгириев Рустам Русланович, д-р экон. наук, доцент кафедры экономической теории и государственного управления, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова;

364051, Россия, г. Грозный, пр-т имени Х. А. Исаева, 100;

rsalgiriev@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5495-6468>, SPIN-код: 4542-9218

Сатиев Бекхан Бексолтович, соискатель кафедры экономической теории и государственного управления, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова;

364051, Россия, г. Грозный, пр-т имени Х. А. Исаева, 100;

jnus@mail.ru

Information about the authors

Rustam R. Salgiriev, Doctor of Economics, Associate Professor of the Department of Economic Theory and Public Administration, Grozny State Petroleum Technical University named after academician M.D. Millionshchikov;

364051, Russia, Grozny, 100 Kh.A. Isaev avenue;

rsalgiriev@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5495-6468>, SPIN-code: 4542-9218

Bekhan B. Satuev, Candidate for a degree in the Department of Economic Theory and Public Administration, Grozny State Petroleum Technical University named after academician M.D. Millionshchikov;

364051, Russia, Grozny, 100 Kh.A. Isaev avenue;

jnus@mail.ru

УДК 338.43

Аналитическая статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-145-154

EDN: PXHEPP

Стратегические направления пространственного развития животноводства

Л. П. Силаева, С. А. Алексеев, А. С. Дидык[✉]

Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий –
Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства
123007, Россия, Москва, Хорошевское шоссе, 35, корп. 2

Аннотация. Ускоренное импортозамещение, связанное с введением зарубежных санкций против страны, привело к необходимости совершенствования пространственной организации сельского хозяйства. Ранее сложившееся нарушение во взаимодействии социальных, экономических и природных факторов не способствовало устойчивому развитию основных и дополнительных подотраслей аграрного сектора. Поэтому при разработке стратегии пространственного развития Российской Федерации необходимо учитывать характерные особенности ведения производства отдельных видов сельскохозяйственной продукции по регионам страны, определять основные направления рационального размещения, углубления специализации и усиления концентрации производства. В настоящее время в отдельных регионах эти вопросы пока решаются в индивидуальном порядке. Поэтому при различных возможностях происходит нарушение в использовании земли, появляется безработица в сельской местности, так как производство сокращается. Из-за его неэффективности продолжается концентрация земли у одного собственника. В результате возникают проблемы в пространственном развитии сельского хозяйства.

Цель исследования заключается в определении основных направлений улучшения пространственного развития животноводства, так как именно оно является первоосновой обеспечения национальной продовольственной безопасности.

Методы исследования. Информационной базой исследования послужили материалы Федеральной службы государственной статистики и ее территориальных органов, нормативные, правовые документы Правительства России, Росстата, научные труды российских и зарубежных ученых в области пространственного развития сельских территорий. В процессе исследования использовались методы анализа и синтеза, сравнения, экономико-статистические методы.

Результаты. В работе определены основополагающие направления развития животноводства на инновационной основе, непосредственно влияющие на пространственную организацию, а именно: внедрение инновационных технологий, то есть применение энергосберегающих, адаптивных, промышленных технологий содержания животных; введение новых пород животных, улучшая селекцию и племенную работу; применение новых материалов, способствующих не только снижению, но и ликвидации имеющихся потерь продукции животноводства; широкое использование разработанных систем ведения подотраслей сельского хозяйства с другими отраслями и подотраслями.

Ключевые слова: пространственное развитие, стратегия, размещение, специализация производства, сельское хозяйство, продовольственная безопасность, природные, экономические, социальные и территориальные условия, производство

Поступила 06.05.2025, одобрена после рецензирования 29.05.2025, принята к публикации 04.07.2025

Для цитирования. Силаева Л. П., Алексеев С. А., Дидык А. С. Стратегические направления пространственного развития животноводства // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 145–154. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-145-154

Strategic directions for spatial development of animal husbandry

L.P. Silaeva, S.A. Alekseev, A.S. Didyk[✉]

Federal Scientific Center for Agrarian Economics and Social Development of Rural Areas –
All-Russian Research Institute of Agricultural Economics
123007, Russia, Moscow, 35 Khoroshevskoe highway, 2 building

Abstract. Accelerated import substitution associated with the introduction of foreign sanctions against the country has led to the need to improve the spatial organization of agriculture. The previously existing violation in the interaction of social, economic and natural factors did not contribute to the sustainable development of the main and additional sub-sectors of the agricultural sector. Therefore, when developing a strategy for the spatial development of the Russian Federation, it is necessary to take into account the characteristic features of the production of individual types of agricultural products in the regions of the country, to determine the main areas of rational placement, deepening specialization and increasing the concentration of production. At present, in certain regions, these issues are still being resolved individually. Therefore, with various possibilities, there is a violation in the use of land, unemployment in rural areas appears, since production is declining. Due to its inefficiency, land continues to be concentrated in the hands of one owner. As a result, problems arise in the spatial development of agriculture.

Aim. Is to determine the main directions for improving the spatial development of animal husbandry, since it is the primary basis for ensuring national food security.

Research methods. The information base of the study includes materials of the Federal State Statistics Service and its territorial bodies, regulatory and legal documents of the Government of Russia, Rosstat, scientific works of Russian and foreign scientists in the field of spatial development of rural areas. The methods of analysis and synthesis, comparison, economic and statistical methods are used in the study.

Results. The work defines the fundamental directions of development of animal husbandry on an innovative basis, directly influencing the spatial organization, namely: introduction of innovative technologies, that is, the use of energy-saving, adaptive, industrial technologies for keeping animals; introduction of new animal breeds, improving selection and breeding work; use of new materials that contribute not only to the reduction, but also to the elimination of existing losses of livestock products; widespread use of developed systems for managing sub-sectors of agriculture with other industries and sub-sectors.

Keywords: spatial development, strategy, placement, production specialization, agriculture, food security, natural, economic, social and territorial conditions, production

Submitted 06.05.2025,

approved after reviewing 29.05.2025,

accepted for publication 04.07.2025

For citation. Silaeva L.P., Alekseev S.A., Didyk A.S. Strategic directions for spatial development of animal husbandry. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 145–154. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-145-154

ВВЕДЕНИЕ

«Основными принципами пространственного развития сельского хозяйства страны, где проживает более 25% населения, является прежде всего не только достижение ее продовольственной безопасности, но и повышение уровня конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» [1]. Неотъемлемой задачей является создание необходимых объемов экспортных ресурсов. Территориальное разделение труда, предусматривающее создание специализированных зон с высоким уровнем использования инновационных технологий производства, направлено также на рациональную организацию межрегионального обмена.

Одним из важных принципов пространственного развития сельскохозяйственного производства служит эффективное использование биоклиматического потенциала, соблюдение которого обеспечивает получение максимального размера прибыли в ареалах и регионах с благоприятными природными условиями.

Обеспечение каждого региона отдельными видами сельскохозяйственной продукции собственного производства базируется на взаимодействии региональной специализации и развитии территориального разделения труда в стране. При таком сочетании достигается не только эффективное использование биоклиматического потенциала, но и рациональное применение производственных ресурсов.

Пространственное развитие сельского хозяйства и сельских территорий предусматривает необходимость дифференциации направлений и мер государственной поддержки с учетом природных, социальных и экономических факторов, способствующих эффективному социально-экономическому развитию сельских территорий.

К «...задачам пространственного развития сельского хозяйства и отдельных его подотраслей относится также снижение имеющихся экономических различий в депрессивных и слабозаселенных регионах. Это районы Черноземья, Сибири и Дальнего Востока, где четко прослеживаются снижение количества сельского населения и стагнация производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» [2].

Если для многих районов Крайнего Севера характерны слабозаселенность территории, ее малоосвоенность, сложное социально-экономическое развитие, очаговое производство сельскохозяйственной продукции, низкий уровень жизнеобеспеченности коренного населения, то ведение сельского хозяйства в республиках Северного Кавказа отличается высокой плотностью населения, трудоизбыточностью, высоким уровнем безработицы. Горная местность отражается на использовании вертикальной специализации. Многие территории Кавказа значительно удалены от административных центров, поэтому возникают трудности с обеспечением населения продовольствием.

Цель исследования заключается в определении основных направлений улучшения пространственного развития животноводства, так как именно оно является первоосновой обеспечения национальной продовольственной безопасности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для Российской Федерации характерно размещение производства сельскохозяйственной продукции почти во всех природных зонах страны. С развитием научно-технического прогресса более четкими становятся зоны эффективного производства продукции сельского хозяйства. Повышается удельный вес регионов, где природно-климатические условия и элементы интенсификации подотраслей сельского хозяйства направлены на использование биологического фактора, который направлен на получение продукции сельскохозяйственного производства с минимальными материальными и трудовыми затратами, более высокими показателями качества и конкурентности на внешнем рынке. Пространственное развитие должно базироваться на создании благоприятных условий для производства отдельных видов сельскохозяйственной продукции. «Совершенствование пространственной организации производства целесообразно осуществлять путем его концентрации в ареалах, характеризующихся благоприятными условиями» [2] и возможностями для возделывания и выращивания продукции, обеспечивая внутренние потребности. Опыт ведения сельского хозяйства в отдельных экономически развитых странах показал, что особенностью развития, например, зернового хозяйства является возделывание кукурузы на 30 млн га в 35 штатах. Однако высокие показатели получают в 12 специализированных штатах, в так

называемом «кукурузном поясе», где производится до 75 % национального объема кукурузы. Пшеницу в США выращивают в 42 штатах, но только в 8 штатах возделывают около 70 % пшеницы [3].

В условиях, когда наблюдается процесс усиления санкций многими странами Европы и США, увеличение производства продукции животноводства является одной из основных стратегических задач. Снижение поголовья крупного рогатого скота, невысокая продуктивность животных не обеспечивают необходимые объемы производства молока и мяса. В результате повысилась зависимость от импорта данной продукции. Негативным остается процесс сокращения поголовья крупного рогатого скота в регионах, имеющих необходимые для эффективного ведения скотоводства площади естественных сенокосов и пастбищ [4].

Поэтому одной из главных стратегических задач является рациональное размещение производства продукции животноводства. В настоящее время основным производителем молока и мяса является Приволжский федеральный округ, где производят 459 тыс. т мяса крупного рогатого скота, 1179,2 тыс. т мяса птицы и 673,3 тыс. т свинины. Северо-Кавказский федеральный округ производит меньше и молока, и мяса всех видов (табл. 1).

За десять последних лет наблюдается сокращение удельного веса регионов, насчитывающих более 500 тыс. голов. Сократилась концентрация крупного рогатого скота в группе регионов, где имелось 300 и 200 голов молочных коров, несмотря на менее благоприятные для ведения молочного скотоводства условия. К регионам, где наблюдается высокая концентрация молочных коров, относятся республики Дагестан, Башкортостан и Калмыкия [5].

Таблица 1. Размещение производства продукции животноводства по федеральным округам Российской Федерации в 2019–2023 гг., тыс. т

Table 1. Distribution of livestock production in the federal districts of the Russian Federation for 2019–2023, thousand tons

Федеральные округа	Молоко	Мясо КРС	Мясо птицы	Свинина
Российская Федерация	<u>32533,8</u> 100,0	<u>1642,5</u> 100,0	<u>5079,0</u> 100,0	<u>4181,6</u> 100,0
Центральный	<u>6438,3</u> 19,8	<u>330,3</u> 20,1	<u>1886,5</u> 37,0	<u>2248,7</u> 53,8
Северо-Западный	<u>2030,4</u> 6,2	<u>50,4</u> 3,0	<u>396,1</u> 7,8	<u>327,8</u> 7,8
Южный	<u>3796,5</u> 11,7	<u>264,8</u> 16,1	<u>455,7</u> 9,0	<u>225,5</u> 5,4
Северо-Кавказский	<u>2842,1</u> 8,7	<u>157,1</u> 9,6	<u>419,8</u> 8,3	<u>35,2</u> 0,8
Приволжский	<u>10075,3</u> 31,0	<u>459,0</u> 28,0	<u>1137,5</u> 22,4	<u>673,3</u> 16,1
Уральский	<u>1973,1</u> 6,0	<u>79,4</u> 4,8	<u>388,9</u> 7,7	<u>225,2</u> 5,4
Сибирский	<u>4414,1</u> 13,6	<u>224,3</u> 13,7	<u>355,1</u> 7,0	<u>363,6</u> 8,7
Дальневосточный	<u>964,8</u> 3,0	<u>77,2</u> 4,7	<u>39,3</u> 0,8	<u>82,3</u> 2,0

Источник: составлена и рассчитана по данным Росстата.

На пространственное развитие сельского хозяйства страны влияют природные условия, уровень научно-технического прогресса, организация производства, внутренние и внешние факторы.

Основными критериями, необходимыми для формирования специализированных зон с высоким технологическим уровнем производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, являются благоприятные природные условия, наличие экономических и производственных ресурсов. Стратегическое же направление пространственного развития заключается в увеличении объемов производства за счет технической модернизации сельского хозяйства. В молочном скотоводстве, например, в последние годы построены, реконструированы и модернизированы молочные фермы в 200 комплексах, как правило, оснащенные современной техникой и новыми технологиями содержания животных и их кормления (табл. 2).

В 2022 г. ввод современных животноводческих ферм в стране, реконструкция старых и модернизация имеющихся объектов способствовали увеличению производства молока до 490,4 тыс. тонн. Наибольшее количество построенных и введенных в эксплуатацию абсолютно новых и модернизированных животноводческих объектов приходится на Приволжский федеральный округ. Это 89 объектов, которые составляют почти 44 % от общего количества введенных в эксплуатацию молочных ферм. В то же время в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах модернизация ферм и их техническое перевооружение не осуществлялись [6].

Таблица 2. Прирост производства молока на вновь построенных, реконструированных и модернизированных фермах в Российской Федерации

Table 2. Increase in milk production on newly built, reconstructed and modernized farms in the Russian Federation

Показатели	Годы					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Число объектов						
Новые	161	154	122	105	131	145
Реконструированные и модернизированные	70	85	71	67	41	58
Всего	231	239	193	172	172	203
Производство молока, тыс. т						
Объем производства молока за счет: введения новых объектов	141,6	267,2	188,1	319,0	407,5	463,0
реконструкции и модернизации действующих	17,8	22,6	43,9	41,3	38,9	27,4
Общий объем производства молока, полученный за счет ввода новых и реконструкции объектов	159,4	289,8	232,0	360,3	446,4	490,4
Число созданных ското-мест						
За счет: введения новых объектов	65357	79120	75945	87995	88336	101124
реконструкции и модернизации	49876	14731	14688	12949	8906	14336
Всего	115233	93851	90633	100944	97242	115460

Источник: составлена и рассчитана по данным Росстата.

Для этих и многих других регионов характерен высокий удельный вес животноводческих ферм с устаревшими способами производства, что приводит к неполному использованию генетического потенциала молочного скота.

В настоящее время молочное стадо коров характеризуется 24 породами, включая черно-пеструю, голштинскую и симментальскую. Шесть федеральных округов разводят красно-пеструю и айрширскую масти, пять специализируются на красно-степной, холмогорской и бурой швицкой породах, на долю которых приходится 50 % стада страны. Менее распространенная ярославская порода имеется в трех регионах.

На территории Южного федерального округа распространение получили голштинская, черно-пестрая и красно-пестрая породы. Молочное стадо, состоящее из коров данной масти, составляет 50 %, которое при наличии кормовой базы и высокоспециализированного производства обеспечивает надой от 8441 до 10710 кг молока на одну корову.

Голштинская и черно-пестрая породы являются самыми продуктивными на Северном Кавказе. Более 36 % в стаде приходится на красную степную породу. Однако перспективным направлением развития молочного скотоводства при этом должно стать создание прочной кормовой базы.

В Центральном федеральном округе 70 % молочного стада состоит из голштинской и черно-пестрой пород скота. Стратегическим направлением увеличения производства молока в этом регионе предусматривается рациональное использование генетического потенциала продуктивности животных, так как в настоящее время разница в надое молока, например, голштинской породы и красно-пестрой достигает 50 %.

Молочное стадо Приволжского федерального округа на 82 % сформировано из коров черно-пестрой и холмогорской пород. В небольшом количестве здесь разводят и другие виды скота, однако их молочная продуктивность ниже на 25–30 %. Поэтому при высокой продуктивности черно-пестрой и холмогорской пород необходимо сохранить их высокий удельный вес в стаде.

Основное направление повышения продуктивности коров должно заключаться в развитии племенной базы. Рациональное разведение пород молочного скота тесно связано, с учетом природно-климатических условий, с размещением поголовья и уровнем продуктивности молочного скотоводства.

Однако организация производства продукции молочного скотоводства имеет ряд особенностей. Так, при росте продуктивности коров молочного направления снижается мясной потенциал. Поэтому остается острой проблема обеспечения населения говядиной. При рациональной норме потребления мяса крупного рогатого скота 20,0 кг фактически потребляется не более 10,9 кг в среднем на душу населения. Удовлетворение спроса на данный вид мяса требует ускоренного развития мясного скотоводства.

Сегодня 50 % коров мясных пород сконцентрировано в Южном и Центральном федеральных округах. Более 10 % мясного скота сосредоточено в Поволжье, Сибири и на Северном Кавказе. При этом в каждом регионе показатели производства и продуктивности животных резко отличаются: «Южный и Сибирский федеральные округа имеют относительно высокие показатели по производству мяса, полученного от казахской белоголовой породы. В Приволжье эффективно разведение скота малочисленной лимузинской породы. Лучшей в Северо-Западном и Уральском федеральных округах является абердин-ангусская порода. Для дальнейшего развития специализированного мясного скотоводства также необходима оптимизация его породной структуры на основе районированных пород скота в каждом регионе и создания кормовой базы» [7].

Для дальнейшего развития специализированного скотоводства мясного направления требуется не только оптимизация породного состава, адаптированного к условиям каждого региона, но и организация кормовой базы.

Летняя кормовая база формируется за счет улучшенных лугов и пастбищ, которые обеспечивают производство травяной муки, сенажа и силоса. Используя высокопроизводительную технику, инновационные технологии, специализированные севообороты, семена и гибриды высокого качества, осуществляется коренное и поверхностное улучшение лугов и пастбищ с целью повышения их продуктивности. Необходимость его проведения определяется в зависимости от способа и условий стравливания.

Природные кормовые угодья и структура кормовой базы играют особую роль в экономике организации скотоводства. К регионам, располагающим наибольшим удельным весом сенокосов и пастбищ, относятся Приволжский и Сибирский – 21,8 и 22 % площади соответственно. В регионах Дальнего Востока их доля превышает 62 %.

Следует отметить, что стратегией пространственного развития животноводства предусматривается формирование специализированных зон производства не только за счет окультуренных лугов и пастбищ, но и вовлечения в оборот новых земель. «Увеличение площади природных кормовых угодий тесно связано с их мелиорацией. Особенно это относится к менее плодородным землям и участкам, достаточно удаленными от животноводческих ферм.

Опыт специализированных хозяйств показывает, что эффект достигается при интенсификации производства кормов, на полевых землях и лугопастбищного хозяйства» [8]. При этом первостепенное значение имеет создание культурных пастбищ. Пастбищные корма в специализированных зонах производства продукции животноводства, как правило, обеспечивают высокую продуктивность и наибольшую отдачу материально-денежных затрат.

Эффективность пространственного развития животноводства зависит также и от «... интенсификации кормопроизводства, которая требует выведения и использования адаптивных, ресурсосберегающих технологий производства семян кормовых культур. Вновь созданные сорта должны учитывать специфические природные условия территорий, на которых они будут выращиваться. Это позволит получать урожайность семян на уровне зарубежных сортов кормовых культур» [8].

«Совершенствование семеноводства в кормопроизводстве предусматривает его организацию по отдельным видам и регионам» [8]. В этом случае более полно учитываются природно-экономические условия, становится возможным решение проблемы улучшения качества кормов для крупного рогатого скота, что обеспечивает стабильность формирования кормовой базы и производства продукции животноводства.

Таким образом, стратегия пространственного развития животноводства тесно связана с наращиванием производства кормов за счет интенсификации кормопроизводства. Во-первых, это рациональное использование природных кормовых угодий, во-вторых, создание сеянных сенокосов и пастбищ на залежах, в-третьих, улучшение возделывания однолетних и многолетних трав, кормовых культур в специализированных полевых севооборотах. Также необходимо совершенствование организации семеноводства кормовых культур, обеспечение крупного рогатого скота высококачественными кормами, способными увеличить выход продукции животноводства.

Выводы

Стратегическое пространственное развитие животноводства предусматривает производство продукции скотоводства в самых разных природных условиях. Однако развитие конкретных видов животных эффективно в наиболее благоприятных зонах производства и заготовок кормов, возделывания кормовых культур, а также при наличии сенокосов и пастбищ [9].

К основополагающим направлениям развития животноводства на инновационной основе, непосредственно влияющим на пространственную организацию, относятся:

- внедрение инновационных технологий, то есть применение энергосберегающих, адаптивных, промышленных технологий содержания животных;
- введение новых пород животных, улучшая селекцию и племенную работу;
- применение новых материалов, способствующих не только снижению, но и ликвидации имеющихся потерь продукции животноводства;
- широкое использование разработанных систем ведения подотраслей сельского хозяйства с другими отраслями и подотраслями.

При имеющихся разных региональных природных, географических, экономических, социальных, демографических и ряда других условий требуется определенный подход к пространственному развитию не только сельского хозяйства в целом, но и к его отдельным подотраслям.

«Здесь исключается единый и одномоментный подход, требуется формирование рациональной, гибкой национальной и региональной политики, которая бы учитывала экономические особенности каждого региона и специфику ведения сельского хозяйства» [1]. При таких условиях эффект от пространственной организации может выражаться в увеличении объемов производства продукции сельского хозяйства, повышении качества и сокращении материально-денежных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов А. И. Пространственное развитие сельского хозяйства страны: проблемы и возможные пути решения // АПК: экономика, управление. 2020. № 12. С. 48–55. DOI: 10.33305/2012-48. EDN: LWANZV
2. Алтухов А. И. Основные направления пространственного развития сельского хозяйства страны // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 11(68). С. 5–22. DOI: 10.33938/2011-5. EDN: ZDTJWN
3. Алтухов А. И. Пространственное развитие зернового хозяйства России: монография. М.: ООО «Сам полиграфист», 2022. 880 с. ISBN: 978-5-00166-661-5. EDN: WWLJQS
4. Алтухов А. И. Пространственная организация сельского хозяйства в контексте методологии ее исследования // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 8. С. 44–52. DOI: 10.32651/2011-77. EDN: EJQMGF
5. Панцов А. Г., Алтухов А. И., Семкин А. Г. и др. Стратегия пространственного развития отдельных отраслей сельского хозяйства в России: монография. М.: ООО «Сам полиграфист», 2023. 344 с. ISBN: 978-5-00227-022-4. EDN: CCHBCO
6. Силаева Л. П. Основные тенденции пространственного развития сельского хозяйства России // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 3. С. 94–98. DOI: 10.32651/223-94. EDN: VZBSUF
7. Силаева Л. П., Алтухов А. И., Семкин А. Г. и др. Специализированные высокотехнологичные зоны по производству сельскохозяйственной продукции: монография. М.: ООО «Сам полиграфист», 2024. 268 с. ISBN: 978-5-00227-215-0. EDN: EEOEGH
8. Алексеев С. А. Интенсификация кормопроизводства для молочного скотоводства России: монография. М.: Изд-во «Научный консультант», 2021. 194 с.
9. Панцов А. Г., Алтухов А. И., Винничек Л. Б. и др. Пространственное развитие сельского хозяйства России: монография. М.: Издательство «Научный консультант», 2021. 324 с. ISBN: 978-5-907330-85-6. EDN: QJUTBC

REFERENCES

1. Altukhov A.I. Spatial development of the country's agriculture: problems and possible solutions. *AIC: Economics, Management*. 2020. No. 12. Pp. 48–55. DOI: 10.33305/2012-48. EDN: LWANZV. (In Russian)
2. Altukhov A.I. Main directions of spatial development of the country's agriculture. *Economy, Labor, Management in Agriculture*. 2020. No. 11(68). Pp. 5–22. DOI: 10.33938/2011-5. EDN: ZDTJWN. (In Russian)
3. Altukhov A.I. *Prostranstvennoye razvitiye zernovogo khozyaystva Rossii* [Spatial development of grain farming in Russia]: monograph. Moscow: OOO “Sam Polygraphist”, 2022. 880 p. ISBN 978-5-00166-661-5. EDN: WWLJQS. (In Russian)
4. Altukhov A.I. Spatial organization of agriculture in the context of the methodology of its research. *Economics of Agriculture of Russia*. 2020. No. 8. Pp. 44–52. DOI: 10.32651/2011-77. EDN: EJQMGF.
5. Paptsov A.G., Altukhov A.I., Semkin A.G. et al. *Strategiya prostranstvennogo razvitiya otdel'nykh otrasley sel'skogo khozyaystva v Rossii* [Spatial development strategy for individual sectors of agriculture in Russia]: monograph. Moscow: OOO “Sam Polygraphist”, 2023. 344 p. ISBN: 978-5-00227-022-4. EDN: CCHBCO. (In Russian)
6. Silaeva L.P. Main trends in the spatial development of agriculture in Russia. *Economy of Agriculture in Russia*. 2022. No. 3. Pp. 94–98. DOI: 10.32651/223-94. EDN: VZBSUF. (In Russian)
7. Silaeva L.P., Altukhov A.I., Semkin A.G. et al. *Spetsializirovannyye vysokotekhnologichnyye zony po proizvodstvu sel'skokhozyaystvennoy produktsii* [Specialized high-tech zones for the production of agricultural products]: monograph. Moscow: OOO “Sam Polygraphist”, 2024. 268 p. ISBN: 978-5-00227-215-0. EDN: EEOEGH. (In Russian)
8. Alekseev S.A. *Intensifikatsiya kormoproizvodstva dlya molochnogo skotovodstva Rossii* [Intensification of forage production for dairy cattle breeding in Russia]: monograph. Moscow: Izdatel'stvo “Nauchnyy konsul'tant”, 2021. 194 p. (In Russian)
9. Paptsov A.G., Altukhov A.I., Vinnichuk L.B. et al. *Prostranstvennoye razvitiye sel'skogo khozyaystva Rossii* [Spatial development of agriculture in Russia]: monograph. Moscow: Izdatel'stvo “Nauchnyy konsul'tant”, 2021. 324 p. ISBN: 978-5-907330-85-6. EDN: QJUTBC. (In Russian)

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. External funding was not provided for the study.

Информация об авторах

Силаева Лидия Павловна, д-р экон. наук, профессор, гл. науч. сотр., Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства;

123007, Россия, Москва, Хорошевское шоссе, 35, корп. 2;

l.p.silaeva@vniiesh.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4094-8261>, SPIN-код: 6826-3904

Алексеев Сергей Александрович, канд. экон. наук, науч. сотр., Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства;

123007, Россия, Москва, Хорошевское шоссе, 35, корп. 2;

al.asa2012@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7159-8682>, SPIN-код: 3421-9867

Дидык Алевтина Сергеевна, ведущий экономист, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства;

123007, Россия, Москва, Хорошевское шоссе, 35, корп. 2;

a.s.didyk@vniiesh.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7341-8454>, SPIN-код: 8376-6979

Information about the authors

Lidiya P. Silaeva, Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher, Federal Scientific Center for Agrarian Economics and Social Development of Rural Areas – All-Russian Research Institute of Agricultural Economics;

123007, Russia, Moscow, 35 Khoroshevskoe shosse, 2 building;

l.p.silaeva@vniiesh.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4094-8261>, SPIN-code: 6826-3904

Sergey A. Alekseev, Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Center for Agrarian Economics and Social Development of Rural Areas – All-Russian Research Institute of Agricultural Economics;

123007, Russia, Moscow, 35 Khoroshevskoe shosse, 2 building;

al.asa2012@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7159-8682>, SPIN-code: 3421-9867

Alevtina S. Didyk, Leading Economist, Federal Scientific Center for Agrarian Economics and Social Development of Rural Areas – All-Russian Research Institute of Agricultural Economics;

123007, Russia, Moscow, 35 Khoroshevskoe shosse, 2 building;

a.s.didyk@vniiesh.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7341-8454>, SPIN-code: 8376-6979

УДК 930

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-155-162

EDN: SDESAX

Научная статья

Приставские управления на Центральном Кавказе в 30–50-е гг. XIX в. в современной историографии

А. Р. Беппаев

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

Аннотация. Статья посвящена исследованию истории приставских управлений на Центральном Кавказе в 30–50-е гг. XIX в. в современной историографии. Актуальность исследования состоит в изучении совокупности историографических источников и определении, каким образом и посредством каких факторов происходило увеличение объема научных знаний в рамках данной проблематики. Тема ранее не становилась предметом специального исследования, ее новизна заключается в постановке проблемы и анализе новейших историографических источников по истории становления и развития истории приставских управлений на Центральном Кавказе в 30–50-е гг. XIX в. В ходе исследования были использованы сравнительно-исторический, проблемно-хронологический методы историографического исследования и метод периодизации. Подробно проанализированы научные труды таких современных исследователей темы, как З. М. Блиева, Ж. А. Калмыков, Е. Г. Муратова (Битова), Е. И. Кобахидзе, З. Ж. Глашева, А. Х. Абазов, И. Р. Марзей (Нахушева), Д. М. Алхасова и др. Сделан вывод, что пристав на Центральном Кавказе в 30–50-е гг. XIX в. оставался ключевой фигурой в поддержании порядка и стабильности на порубежных территориях, обеспечивая взаимодействие между центром и коренным населением региона. Намечены дальнейшие перспективы исследования истории развития учреждений локального судебно-административного контроля на Центральном Кавказе в 30–50-е гг. XIX в.

Ключевые слова: Центральный Кавказ, Кавказская линия, Центр Кавказской линии, пристав, приставское управление, историография, историографический источник

Поступила 20.06.2025, одобрена после рецензирования 11.07.2025, принята к публикации 21.07.2025

Для цитирования. Беппаев А. Р. Приставские управления на Центральном Кавказе в 30–50-е гг. XIX в. в современной историографии // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 155–162. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-155-162

Original article

Bailiff offices in the Central Caucasus in the 1830s–1850s in modern historiography

A.R. Bepaev

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

Abstract. The article is devoted to the study of the history of bailiffs' administrations in the Central Caucasus in the 1830s–1850s in modern historiography. The relevance of the study lies in examining a set of historiographical sources and determining how and through what factors the volume of scientific knowledge in this field increased. This topic has not previously been the subject of a special study, and its

originality lies in the problem definition and the analysis of the latest historiographical sources on the creation and development of the bailiffs' offices in the Central Caucasus in the 1830s and 1850s. The study uses comparative-historical, problem-chronological, and periodization methods. It also analyzes in detail the works of contemporary researchers such as Z.M. Bliyeva, Zh.A. Kalmykov, E.G. Muratova (Bitova), E.I. Kobakhidze, Z.Zh. Glasheva, A.Kh. Abazov, I.R. Marzey (Nakhusheva), D.M. Alkhasova, and others. It is concluded that the bailiff in the Central Caucasus in the 1830s–1850s remained a key figure in maintaining order and stability in the border territories, ensuring interaction between the center and the indigenous population of the region. Further prospects for studying the history of the development of local judicial and administrative control institutions in the Central Caucasus in the 1830s–1850s are outlined.

Keywords: Central Caucasus, Caucasian Line, Center of the Caucasian Line, bailiff, bailiff department, historiography, historiographical source

Submitted 20.06.2025,

approved after reviewing 11.07.2025,

accepted for publication 21.07.2025

For citation. Beppaev A.R. Bailiff offices in the Central Caucasus in the 1830s–1850s in modern historiography. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 155–162. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-155-162

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап кавказоведения характеризуется усилением внимания исследователей к вопросам становления и деятельности низовых административных и судебных учреждений на Кавказе в дореволюционный период, с помощью которых российские власти устанавливали прямой контакт с коренным населением, выстраивали и закрепляли первичные модели включения народов региона в свой состав. В последней трети XVIII – первой половине XIX в. таковыми учреждениями выступали приставские управления и пограничные суды. Некоторые исследователи в качестве обобщения называют их учреждениями локального судебно-административного контроля [1, 2]. С течением времени при сохранении основных своих функций менялись составы и структуры этих учреждений, их надведомственные инстанции, расширялся объем полномочий и т.п. Например, если вначале появившиеся на Центральном Кавказе в последней трети XVIII в. приставы состояли в подведомственности главнокомандующего войсками на Кавказской линии и на определенном этапе Коллегии иностранных дел, то уже во второй четверти XIX в. они подчинялись начальникам отдельных дистанций Кавказской линии и Черномории. В частности, на разных этапах функционирования управления Центра Кавказской линии в его подведомственности состояли приставство Малой Кабарды, дигорское приставство, карачаевское и абазинское приставства, балкарское приставство, приставство тохтамышевских аулов и тебердинское приставство. Этим во многом и вызван неподдельный интерес к функционированию приставских управлений на Центральном Кавказе в 30–50-е гг. XIX в. у исследователей разных направлений исторической науки. Например, в рамках исторического институционализма их исследование приобретает особую значимость. Исторический институционализм акцентирует внимание на том, как институты, сформировавшиеся в прошлом, влияют на текущее политическое и экономическое поведение. Анализ институциональных изменений, кризисов и адаптаций становится ключевым для понимания динамики развития стран и народов в длительной исторической перспективе. В связи с чем представляется актуальным рассмотреть основные исследовательские практики по изучению истории приставских управлений на Центральном Кавказе в 30–50-е гг. XIX в. в современной историографии и определить, каким образом и посредством каких факторов происходило увеличение объема научных знаний в рамках данной проблематики.

Целью работы является изучение особенностей исследования истории развития приставских управлений на Центральном Кавказе в 30–50-е гг. XIX в. в современной историографии. Реализация этой цели предполагает решение следующих задач: изучить и дать оценку совокупности исторических работ, посвященных данной проблеме; выявить особенности эволюции исторических знаний по этой теме, что предполагает прослеживание изменений в понимании и интерпретации исторических событий, процессов и явлений в современной историографии; определить перспективы дальнейшего исследования темы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основные разработки в этом направлении принадлежат З. М. Блиевой, Ж. А. Калмыкову, Е. Г. Муратовой (Битовой), Е. И. Кобахидзе, З. Ж. Глашевой, А. Х. Абазову, И. Р. Марзей (Нахушевой), Д. М. Алхасовой.

В начале 90-х гг. XX в. определенное внимание исследованию истории деятельности приставских управлений на Центральном Кавказе в исследуемый период уделила З. М. Блиева [3]. Ею также были определены некоторые особенности эволюции этих учреждений в Осетии в период с 30-х по 50-е годы XIX в. Ключевые этапы этой эволюции исследователь связывает с работой таких видных военно-политических деятелей, как И. Ф. Паскевич, Г. В. Розен, Е. А. Головин и других высокопоставленных лиц.

В постсоветской историографии получили развитие исследования, начатые Ж. А. Калмыковым еще в 70-е – начале 80-х гг. XX в. Его работы касались отдельных аспектов формирования системы управления приставов в связи с внедрением российской администрации в Кабарде и Балкарии в период с конца XVIII до середины XIX в. [4, 5].

Изучение истории деятельности приставских управлений в период включения балкарцев в административно-политическую систему Российской империи не может обойтись без опоры на работы Е. Г. Муратовой (Битовой) [6, 7]. Ее исследования отличаются тщательной проработкой и базируются на документах из Управления Центрального государственного архива Архивной службы Кабардино-Балкарской Республики (г. Нальчик), Российского государственного военно-исторического архива (г. Москва) и Российского государственного исторического архива (г. Санкт-Петербург). В рамках ее исследований были проанализированы предпосылки и исторический контекст создания подведомственного начальнику Центра Кавказской линии балкарского приставства. Особое внимание уделено изучению биографий руководителей этого учреждения с учетом исторического контекста его функционирования (просопографический анализ). Кроме того, в работах Е. Г. Муратовой идентифицированы отдельные аспекты реализации судебных функций, возложенных на приставов, а также другие релевантные детали их работы [8].

Детальный разбор компетенций приставов, основанный на изучении нормативно-правовых актов, представлен в работах Е. И. Кобахидзе [9]. Особого внимания заслуживает «Введение» к ее сборнику архивных материалов, опубликованному в 2012 г. [10]. В указанной работе, опираясь на представленные архивные документы, автор анализирует эволюцию системы приставов в первой половине XIX в., а также рассматривает некоторые их права и обязанности.

В работах З. Ж. Глашевой освещается подход российских властей к созданию приставских управлений на Северном Кавказе в период с конца XVIII до середины XIX в. [11]. Автор рассматривает историю функционирования этих управлений, анализируя процессы интеграции северокавказских территорий в систему российского государственного управления. Специальную работу З. Ж. Глашева посвятила изданию извлечений из проекта П. Х. Граббе (1839 г.) по истории института приставства на Северном Кавказе [12].

В рамках изучения истории реформ судебной системы в дореволюционный период А. Х. Абазов провел анализ и дал характеристику полномочий судебных приставов, рассматривая их роль в контексте формирования локального судебно-административного контроля над коренным населением региона [13]. В своих исследованиях А. Х. Абазов детально изучил судебные функции российских приставов в период с последней трети XVIII в. по первую половину XIX в. Он рассматривал институт приставства как одну из форм локального судебно-административного управления на Кавказе. Отдельное внимание в его работах уделено судебным полномочиям, которыми обладали приставы в отношении народов, находящихся под их юрисдикцией [14, с. 3]. Исследование позволяет понять, как именно осуществлялись контроль и управление этими группами населения через призму судебной системы [14, с. 29]. Кроме того, этот автор посвятил несколько работ вопросам определения места подведомственного начальнику Центра Кавказской линии приставского управления балкарского народа в системе локального судебно-административного контроля на Центральном Кавказе в 1846–1858 гг. [15] и особенностям документального обеспечения его деятельности [16]. Автор на основании анализа широкого круга архивных документов определил перечень наименований, которые применялись для обозначения должности балкарского пристава в разных ситуациях.

Специальное исследование истории становления и развития системы приставских управлений на Центральном Кавказе в 1769–1858 гг. провела И. Р. Марзей (Нахушева). Некоторые ее труды затрагивают и период 30–50-х гг. [17–20]. В своих работах на основе анализа широкого круга исторических источников исследователь выделила основные этапы развития системы приставских управлений на Центральном Кавказе, проанализировала вопросы финансирования деятельности на разных этапах, отдельно охарактеризовала динамику деятельности, полномочия и персоналии приставского управления в Кабарде, размышляла о причинах и предпосылках реорганизации приставских управлений на Центральном Кавказе в 1858 г.

Некоторые аспекты деятельности приставских управлений на Центральном Кавказе в контексте определения роли и места в административной системе и политической практике управления Центра Кавказской линии в 30–50-е гг. XIX в. затрагивала Д. М. Алхасова [20–23]. Также она предприняла попытку определить некоторые направления взаимодействия управления Центра Кавказской линии с находившимися в его подведомственности приставскими управлениями. Для понимания комплексности рассматриваемой проблемы имеет важное значение ее обобщение, что в 30–50-е гг. XIX в. в подведомственности начальника Центра находились «приставство карачаевских народов (с конца 40-х гг. XIX в. – карачаевское и абазинское приставство), приставство балкарских народов (с 1846 по 1857 г.), дигорское приставство (на 1842 г. и с 1845 по 1857 г.), приставство Малой Кабарды (с 1830 по 1857 г.), тохтамышевское (между 1847 и 1856 гг.) и тебердинское приставства (с 1856 по 1857 г.)» [20, с. 113].

Также некоторые аспекты деятельности приставских управлений на Центральном Кавказе в 30–40-е гг. XIX в. так или иначе затрагивались в трудах Б. К. Мальбахова, Ю. Ю. Клычникова и М. В. Клычниковой, А. Х. Карова, Ш. Б. Ахмадова, Ш. А. Гапурова, Б. В. Виноградова, З. Б. Кипкеевой, Г. Н. Малаховой, П. А. Кузьминова, А. В. Казакова, Д. С. Кидирниязова, В. Н. Мальцева и А. Ю. Чирга, Р. М. Бегеулова, Е. В. Великой и Н. Н. Великой, Е. С. Шавлоховой и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в современной историографии исследователи изучили предпосылки и исторические условия становления и развития приставских управлений на Центральном Кавказе в 30–50-е гг. XIX в., акцентировали внимание на трудностях, сопутствующих их

работе и развитию. Также была предпринята попытка установить их значение и влияние на формирование российской администрации в конкретном регионе и в других аспектах. Авторы отмечали, что приставами назначались офицеры, находившиеся на российской военной службе, которые, по сути, представляли собой институт опосредованного управления населением приграничных территорий, подконтрольных России, и выступали в роли связующего звена между российскими властями и представителями региональных этнических элит. В их обязанности входило осуществление контрольных функций и предоставление информации, необходимой для деятельности представителей военной администрации. Обращалось внимание, что финансирование их деятельности обеспечивалось из средств российской государственной казны. Пристав, таким образом, был ключевой фигурой в поддержании порядка и стабильности на порубежных территориях, обеспечивая взаимодействие между центром и местными сообществами. При этом накопленный исследовательский опыт по данной теме при сопоставлении с сохранившимися до настоящего времени источниками позволяет определить несколько возможных векторов дальнейшего исследования данной проблематики, в числе которых: на основе применения подходов микроисторического исследования изучение повседневных практик и стратегий взаимодействия между российской администрацией и местным населением; исследование социальной структуры народов региона и выявление факторов, влиявших на формирование социальной базы российской администрации; выявление особенностей финансового обеспечения деятельности приставских управлений и т.п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абазов А. Х. Взаимодействие учреждений локального судебно-административного контроля на Центральном Кавказе в 1793–1822 гг. // Электронный журнал «Кавказология». 2019. № 3. С. 77–95.
2. Абазов А. Х. Учреждения локального судебно-административного контроля на Северном Кавказе в последней трети XVIII – начале XIX веков: нормативно-правовое и документальное обеспечение деятельности // Научный диалог. 2023. Т. 12. № 9. С. 321–338.
3. Блиева З. М. Кавказское наместничество в середине XIX века: становление новой административной стратегии // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Общественные науки. 2003. № 59. С. 39–49.
4. Калмыков Ж. А. Установление русской администрации в Кабарде и Балкарии (конец XVIII – начало XX века). Нальчик: Эльбрус, 1995. 123 с.
5. Калмыков Ж. А. Интеграция Кабарды и Балкарии в общероссийскую систему управления (вторая половина XVIII – начало XX в.). Нальчик: Эль-Фа, 2007. 232 с.
6. Битова Е. Г. Балкарские общества в административно-политической системе Российской Империи XIX в. // Кавказский сборник. М., 2004. С. 81–110.
7. Муратова Е. Г. Социально-политическая история Балкарии XVII – начала XX в. Нальчик: Эль-Фа, 2007. 418 с.
8. Муратова Е. Г. Приставство Урусбиевского, Чегемского, Хуламского и Балкарского народов в российской системе управления на Северном Кавказе (1846–1857) // Всероссийские Миллеровские чтения. 2016. № 5. С. 125–134.
9. Кобахидзе Е. И. Институты власти и управления у осетин (конец XVIII–XIX вв.). Владикавказ: РИО СОИГСИ, 2008. 245 с.
10. Административная практика Российской империи на Центральном Кавказе с конца XVIII в. до 1870 г. (на материале Осетии): сборник документов. Сост., вступ. ст., коммент. Е. И. Кобахидзе. Владикавказ: ИПО СОИГСИ, 2012. 399 с.

11. Глашева З. Ж. Административно-территориальные преобразования в Кабарде и Балкарии в XVI – начале XX в. // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2017. № 5(79). С. 78–88.
12. Глашева З. Ж. Новые документы по истории института приставства на Северном Кавказе: проект П. Х. Граббе (1839 г.) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 5(97). С. 86–93.
13. Абазов А. Х. Народы Центрального Кавказа в судебной системе Российской империи в конце XVIII – начале XX в. Нальчик: Печатный двор, 2016. 268 с.
14. Абазов А. Х. Моздокский верхний пограничный суд в системе органов власти на Центральном Кавказе в 1793–1822 годах. Нальчик: Издательская типография «Принт Центр», 2024. 216 с.
15. Абазов А. Х. Приставское управление балкарского народа в системе локального судебно-административного контроля на Центральном Кавказе в 1846–1858 годах // Научная мысль Кавказа. 2023. № 2(114). С. 35–41.
16. Абазов А. Х. Документальное обеспечение деятельности приставского управления балкарского народа в 1846–1858 годах // Электронный журнал «Кавказология». 2023. № 3. С. 282–292.
17. Марзей И. Р. Система приставских управлений на Северном Кавказе в 1769–1864 гг. Дисс. ... канд. ист. наук. Нальчик, 2021. 193 с.
18. Абазов А. Х., Нахушева И. Р. Приставские управления на Северном Кавказе в последней трети XVIII – первой половине XIX века: эволюция деятельности // Научный диалог. 2020. № 8. С. 287–300.
19. Нахушева И. Р. Приставское управление в Кабарде в 1769–1858 гг.: динамика, полномочия, персоналии // Электронный журнал «Кавказология». 2020. № 3. С. 60–78.
20. Нахушева И. Р. Причины и предпосылки реорганизации приставских управлений на Центральном Кавказе в 50-е гг. XIX в. // Манускрипт. 2020. Т. 13. № 9. С. 19–23.
21. Алхасова Д. М. Управление Центра Кавказской линии в административной системе и политической практике Российской империи в 30–50-е гг. XIX в. Дисс. ... канд. ист. наук. Нальчик, 2024. 224 с.
22. Алхасова Д. М. Взаимодействие управления Центра Кавказской линии с региональными этноэлитами в 40-х годах XIX века // Научная мысль Кавказа. 2022. № 3(111). С. 67–73.
23. Алхасова Д. М. Судебные полномочия начальника Центра кавказской линии в 30–50-е гг. XIX вв. // Электронный журнал «Кавказология». 2021. № 4. С. 33–47.
24. Куихабиев А. В., Журтова А. А., Алхасова Д. М. Проблемы политико-правовой интеграции Северного Кавказа в состав России в отражении делопроизводственной документации (по материалам опубликованных источников) // Электронный журнал «Кавказология». 2024. № 3. С. 228–255.

REFERENCES

1. Abazov A.Kh. Interaction of local judicial and administrative control institutions in the Central Caucasus in 1793–1822. *Kavkazologiya*, 2019. No. 3. Pp. 77–95. (In Russian)
2. Abazov A.Kh. Institutions of local judicial and administrative control in the north caucasus in the last third of the 18th and early 19th centuries: regulatory and documentary support for activities. *Scientific Dialogue*. 2023. Vol. 12. No. 9. Pp. 321–338. (In Russian)
3. Blieva Z.M. The Caucasian viceroyalty in the middle of the 19th century: the formation of a new administrative strategy. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. North Caucasus region. Social sciences*. 2003. No. 59. Pp. 39–49. (In Russian)

4. Kalmykov Zh.A. Establishment of the Russian administration in Kabarda and Balkaria (Late 18th – Early 20th Centuries). Nalchik: Elbrus, 1995. 123 p. (In Russian)
5. Kalmykov Zh.A. Integration of Kabarda and Balkaria into the All-Russian System of Governance (Second Half of the 18th – Early 20th Centuries). Nalchik: El-Fa, 2007. 232 p. (In Russian)
6. Bitova E.G. Balkar Societies in the Administrative and Political System of the Russian Empire in the 19th Century. *Kavkazskiy Sbornik*. Moscow, 2004. Pp. 81–110. (In Russian)
7. Muratova E.G. Social and Political History of Balkaria in the 17th – Early 20th Centuries. Nalchik: El-Fa, 2007. 418 p. (In Russian)
8. Muratova E.G. The leadership of the Urusbievsky, Chegemsky, Khulamsky and Balkar peoples in the Russian system of government in the North Caucasus (1846–1857). *All-Russian Miller Readings*. 2016. No. 5. Pp. 125–134. (In Russian)
9. Kobakhidze E.I. Institutions of power and administration among the Ossetians (late 18th–19th centuries). Vladikavkaz: RIO SOIGSI, 2008. 245 p. (In Russian)
10. Administrative practice of the Russian empire in the Central Caucasus from the end of the 18th century to 1870 (based on the material of Ossetia): collection of documents. compiled, introductory article, and commentary by E.I. Kobakhidze. Vladikavkaz: IPO SOIGSI, 2012. 399 p. (In Russian)
11. Glasheva, Z.Zh. Administrative and Territorial Transformations in Kabarda and Balkaria in the 16th – Early 20th Centuries. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2017. No. 5(79). Pp. 78–88. (In Russian)
12. Glasheva Z.Zh. New documents on the history of the institution of bailiffs in the north caucasus: project by P.Kh. Grabbe (1839). *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2020. No. 5(97). Pp. 86–93. (In Russian)
13. Abazov A.Kh. The peoples of the Central Caucasus in the judicial system of the Russian Empire in the Late 18th and Early 20th Centuries. Nalchik: Pechatny Dvor, 2016. 268 p. (In Russian)
14. Abazov A.Kh. Mozdoksky upper border court in the system of authorities in the Central Caucasus in 1793–1822. Nalchik: Print Center Publishing House, 2024. 216 p. (In Russian)
15. Abazov A.Kh. The bailiff administration of the Balkar people in the system of local judicial and administrative control in the Central Caucasus in 1846–1858. *Scientific Thought of the Caucasus*. 2023. No. 2(114). Pp. 35–41. (In Russian)
16. Abazov A.Kh. Documentary support for the activities of the bailiff administration of the Balkar people in 1846–1858. *Electronic Journal "Caucasology"*. 2023. No. 3. Pp. 282–292. (In Russian)
17. Marzey I.R. The system of bailiffs' offices in the North Caucasus in 1769–1864. Diss. ... cand. of hist. sci. Nalchik, 2021. 193 p. (In Russian)
18. Abazov A.Kh., Nakhushcheva I.R. Bailiff offices in the North Caucasus in the last third of the XVIII – first half of the XIX century: the evolution of activity. *Scientific dialogue*. 2020. No. 8. Pp. 287–300. (In Russian)
19. Nakhushcheva I.R. Bailiff administration in Kabarda in 1769–1858: dynamics, powers, and personalities. *Electronic Journal "Caucasology"*. 2020. No. 3. Pp. 60–78. (In Russian)
20. Nakhushcheva I.R. Reasons and prerequisites for the reorganization of bailiffs' offices in the Central Caucasus in the 1850s. *Manuscript*. 2020. Vol. 13. No. 9. Pp. 19–23. (In Russian)
21. Alkhasova D.M. Management of the Caucasian Line Center in the administrative system and political practice of the Russian Empire in the 1830s–1850s. Diss. ... cand. of hist. sci. Nalchik, 2024. 224 p. (In Russian)
22. Alkhasova D.M. Interaction of the Caucasian Line Center Administration with Regional Ethno-Elites in the 1840s. *Scientific Thought of the Caucasus*. 2022. No. 3(111). Pp. 67–73. (In Russian)

23. Alkhasova D.M. Judicial powers of the chief of the Caucasian Line Center in the 1830s–1850s. *Electronic journal "Caucasology"*. 2021. No. 4. Pp. 33–47. (In Russian)

24. Kushkhabiev A.V., Zhurtova A.A., Alkhasova D.M. Problems of political and legal integration of the North Caucasus into Russia in the Reflection of Business Documentation (Based on Published Sources). *Electronic journal "Caucasology"*. 2024. No. 3. Pp. 228–255. (In Russian)

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed with no external funding.

Информация об авторе

Беппаев Азамат Русланович, аспирант Научно-образовательного центра, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;
bepaev33@mail.ru

Information about the author

Azamat R. Bepaev, Postgraduate Student of the Scientific and Educational Center, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;
bepaev33@mail.ru

УДК 930

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-163-172

EDN: UDGQW

Научная статья

Органы охраны общественного порядка в Терской области в XIX – начале XX века в трудах современных исследователей

И. М. Дабагова

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

Аннотация. Статья посвящена исследованию репрезентации истории становления и деятельности органов охраны общественного порядка в Терской области в XIX – начале XX в. в трудах современных исследователей. Новизна исследования заключается в постановке задач – до настоящего времени в историографии история этих учреждений не становилась предметом специального изучения. В ходе работы использовались проблемно-хронологический (деление объекта исследования на ряд узких проблем, каждая из которых рассматривается в хронологической последовательности) и сравнительно-исторический (сравнение различных авторских подходов, выявление их общих и особенных характеристик) методы историографического исследования и метод перспективного анализа (определение возможных векторов дальнейшего исследования темы). Подробно проанализированы труды таких современных исследователей темы, как Н. Г. Голяндин, А. В. Казаков, З. Х. Ибрагимова, И. Л. Бабич, А. Т. Урушадзе, М. Г. Кулешин, К. А. Прокудин, И. С. Пазов, Д. Н. Прасолов, М. Х. Бербекоева, Ф. А. Кярова, Т. К. Макоев, С. Ф. Шатилов и др. Сделан вывод, что к настоящему времени назрела необходимость подготовки комплексного исследования по истории становления и развития органов охраны общественного порядка на Центральном Кавказе в дореволюционный период, и дальнейшее изучение требует подхода, опирающегося на широкий круг источников, включая архивные материалы, статистические данные и этнографические исследования.

Ключевые слова: историография, Центральный Кавказ, Терская область, Нальчикский округ, общественный порядок, Терский конно-иррегулярный полк, туземная временная милиция, терская постоянная милиция

Поступила 23.06.2025, одобрена после рецензирования 14.07.2025, принята к публикации 25.07.2025

Для цитирования. Дабагова И. М. Органы охраны общественного порядка в Терской области в XIX – начале XX века в трудах современных исследователей // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 163–172. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-163-172

Original article

The works of modern researchers on the public order enforcement agencies in the Terek region during the 19th and early 20th centuries

I.M. Dabagova

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

Abstract. The article focuses on the study of how public order bodies in the Terek region were formed and operated during the 19th and early 20th centuries, as depicted in the works of contemporary researchers. The novelty of this research lies in the formulation of its objectives, as the historiography of

these institutions' history has not been a subject of special study until now. The paper uses the problem-chronological method (dividing the object of research into a number of narrow problems, each of which is considered in chronological order) and the comparative-historical method (comparing different authors' approaches and identifying their common and specific characteristics) as well as the method of prospective analysis (determining possible vectors for further research on the topic). The paper uses the problem-chronological method, (which divides the object of study into a number of specific problems that are then examined in chronological order), and the comparative-historical method (comparing different authors' approaches to identify common and specific characteristics), and, additionally, the method of prospective analysis (which determines possible directions for future research on the subject). The works of contemporary researchers on the topic, such as N.G. Golyandin, A.V. Kazakov, Z.Kh. Ibragimova, I.L. Babich, A.T. Urushadze, M.G. Kuleshin, K.A. Prokudin, I.S. Pazov, D.N. Prasolov, M.Kh. Berbekova, F.A. Kyarova, T.K. Makoyev, and S.F. Shatilov have been analyzed. It has been concluded that there is a need for a comprehensive study of the history of public order agencies in the Central Caucasus during the pre-revolutionary period and further research requires an approach that draws on a wide range of sources, including archival materials, statistical data, and ethnographic studies.

Keywords: historiography, Central Caucasus, Terek Region, Nalchik District, public order, Terek Cavalry Irregular Regiment, Terek Temporary Militia, Terek Permanent Militia

Submitted 23.06.2025,

approved after reviewing 14.07.2025,

accepted for publication 25.07.2025

For citation. Dabagova I.M. The works of modern researchers on the public order enforcement agencies in the Terek region during the 19th and early 20th centuries. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 163–172. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-163-172

ВВЕДЕНИЕ

В современной историографии отмечается усиление внимания исследователей к вопросам истории становления и развития органов охраны общественного порядка на Центральном Кавказе в дореволюционный период. В их поле зрения формирование отрядов милиции из представителей коренного населения региона для охраны российских границ и общественного порядка на подведомственных России территориях в 20–50-х гг. XIX в., образование Терского конно-иррегулярного полка и туземной временной милиции в начале 60-х гг. XIX в., их преобразование в терскую постоянную милицию в середине 60-х гг. XIX в., реорганизация постоянной милиции в постоянную стражу в начале 10-х гг. XX в. и т.п. Вместе с тем работы авторов по данной проблематике в большинстве своем носят описательный характер, а комплексное исследование по этим вопросам до сих пор не подготовлено. Поэтому определение общего состояния изученности данной проблематики в трудах современных исследователей представляется важной научной задачей, т.к. позволяет не только оценить вклад отдельных ученых в разработку темы, но и выявить лакуны, требующие дальнейшего изучения. В рамках исторического институционализма анализ текущего состояния исследований этой темы дает возможность сформулировать актуальные вопросы, требующие решения, и определить направления дальнейшего научного поиска.

Целью исследования выступает определение особенностей репрезентации истории становления и деятельности органов охраны общественного порядка в Терской области в трудах современных исследователей. Реализация этой цели предполагает решение следующих *задач*: изучение особенностей формирования отрядов милиции из представителей коренного населения региона в 20–50-х гг. XIX в. в современной историографии; формирование на основе анализа историографических источников комплексного представления о деятельности образованных в 60-х гг. XIX в. Терского конно-иррегулярного полка и туземной временной милиции, появившейся после их преобразования в середине 60-х гг. XIX в. терской постоянной милиции, а в начале 10-х гг. XX в. – терской постоянной стражи; определение возможных векторов дальнейшего исследования темы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Вопросы становления и развития органов охраны правопорядка (в том числе и Терского конно-иррегулярного полка, туземной временной милиции, терской постоянной милиции, терской постоянной стражи и т.д.) в историографии истории народов Центрального Кавказа в начале 60-х гг. XIX в. затрагивались лишь фрагментарно. Существующие работы затрагивают эту проблематику лишь отчасти, фокусируясь в основном на отдельных аспектах или регионах. Несмотря на это, в них предпринимаются попытки анализа нормативно-правовых актов, регламентировавших деятельность этих структур, вводятся в научный оборот новые источники, предпринимаются отдельные попытки применения к ним обобщающих характеристик для определения роли и места в системе органов власти на южной окраине Российского государства в дореволюционное время.

Наиболее обстоятельным исследованием, в котором рассматривались общие вопросы организации полицейского надзора и деятельности милицейских отрядов на территории Терской области в 60-х гг. XIX – начале XX в., является монография З. Х. Ибрагимовой [1]. Она также рассматривала общие вопросы организации деятельности институтов охраны общественного порядка в контексте установления в регионе «государственной фискальной функции» (введения системы налогов и сборов по российскому образцу), определения правового положения коренного населения региона, появления новых возможностей для них после поступления на службу в отряды милиции, изменения правового статуса постоянной горской милиции, реакции органов власти на различного рода народные волнения. Также в ее работах нашли рассмотрение общие вопросы создания и деятельности таких институтов охраны общественного порядка, как Терский конно-иррегулярный полк (1862), туземная временная милиция (1862), терская постоянная милиция (1865), терская охранная стража (1913) и т.п.

Одна из первых попыток дать обобщенную характеристику «горской» милиции в контексте исследования деятельности Российского государства по включению народов Северного Кавказа в общероссийское культурное пространство в конце XVIII – начале XX в. принадлежит И. Л. Бабич [2]. Она позиционировала кавказскую милицию как местное ополчение, которое формировалось «по феодально-сословному принципу» и не имело постоянной организации [2, с. 44].

На основе достижений историографии своего времени и некоторых документов Российского государственного исторического архива аспекты истории горской милиции затрагиваются в работах М. Г. Кулешина [3; 4; 5]. В ходе исследования он пришел к выводу, что «создание милиционных формирований из кавказцев, отличавшихся рыцарским менталитетом, храбростью, верностью данному слову и присяге, давало не только надежную, действенную поддержку регулярным частям российской власти, но и формировало у местного населения убеждение, что горцы являются полноправными подданными Российской империи» [3, с. 93].

Некоторые вопросы создания и использования «горской милиции» в целях поддержки российской администрации и армии на Северном Кавказе в контексте исследования истории народов этого региона на государственной службе в Российской империи в XIX в. рассмотрены в трудах К. А. Прокудина [6; 7; 8]. Для этого он обращал внимание на истоки создания милицейских формирований из представителей горского населения региона во взаимодействии с приставскими управлениями и сельскими старшинами, а также деятельность милицейских иррегулярных формирований в военных мероприятиях регулярной российской армии. Он верно определил динамику функционирования этих формирований, отмечая, что если поначалу они создавались на определенный срок и не имели признаков

постоянных воинских частей, то к началу 60-х гг. XIX в. в Терской области были уже сформированы организационные, правовые и финансовые основы формирования постоянной милиции. Обращает на себя внимание и его подход к определению начала нового этапа в развитии органов постоянной милиции в регионе с принятием 15 августа 1885 г. единого Положения «о Кавказской постоянной милиции», по которому для охраны внутреннего порядка и спокойствия в регионе по единому образцу создавалась постоянная милиция в Дагестанской, Терской и Кубанской областях [6, с. 16]. При этом в описании этих явлений он допустил некоторые неточности. Например, он отмечал, что «институт приставства на Северном Кавказе начал действовать еще с 1802 г.», тогда как к этому времени в регионе сложилась и функционировала целая сеть приставских управлений: кабардинское приставство в 1769 г., 4 приставства в отношении ногайского населения региона (для Калаусо-Саблинских и Бештово-Кумских, Калаусо-Джембойлукских, Ачикулак-Джембойлукских и Едисанских, Едишульских и Караногайских ногайцев) в 90-е гг. XIX в., приставство «трухменских татар» в 1798 г., приставство части осетинского населения, а также ногайское и абазинское приставства в самом начале XIX в. [9, с. 6.; 10, с. 290].

В работах И. С. Пазова рассматриваются общие вопросы истории становления органов общественного правопорядка и некоторые особенности структурирования административно-полицейского аппарата в Нальчикском округе во второй половине XIX – начале XX в. [11; 12]. В своих трудах он рассматривал общие вопросы административного устройства Нальчикского округа в составе Терской области того времени, перечислял некоторые функции окружного начальника по организации административно-полицейского контроля, а также с опорой на опубликованную литературу и отдельные архивные документы рассматривал отправление полицейских полномочий специально создаваемыми в этот период в Терской области учреждениями (областным жандармским управлением и его отделениями в округах и отделах, терской постоянной милиции, терской постоянной стражи).

Некоторые авторы затрагивали вопросы деятельности институтов охраны общественного порядка при характеристике сопутствующих явлений и процессов. Например, Д. Н. Прасолов, описывая состояние сельской общины у кабардинцев [13] и особенности деятельности Съезда доверенных сельских обществ Нальчикского округа во второй половине XIX – начале XX в., упоминал о сельских милиционерах как части вспомогательного персонала сельского (аульного) правления, определял их иерархическую зависимость от сельских старшин, говорил о некоторых случаях возложения функций милиционеров на сельских старшин за дополнительное жалование (в том числе и «полицейский надзор»), в числе обязанностей сельских милиционеров перечислял надзор за селением, охрану имущества, скота сельчан от краж, задержание правонарушителей, проведение расследований по преступлениям, а также перечислял некоторые особенности комплектования (служба некоторых представителей привилегированных сословий / «пши-уорков») и функции (составление списков скотоводов, учет их движимого имущества, надзор за «безнедоимочностью» процесса взимания с населения податей, контроль за внесением «временнообязанными» выкупной суммы, проверка кандидатов на должности сельских старшин на предмет состояния «под судом и следствием», расследование должностных преступлений сельских служащих, в некоторых случаях – присутствие на выборах сельских старшин для обеспечения общественного порядка) окружных полицейских властей и т.п. М. Х. Бербекова, исследуя каналы пополнения и расходования средств общественного капитала в системе финансово-экономических отношений Нальчикского округа во второй половине XIX – начале XX в. [14], упоминала в числе его расходных статей оплату деятельности милиционеров, служивших

при Кабардинском временном суде в середине 50-х гг. XIX в., оплату труда сельских милиционеров в пореформенный период, а также в числе функций окружного правления в Нальчике упоминала сбор и учет сведений о количестве милиционеров и казаков для исполнения полицейских обязанностей в административных участках и т.п. Ф. А. Кярова, рассматривая систему налоговых отношений в Нальчикском округе во второй половине XIX – начале XX в. [15], упоминала наряды подвод сельских милиционеров в числе некоторых натуральных повинностей населения региона по распоряжению областного начальства, уплату жалования милиционерам на основе анализа ведомостей о мирских денежных повинностях, содержание караулов в селах и оплату труда стражников (караульных), сбор средств по раскладкам земских сборов в том числе и на материальное обеспечение деятельности милиционерских постов и содержание лошадей для разъездов земской полиции по делам службы на территории округа, содержание охранной стражи горных пастбищ региона, вменение надзорных и контрольных функций по сбору недоимок в обязанности подведомственных начальнику округа полицейских чинов и т.п.

Также некоторые аспекты организации охраны общественного порядка на Центральном Кавказе в дореволюционное время затрагивались в некоторых обобщающих трудах по истории и этнографии региона. Например, в опубликованных в 2017 г. «Веках совместной истории...» говорилось о том, что одной из основных задач, возложенных на образованное в 1846 г. и подведомственное начальнику Центра Кавказской линии приставство балкарского народа, являлась организация местной милиции и выставление в случае необходимости караулов, готовых «на битву со своими немирными собратьями» [16, с. 247]. В обобщающем томе «Адыги» из серии «Народы и культуры» говорилось о формировании Кабардинской милиции из жителей Кабарды в составе нескольких конных сотен во время Крымской войны 1853–1856 гг. [17, с. 93], наделении некоторыми полицейскими функциями сельских правлений на основании Положения «о сельских обществах и общественном управлении в Кубанской и Терской областях» от 1870 г. [17, с. 89] и т.п. Некоторые аспекты истории правоохранительных органов в Терской области как предшественников частей и подразделений Росгвардии на материалах газеты «Терские ведомости» изучил Т. К. Макоев [18].

Некоторые вопросы деятельности институтов охраны общественного порядка затрагивались и в целом ряде других работ (Н. Г. Голяндина [19; 20], А. В. Казакова [21], П. А. Кузьмина [22], А. Х. Абазова [23; 24; 25], З. Ж. Глашевой [26], И. Г. Алмазова [27], А. Т. Урушадзе [28], З. Р. Болиева [29], Л. Ш. Мачукаевой [30], С. Ф. Шатилова [31], А. Д. Осмаева [32], Д. Б. Оздоевой [33], А. А. Лоншакова [34], И.-Б. Т. Марзоева [35] и др.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в современной историографии отсутствует комплексный анализ, охватывающий все аспекты становления и развития органов охраны общественного порядка на Центральном Кавказе в дореволюционный период. Отдельные исследования посвящены общим вопросам организации полицейского надзора и деятельности милицейских отрядов на территории Терской области в 60-х гг. XIX – начале XX в., созданию и деятельности Терского конно-иррегулярного полка и туземной временной милиции в 1862 г., терской постоянной милиции в 1865 г., терской охранной стражи в 1913 г. Эти процессы, как правило, рассматривались в контексте становления российского аппарата государства в кавказском регионе, инкорпорации его населения в политико-правовое пространство империи, появления дополнительных социальных лифтов для горской этноэлиты в новых реалиях и т.п. Вместе с тем особенно остро ощущается недостаток исследований, посвящен-

ных эволюции форм и методов работы органов полиции, отрядов милиционеров на региональном (окружном и участковом) и локальном (сельском / аульном) уровнях, их адаптации к местным условиям и взаимодействию с горским населением. В более глубоком изучении нуждается нормативно-правовая база, регулировавшая деятельность органов охраны общественного порядка. Важным направлением дальнейших исследований является изучение социального состава полицейских кадров и их профессиональной подготовки. Кроме того, в будущем важно выявить, каким образом местное население Центрального Кавказа воспринимало деятельность полиции/милиции и какие факторы влияли на формирование общественного мнения. В целом дальнейшее изучение истории становления и развития органов охраны общественного порядка на Центральном Кавказе в дореволюционный период требует комплексного подхода, опирающегося на широкий круг источников, включая архивные материалы, статистические данные и этнографические исследования. В рамках исторического институционализма такой подход позволит создать более полную и объективную картину прошлого, а также осмыслить опыт прошлого, актуальный для современной правоохранительной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ибрагимова З. Х.* Мир чеченцев. XIX век. М.: ПРОБЕЛ-2000, 2007. 1024 с.
2. *Бабич И. Л.* Деятельность российского государства по включению горцев Северного Кавказа в общероссийское культурное пространство в конце XVIII – начале XX века // Научная мысль Кавказа. 2008. № 4(56). С. 41–49.
3. *Кулешин М. Г.* Горская милиция на страже порядка в Терской области во второй половине XIX – начале XX в. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: История России. 2009. № 1. С. 90–94.
4. *Кулешин М. Г.* Горцы Терской области на гражданской и военной службе Российской империи во второй половине XIX в. // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2009. № 4(72). С. 236–239.
5. *Кулешин М. Г.* Интеграция горского населения Северо-Восточного Кавказа в состав Российской империи в рамках Терской области (60–90-е гг. XIX в.). Дисс. ... канд. ист. наук. Ставрополь, 2009. 276 с.
6. *Прокудин К. А.* Горские народы Северного Кавказа на государственной службе в Российской Империи (XIX век). Дисс. ... канд. ист. наук. Ставрополь, 2013. 275 с.
7. *Прокудин К. А.* Горские народы Северного Кавказа на государственной службе в Российской Империи (XIX век). Санкт-Петербург: Фонд развития конфликтологии, 2018. 290 с.
8. *Прокудин К. А., Болотова Т. П.* Создание постоянной горской милиции: путь к интеграции северокавказских народов в социально-политическую и общественную жизнь Российской империи в XIX в. // Социально-гуманитарные знания. 2010. № 12. С. 12–23.
9. *Абазов А. Х.* Моздокский верхний пограничный суд в системе органов власти на Центральном Кавказе в 1793-1822 годах. Нальчик: Принт Центр, 2024. 216 с.
10. *Абазов А. Х., Нахушева И. Р.* Приставские управления на Северном Кавказе в последней трети XVIII – первой половине XIX века: эволюция деятельности // Научный диалог. 2020. № 8. С. 287–300. DOI: 10.24224/2227-1295-2020-8-287-300
11. *Пазов И. С.* История становления органов общественного правопорядка в Кабарде и Балкарии (вторая половина XVIII века – первая половина XIX века) // Право и управление. 2024. № 10. С. 358–363. DOI: 10.24412/2224-9133-2024-10-358-363

12. *Пазов И. С.* Административно-полицейский аппарат управления Кабарды и Балкарии во второй половине XIX – начале XX вв. // *Образование и право.* 2025. № 1. С. 124–131. DOI: 10.24412/2076-1503-2025-1-124-131
13. *Прасолов Д. Н.* Кабардинская сельская община во второй половине XIX – начале XX в. Дисс. ... канд. ист. наук. Нальчик, 2001. 222 с.
14. *Бербекова М. Х.* Общественный капитал в системе финансово-экономических отношений Нальчикского округа Терской области во второй половине XIX – начале XX в. Дисс. ... канд. ист. наук. Нальчик, 2023. 206 с.
15. *Кярова Ф. А.* Система налоговых отношений в Нальчикском округе Терской области во второй половине XIX – начале XX века. Дисс. ... канд. ист. наук. Нальчик: КБГУ, 2024. 215 с.
16. Века совместной истории: народы Кабардино-Балкарии в российском цивилизационном процессе (1557–1917 гг.). Нальчик: ИГИ КБНЦ РАН, 2017. 544 с.
17. Адыги: Адыгейцы. Кабардинцы. Черкесы. Шапсуги. Москва: Наука, 2022. 870 с. (Серия «Народы и культуры»).
18. *Макоев Т. К.* Правоохранительные органы Терской области как предшественники частей и подразделений Росгвардии (по материалам газеты «Терские ведомости») // *Известия СОИГСИ.* 2023. № 47(86). С. 150–177. DOI: 10.46698/VNC.2023.86.47.004
19. *Голяндин Н. П.* Создание и развитие правоохранительной системы (полиции) в Кабарде и Балкарии в середине XIX – начале XX века // *Черные дыры в Российском законодательстве.* 2016. № 5. С. 12–14.
20. *Голяндин Н. П., Заруцкий О. В., Кузьмина С. В., Шипилов В. И.* История милиции Кабардино-Балкарии: этапы создания, становления и развития. Нальчик: Эль-Фа, 2004. 217 с.
21. *Казаков А. В.* Адыги (черкесы) на российской военной службе. Воеводы и офицеры. Середина XVI – начало XX в.: биографический справочник. Нальчик: Республиканский полиграфкомбинат им. Революции 1905 г., 2006. 405 с.
22. *Кузьминов П. А.* Реформа сословно-поземельных отношений у народов Северного Кавказа в XIX веке: от «горского общества» к обществу крестьянскому // *Электронный журнал «Кавказология».* 2018. № 1. С. 80–113. DOI: 10.31143/2542-212X-2018-1-80-113
23. *Абазов А. Х.* Формирование многоуровневой судебной системы в Кабарде в конце XVIII – начале XX в.: этапы, особенности // *Caucasica: Труды Института политических и социальных исследований Черноморско-Каспийского региона.* Том 1. Москва: Русская панорама, 2011. С. 93–108.
24. *Абазов А. Х.* Горские словесные суды Терской и Кубанской областей в 1871–1918 гг. // *История государства и права.* 2015. № 23. С. 58–63.
25. *Абазов А. Х.* Народы Центрального Кавказа в судебной системе Российской империи в конце XVIII – начале XX в. Нальчик: «Печатный двор», 2016. 264 с.
26. *Глашева З. Ж.* Горская аристократия в составе Императорской армии // *Военно-исторический журнал.* 2018. № 10. С. 81–85.
27. *Алмазов И. Г.* Новые именные списки ингушских офицеров Российской Императорской армии (краткие сведения по материалам одного архивного дела) // *Вестник Ингушского научно-исследовательского института гуманитарных наук им. Ч. Э. Ахриева.* 2018. № 2. С. 173–176.
28. *Урушадзе А. Т.* Горец на русской службе в годы Кавказской войны (1801–1864 гг.): посредник, маргинал, предатель // *Журнал фронтирных исследований.* 2020. Т. 5. № 4(20). С. 127–151. DOI: 10.46539/jfs.v5i4.251

29. Болиев З. Р. Полиция Северной Осетии. История и современность: 300-летию полиции России посвящается. Владикавказ: ИПП им. В. А. Гассиева, 2021. 216 с.
30. Мачукаева Л. III. Горцы Северного Кавказа на службе в российской армии (вторая половина XIX – начало XX вв.) // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2020. № 1(48). С. 56–65. DOI: 10.25744/vestnik.2020.48.1.009
31. Шатилов С. Ф. На службе Отечеству: горцы Северного Кавказа в военных кампаниях России в XIX в. // Современные проблемы гуманитарных и общественных наук. 2020. № 5(32). С. 218–225. EDN: SPJWAC
32. Осмаев А. Д. Чеченцы в офицерском корпусе Российской императорской армии // Вестник КНИИ РАН. Серия: Социальные и гуманитарные науки. 2024. № 2(9). С. 39–43. DOI: 10.34824/VKNIIRAN.GUMNAUKI.2024.9.2.004
33. Оздоева Д. Б. Ингушский конный полк в Русской императорской армии // Современные научные исследования: сборник материалов VIII международной очно-заочной научно-практической конференции, Москва, 27 мая 2024 года. Москва: Научный центр «Издание», 2024. С. 79–81.
34. Лоншаков А. А. Кавказские горские милиционные формирования в механизме государства Российской империи // Наука, технологии, инновации в эпоху глобальных трансформаций: сборник статей IV Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 12 декабря 2024 года. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2024. С. 241–245.
35. Марзоев И.-Б. Т. Каражаевы (материалы к родословию) // Электронный журнал «Кавказология». 2024. № 4. С. 238–253. DOI: 10.31143/2542-212X-2024-4-238-253

REFERENCES

1. Ibragimova Z.Kh. The world of the Chechens. 19th Century. Moscow: PROBEL-2000, 2007. 1024 p. (In Russian)
2. Babich I.L. The Russian State's Activities to Include the Highlanders of the North Caucasus in the All-Russian Cultural Space in the Late 18th and Early 20th Centuries. *Scientific Thought of the Caucasus*. 2008. No. 4(56). Pp. 41–49. (In Russian)
3. Kuleshin M.G. The Mountain police on guard of order in the Terek region in the second half of the 19th – early 20th century. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia*. Series: The History of Russia. 2009. No. 1. Pp. 90–94. (In Russian)
4. Kuleshin M.G. Highlanders of the Terek region in the civil and military service of the Russian Empire in the second half of the 19th century. *Bulletin of the Tambov University*. Series: Humanities. 2009. No. 4(72). Pp. 236–239. (In Russian)
5. Kuleshin M.G. Integration of the Mountain Population of the North-Eastern Caucasus into the Russian Empire within the Terek Region (1860s–1890s). Dis. cand. hist. sci. Stavropol, 2009. 276 p. (In Russian)
6. Prokudin A.N. The mountain peoples of the North Caucasus in public service in the Russian Empire (XIX century). Dis. cand. hist. sci. Stavropol, 2013. 275 p. (In Russian)
7. Prokudin A.N. The mountain peoples of the North Caucasus in public service in the Russian Empire (XIX century). Saint Petersburg: Foundation for the Development of Conflict, 2018. 290 p. (In Russian)
8. Prokudin K.A., Bolotova T.P. The creation of a permanent mountain militia: a path to the integration of the North Caucasian peoples into the socio-political and public life of the Russian Empire in the 19th Century. *Social and Humanitarian Knowledge*, 2010. No. 12. Pp. 12–23. (In Russian)

9. Abazov A.Kh. Mozdok upper border court in the system of authorities in the Central Caucasus in 1793–1822. Nalchik: Print Center, 2024. 216 p. (In Russian)
10. Abazov A.Kh., Nakhusheva I.R. Bailiff offices in the North Caucasus in the last third of the XVIII – first half of the XIX century: the evolution of activity. *Scientific Dialogue*. 2020. No. 8. Pp. 287–300. DOI: 10.24224/2227-1295-2020-8-287-300. (In Russian)
11. Pazov I.S. The history of the formation of public law enforcement agencies in Kabarda and Balkaria (Second Half of the 18th Century – First Half of the 19th Century). *Law and Administration*. 2024. No. 10. Pp. 358–363. DOI: 10.24412/2224-9133-2024-10-358-363. (In Russian)
12. Pazov I.S. Administrative and Police Apparatus of Kabarda and Balkaria in the second half of the 19th and early 20th centuries. *Education and Law*. 2025. No. 1. Pp. 124–131. DOI: 10.24412/2076-1503-2025-1-124-131. (In Russian)
13. Prasolov D.N. The Kabardian rural community in the second half of the 19th and early 20th centuries. Dis. cand. hist. sci. Nalchik, 2001. 222 p. (In Russian)
14. Berbekova M.Kh. Public capital in the system of financial and economic relations in the Nalchik district of the terek region in the second half of the 19th and early 20th centuries. Dis. cand. hist. sci. Nalchik, 2023. 206 p. (In Russian)
15. Kyarova F.A. The system of tax relations in the Nalchik district of the Terek Region in the second half of the 19th and early 20th centuries. Dis. cand. hist. sci. Nalchik: KBGU, 2024. 215 p. (In Russian)
16. Centuries of shared history: the peoples of Kabardino-Balkaria in the Russian Civilizational Process (1557–1917). Nalchik: IGI KBSC RAS, 2017. 544 p. (In Russian)
17. Adygs: The Adygeans. Kabardians. Circassian. Shapsugs. Moscow: Nauka, 2022. 870 P. (Series "Peoples and Cultures"). (In Russian)
18. Makoyev T.K. Law enforcement agencies of the terek region as predecessors of the rosgvardia units and subdivisions (based on the Terek vedomosti newspaper). *Izvestiya SOIGSI*. 2023. No. 47 (86). Pp. 150–177. DOI: 10.46698/VNC.2023.86.47.004. (In Russian)
19. Golyandin N.P. The creation and development of the law enforcement system (police) in Kabarda and Balkaria in the mid-19th and early 20th Centuries. *Black Holes in Russian Legislation*. 2016. No. 5. Pp. 12–14. (In Russian)
20. Golyandin N.P., Zarutsky O.V., Kuzmina S.V., Shipilov V.I. History of the Kabardino-Balkarian police: stages of creation, formation and development. Nalchik: El-Fa, 2004. 217 p. (In Russian)
21. Kazakov A.V. The Adygs (Circassians) in the Russian military service, military leaders and officers. Mid-XVI - early XX century: biographical reference book. Nalchik: Republican Polygraph Plant named after Revolutions of 1905, 2006. 405 p. (In Russian)
22. Kuzminov P.A. The reform of social and land relations among the peoples of the North Caucasus in the 19th century: from the "mountain society" to the peasant society. *Electronic Journal "Caucasology"*. 2018. No. 1. Pp. 80–113. DOI: 10.31143/2542-212X-2018-1-80-113. (In Russian)
23. Abazov A.Kh. Formation of a multi-level judicial system in Kabarda in the late 18th and early 20th centuries: stages and features. *Caucasica: Proceedings of the Institute of Political and Social Research in the Black Sea-Caspian Region*. Vol. 1. Moscow: Russkaya Panorama, 2011, Pp. 93–108. (In Russian)
24. Abazov A.Kh. Mountain verbal courts of the Terek and Kuban Regions in 1871–1918. *History of State and Law*. 2015. No. 23. Pp. 58–63. (In Russian)
25. Abazov A.Kh. The peoples of the Central Caucasus in the judicial system of the Russian Empire in the late 18th and early 20th centuries. Nalchik: Pechatny Dvor, 2016. 264 p. (In Russian)

26. Glasheva Z.Zh. Mountain aristocracy as part of the imperial army. *Military-Historical Journal*. 2018. No. 10. Pp. 81–85. (In Russian)
27. Almazov I.G. New Lists of Ingush officers of the Russian Imperial army (Brief Information Based on One Archival File). *Bulletin of the Ingush Research Institute of Humanities named after Ch.E. Akhriev*. 2018. No. 2. Pp. 173–176. (In Russian)
28. Urushadze A.T. The highlander in the Russian service during the Caucasian War (1801–1864): mediator, outsider, and traitor. *Journal of Frontier Studies*. 2020. Vol. 5. No. 4(20). Pp. 127–151. DOI: 10.46539/jfs.v5i4.251. (In Russian)
29. Boliev Z.R. Police of North Ossetia. History and modernity: dedicated to the 300th anniversary of the Russian police. Vladikavkaz: V.A. Gassiev Institute of Printing, 2021. 216 p. (In Russian)
30. Machukaeva L.Sh. Highlanders of the North Caucasus in the service of the Russian army (the second half of the XIX – early XX centuries.)). *Bulletin of the Academy of Sciences of the Chechen Republic*. 2020. No. 1(48). Articles 56–65. DOI: 10.25744/vestnik.2020.48.1.009. (In Russian)
31. Shatilov S.F. In the service of the fatherland: the highlanders of the North Caucasus in Russia's military campaigns in the 19th century. *Modern Problems of the Humanities and Social Sciences*. 2020. No. 5(32). Pp. 218–225. EDN SPJWAC. (In Russian)
32. Osmayev A.D. Chechens in the officer corps of the Russian Imperial Army. *Bulletin of the KNIIRAN. Series: Social and Humanitarian Sciences*. 2024. No. 2(9). Pp. 39–43. DOI: 10.34824/VKNIIRAN.GUMNAUKI.2024.9.2.004. (In Russian)
33. Ozdoeva D.B. The Ingush cavalry regiment in the Russian Imperial Army. *Modern Scientific Research: Collection of Materials of the 8th International Part-Time Scientific and Practical Conference, Moscow, May 27, 2024*. Moscow: Scientific Center "Izdanie", 2024. Pp. 79–81. (In Russian)
34. Lonshakov A.A. Caucasian mountain militia formations in the mechanism of the Russian Empire State. *Science, Technology, and Innovation in the Era of Global Transformations: Collection of Articles from the IV International Scientific and Practical Conference, Petrozavodsk, December 12, 2024*. Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science" (IP Ivanovskaya I.I.), 2024. Pp. 241–245. (In Russian)
35. Marzoev. I.-B.T. Karazhaev (materials for the genealogy). *Electronic journal "Kavkazologiya"*. 2024. No. 4. Articles 238–253. DOI: 10.31143/2542-212X-2024-4-238-253. (In Russian)

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed with no external funding.

Информация об авторе

Дабагова Инна Мухамедовна, аспирант Научно-образовательного центра, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;
dabagova@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4074-4583>

Information about the author

Inna M. Dabagova, Postgraduate Student at the Scientific and Educational Center, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;
dabagova@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4074-4583>

УДК 93

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-173-181

EDN: ZYHYCB

Научная статья

Этапы и закономерности национально-государственного строительства в Республике Южная Осетия

А. Д. Дзидзоев¹, В. Д. Дзидзоев^{✉ 2}

¹Горский государственный аграрный университет
362040, Россия, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37

²Юго-Осетинский государственный университет имени А. А. Тибилова
100001, Республика Южная Осетия, г. Цхинвал, ул. Путина, 8

Аннотация. В статье анализируются общественно-политические, межнациональные и правовые проблемы Южной Осетии, начиная со средневекового периода и заканчивая признанием Российской Федерацией и другими государствами независимости и суверенитета Республики Южная Осетия. Авторы опираются на проверенные исторические и правовые документы и стараются делать объективные, научно выдержанные выводы. Большое внимание уделяется условным этапам и закономерностям национально-государственного строительства в Южной Осетии.

Ключевые слова: Российская империя, Советское государство, Грузия, Осетия, Алания, Картлийское царство, советские органы власти, автономия, Южная Осетия, Картлис цховреба, князья, феодалы, Большая Лиахва, Малая Лиахва, XVIII–XIX вв., крестьянские выступления, казенные крестьяне, хизаны, акты Кавказской археографической комиссии

Поступила 01.07.2025, одобрена после рецензирования 14.07.2025, принята к публикации 31.07.2025

Для цитирования. Дзидзоев А. Д., Дзидзоев В. Д. Этапы и закономерности национально-государственного строительства в Республике Южная Осетия // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 173–181. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-173-181

Original article

Stages and regularities of national and state building in the Republic of South Ossetia

A.D. Dzidzoev¹, V.D. Dzidzoev^{✉ 2}

¹Gorsky State Agrarian University
362040, Russia, RSO-Alania, Vladikavkaz, 37 Kirov street

²South Ossetian State University named after A.A. Tibilov
100001, Republic of South Ossetia, Tskhinvali, 8 Putin street

Abstract. The article analyzes the socio-political, interethnic, and legal issues of South Ossetia, from the medieval period to the recognition of the independence and sovereignty of the Republic of South Ossetia by the Russian Federation and other states. The authors rely on verified historical and legal documents and strive to draw objective and scientifically grounded conclusions. Special attention is paid to the stages and patterns of the national and state-building process in South Ossetia.

Keywords: Russian Empire, Soviet State, Georgia, Ossetia, Alania, Kingdom of Kartli, Soviet authorities, autonomy, South Ossetia, Kartlis Tskhovreba, princes, feudal lords, Greater Liakhva,

Lesser Liakhva, 18th–19th centuries, peasant uprisings, state peasants, khizans, Acts of the Caucasian Archaeographic Commission

Submitted 01.07.2025,

approved after reviewing 14.07.2025,

accepted for publication 31.07.2025

For citation. Dzidzoev A.D., Dzidzoev V.D. Stages and regularities of national and state building in the Republic of South Ossetia. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 173–181. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-173-181

ВВЕДЕНИЕ

Общественно-политические, межнациональные и правовые проблемы Южной Осетии и Абхазии продолжительное время были в центре внимания ученых-исследователей. Среди них преобладали в основном историки, политологи, правоведы и другие гуманитарии. С конца 80-х и в начале 90-х гг. XX в. интерес не только к Южной Осетии, но и к Абхазии заметно усилился со стороны ученого сообщества. И это понятно, т.к. там имели место национально-освободительная борьба и попытки создания собственных суверенных государств. В настоящей статье предпринимается попытка показать наиболее важные закономерности национального самоопределения народов Южной Осетии. Все это делается на основе проверенных исторических документов и правовых норм Российской империи и советского государства. Исходя из вышеизложенного, отметим, что Южная Осетия, а в прошлом Юго-Осетинская автономная область в составе Грузинской ССР (ныне независимое суверенное государство – Республика Южная Осетия – Государство Алания), расположена в восточной части южных склонов Центрального Кавказа (Кавкасиони). Территория охватывает северо-западную часть проживания с древнейших времен составных частей южно-осетинского населения [1, с. 3]. Восточной ее границей является Алевский хребет; западная граница пересекает Лихский и Рачинский хребты Центрального Кавказа, а также хребет Кедела, долины рек Квирила, Джеджора, Дзирула и Гарула и таким образом выходит к Мамисонскому перевалу на границе с Северной и Южной Осетией; северной границей Республики Южная Осетия считается гребень водораздельного хребта Большого Кавказа; южная граница расположена по северной периферии Внутренне-Картлийской равнины [2, с. 3]. Общая площадь суверенного государства составляет 3,9 тыс. км² [3, с. 3].

Южная Осетия как составная часть Картлийского царства, а в последующем Грузинского государства, продолжительное время боролась за свои автономные права в конце XIX – начале XX вв. Однако автономию она получила только с установлением советской власти на территории Грузии, т.е. с февраля 1921 г. Декрет Всегрузинского Центрального Исполнительного Комитета Советов и Совета народных комиссаров ССР Грузии от 24 апреля 1922 г. узаконил автономное образование Южной Осетии [2, с. 5]. Это было большим историческим завоеванием югоосетинского народа, боровшегося за равноправные политические, экономические и культурные отношения со всеми народами, проживавшими на территории Грузии.

Тема настоящего исследования настолько обширна, многогранна и актуальна, что в одной журнальной статье невозможно охватить хотя бы и тезисно все аспекты обозначенной проблемы. Именно поэтому авторы исследования сосредотачивают внимание на самых острых и проблемных вопросах. В этой связи необходимо подчеркнуть, что в средние века в горной части территории Южной Осетии только начинал возникать институт эриставов (примерно VIII–IX вв.). Все это строилось на почве могущественного общинного строя [4, с. 128–129], а новая христианская религия прививалась на фоне языческих традиций, которые пустили глубокие корни в жизнь горцев, в т.ч. и предков южных осетин [5, с. 10–12].

Укажем и то, что традиции предков современных южных осетин мало чем отличаются от других грузинских горцев (хевсуров, сван, мингрелов и др.) того периода. На ранней ступени развития феодального общества, в период, когда начинается распад территориально целостной Грузии на отдельные «государства» – эриставства, происходили бурные общественно-политические события, в которых принимали участие все горские народы Грузии, в том числе и предки современных южных осетин. Многие события общественно-политической, культурной, духовно-нравственной сферы в тот период недостаточно исследованы, а архивные источники в подробностях «умалчивают» о них. Это создает большие трудности для современных исследователей истории средних веков.

Средневековую историю Южной Осетии современные историки описывают в основном, используя архивные данные Грузии, Армении и некоторых других государств. Интересные сведения о них имеются в известном историческом памятнике «Картлис цховреба» на грузинском языке и в его переводе на армянский язык [6, с. 202]. Есть и другие данные в архивах иностранных государств, которые проливают свет на историю алан-осетин и в первую очередь на южную ветвь алано-осетинского народа [7, с. 28–29].

Предки южных осетин продолжительное время жили в условиях разложения общинно-родового строя и постепенного перехода к феодализму. Осетинское население по объективным причинам оказалось под большим влиянием грузинских князей, феодалов и других землевладельцев. Правители различных областей (по-грузински «эриставы»), с одной стороны, нашли возможность постепенно уходить от жесткого контроля грузинских царских властей, а с другой – усиливали собственные притязания на крестьянские массы, в том числе и южных осетин, превращаясь таким образом в больших начальников с огромными полномочиями. Так укрепились права князей Эристовых от ущелья р. Малая Лиахва до ущелья р. Ксан (по-осетински «Чысан»), а также князей абхазского происхождения, но считавшихся грузинскими – Мачабели. Они господствовали в Джавском ущелье Южной Осетии. Положение осетинского крестьянства во владениях Ксанских эриставов и князей Мачабели было тяжелым, о чем свидетельствуют не только их нищенское существование, но и многократные крестьянские бунты и массовые восстания, иногда даже совместно с грузинскими крестьянами [7, с. 23–26]. С конца XVIII и в первой половине XIX вв. на территории Южной Осетии происходили массовые крестьянские выступления против грузинских князей и других землевладельцев. Самые массовые состоялись в 1798, 1801, 1804, 1807–1812, 1830 и 1846 гг. [8, с. 33–39]. Были и другие крестьянские выступления в Южной Осетии, которые преследовали конечную цель – освобождение их от крепостной зависимости. В результате длительной классовой борьбы крестьян им удавалось отходить к казне, т.е. они становились казенными (государственными) крестьянами.

В высшей степени интересные сведения о социально-политическом и правовом положении крестьян Южной Осетии в XIX в. имеются в актах Кавказской археографической комиссии (АКАК), руководителем которой был профессор иностранного происхождения Адольф Петрович Берже. В этом уникальном историческом документе имеется письмо наместника Кавказа барона Г.В. Розена за 1834 г. военному министру Российской империи в 1832–1852 гг., светлейшему князю А. И. Чернышову о значении Осетии в завоевании Кавказа (в авторитетном историческом источнике сказано о завоевании, а не присоединении). Здесь дословно говорится: «Один взгляд на карту удостоверяет, что земля осетинская во многих отношениях заслуживает особого внимания правительства (Российской империи. – *авт.*). Прочное владычество наше в Осетии разрежет хребет горного Кавказа на две части, тогда как ныне одна лишь Военно-Грузинская дорога пересекает сообщение между полупокоренными и враждебными народами» [9, с. 426]. Таких сведений в АКАК

имеется достаточно большое количество, и они свидетельствуют о многом. Во-первых, в то время на Кавказе были враждебные российскому правительству горские народы, которые действительно оставались продолжительное время непокоренными или, как свидетельствует АКАК, «полупокоренными». Разумеется, они справедливо считались враждебными, по крайней мере для русских и правительства Российской империи. Во-вторых, на Кавказе были народы, которых российская буржуазная историография XIX в. считала «мирными горцами». К ним относились осетины, кабардинцы, балкарцы, кумыки и некоторые другие. Сказанное вовсе не означает, что представители «мирных горцев» никогда не присоединялись к различным антироссийским акциям. В данном случае речь идет о том, что по сравнению с агрессивными и воинственными горцами представители «мирных горцев» в целом показывали, что русские власти на Кавказе могут с ними договариваться.

Следует подчеркнуть еще один важнейший аспект присоединения народов Кавказа к Российской империи. Если коротко, то каждый отдельный народ и каждая социальная прослойка отдельно взятого народа в период присоединения к Российской империи преследовали свои личные и корыстные цели. Было бы странным, если бы князь, дворянин или простой крестьянин преследовали одинаковые цели. Это было бы очень большим заблуждением в вопросах истории и, в частности, в сложной и противоречивой проблеме присоединения народов Кавказа к Российской империи. В качестве примера можно привести историю грузинских князей Эристовых и Мачабеловых. Князья хотели превратить всех крестьян из Южной Осетии в своих крепостных. Они этого добивались на протяжении почти века. Постоянно вели борьбу за превращение южных осетин в своих крепостных, пока Петербургский Сенат как высший государственный орган Российской империи не вынес вердикт, отвергавший притязаний грузинских князей. Это случилось в 1852 г. [10, с. 243]. До этого грузинские князья, которым очень часто помогали и русские власти на Кавказе, организовывали различные военные экспедиции, конечная цель которых состояла в том, чтобы окончательно сломить волю к сопротивлению южных осетин. Поэтому любые попытки царской администрации ввести какие-либо реформы, смягчавшие в целом положение крестьян, вызывали у грузинских князей и в целом всех землевладельцев Грузии озлобленность и агрессивность. Они всеми возможными способами отстаивали владельческие права на осетинских крестьян. Однако такое положение удивляло даже некоторых высокопоставленных русских генералов, в частности графа И.Ф. Паскевича, который заявлял, что «для таких амбициозных претензий князей и феодалов не видит достаточных оснований, т.к. до присоединения Грузии к Российской империи такими правами над осетинами князья не владели» [9, с. 28].

Новая административная реформа на территории Закавказья началась в 1840 г. Она преследовала цель повсеместного внедрения общероссийской системы управления. Для этого весь обширный край был разделен на губернии и уезды. Для горцев Грузии были образованы два округа: 1) Тушо-Пшаво-Хевсурский; 2) Осетинский (с центром в Квешети). Разумеется, разделение края на губернии и уезды оперативно и безболезненно не могло решить все проблемы, накопившиеся за многие десятилетия. Осетины на территории Южной Осетии и за ее пределами не везде проживали компактно. Были десятки населенных пунктов, где осетины проживали компактно, а во многих других селах проживали совместно с грузинами и другими горскими народами. В 1842 г. Кавказская администрация решила внести коррективы в административную реформу, и вместо Осетинского округа было создано два округа: Горский и Осетинский с центром в с. Джава (территория Южной Осетии). Осетинский округ входил в Тифлисскую губернию и состоял из трех участков: Джавского, Малолиахвского и Нарского. В то же время Ксанский участок, где находились десятки осетинских сел, вошел в состав Горского округа. Нарский участок уже в 1859 г. вошел в состав Терской области [8, с. 29].

Частая передача населенных осетинами сел и участков свидетельствует о том, что, во-первых, реформа проходила в чрезвычайно сложных условиях, а во-вторых, в целом административная реформа 1840 г. не учитывала многие аспекты жизни кавказских народов, в том числе и осетин. По этой причине реформы в целом не принесли желаемого спокойствия ни царской администрации, ни самим народам, которые ожидали от них значительно большего. Приставы, как и раньше, чинили произвол, активно и повсеместно искали возможности злоупотреблений должностным положением и свободно находили их, социальная несправедливость продолжала оставаться достаточно опасной в общественно-политической сфере.

Взаимоотношения Южной Осетии и Грузии в целом были терпимые и взаимовыгодные, хотя периодически между ними возникали острые этнополитические и межнациональные противоречия. Они иногда переходили даже в войны и карательные экспедиции со стороны грузинских вельмож. Грузинские цари, которым южные осетины не подчинялись, предпочитали жесткие и поучительные карательные экспедиции [8, с. 29–38]. Осетинское население продолжительное время добивалось хотя бы минимальной удовлетворительной жизни и человеческого отношения со стороны грузинских князей. В борьбе за это десятки тысяч южных осетин проливали свою кровь, отдавая жизнь светлым идеалам достойного межнационального общения. Подчеркнем, что они, будучи с XII в. подданными грузинских царей [11, с. 114; 116], в большинстве своем давно пополнили грузинский политический и духовный мир. Они свободно разговаривали на грузинском языке, исповедовали христианство, четко соблюдали грузинские традиции и обычаи. А на поле боя проливали свою кровь в интересах Грузии, когда она вела многочисленные войны с соседними государствами. Все это свидетельствовало о том, что южные осетины с XII в. стали составной частью грузинского политического и духовного мира [12, с. 260].

Февральская буржуазно-демократическая революция 1917 г. сыграла огромную роль в истории и судьбе осетинского народа. В 1917 г. в Северной Осетии в с. Вольно-Христиановском (ныне г. Дигора) возникла революционно-демократическая партия «Кермен», в которой было около 1000 членов [3, с. 190–191]. Филиал ее функционировал и в Южной Осетии. Большую роль в политической жизни жителей Севера и Юга Осетии играли съезды осетинского народа. Они собирали представителей всех осетин независимо от места проживания. В июле 1917 г. на I съезде осетинского народа было сформулировано требование о необходимости объединения Северной и Южной Осетии в единое национально-государственное образование в составе России. Исключительно важными были решения съездов Осетинского Национального Совета. Так, «шесть съездов Осетинского Национального Совета подтвердили волю южных осетин остаться в составе РСФСР как своей исторической Родины» [9, с. 20]. На последующих съездах делегаты высказывались за объединение Северной и Южной Осетии, считая, что разделение малочисленной осетинской нации государственной границей 7 мая 1920 г. было осуществлено без волеизъявления осетинского народа по волюнтаристскому решению большевистских властей Тбилиси и Москвы [2, с. 20].

Осетины всегда стремились к единству, боролись за свои национальные и гражданские права, политико-правовое равноправие с другими народами. Именно за это меньшевистское правительство Грузии в 1920 г. организовало геноцид южных осетин [10, с. 171]. И еще. До установления советской власти в обиходе осетинского языка широко применялись такие термины, как Северная Осетия («Цагат Ирыстон») и Южная Осетия («Хуссар Ирыстон») [10, с. 6]. Географически такое разделение единого во всех отношениях осетинского народа с одним языком, религией, традициями, психологией, менталитетом и т.д. связано с их расселением на северных и южных склонах Центрального Кавказа.

Именно стремление осетинского народа к объединению стало одной из главных причин геноцида югоосетинского народа летом 1920 г. Тогда грузинский генерал Валико Джугели, командир национальной гвардии меньшевистской Грузии, выполняя волю и четкое указание правительства Грузии во главе с Н.Н. Жордания, полностью или частично уничтожил 117 осетинских сел [2, с. 41], изгнав осетинское население с насиженных мест, превратив их в беженцев в Северную Осетию. В этот тяжелый период Южная Осетия потеряла более 5000 человек [2, с. 20]. Северная Осетия приняла около 120 тыс. беженцев из Южной Осетии [2, с. 20]. Важно подчеркнуть, что осетины Южной Осетии принципиально не согласились с меньшевистским правительством Грузии о выходе с ними в 1918 г. из состава РСФСР в Грузинскую Демократическую Республику (ГДР).

25 февраля 1921 г. в Грузии была установлена советская власть. Меньшевистское правительство во главе с Н. Н. Жордания, продержавшееся всего три года, но за это время организовавшее геноцид абхазского и югоосетинского народов в 1920 г. и развязавшее войны с РСФСР, Арменией, Азербайджаном и другими государствами, бежало во Францию.

В результате карательных акций, гонений, притеснений и в конечном итоге геноцида югоосетинского народа в 1920 г. многие южные осетины нашли достойный приют в различных местах Северной Осетии. Они стали своими в населенных пунктах Северной Осетии: Фарне, Эльхотово, Беслане, Вольно-Христиановском (ныне г. Дигора), Владикавказе и др. В конце 1921 г. и начале 1922 г. южане начали группами переходить обратно в Южную Осетию. Особенно это усилилось с победой советской власти в Грузии.

В годы позднего социализма общественно-политическая жизнь, межнациональные отношения и правовые нормы в Южной Осетии заметно стали ухудшаться и быстро обостряться. Тбилисские власти открыто и цинично повели политику исключительного обеспечения приоритета только грузинской нации во всех сферах общественно-политической, научной и духовной жизни многонационального грузинского общества. Проблема дополнительно осложнялась тем, что предпринимались отчаянные попытки против автономий, в том числе и Южной Осетии. В частности, к термину «Южная Осетия» все средства массовой информации начали добавлять слова «так называемая». Кроме того, активно начали вводить в оборот термин «Самачабло» («Владения князей Мачабели») или «Шида Картли» («Внутреннее Картли»). Разумеется, это делалось в ущерб интересам Южной Осетии, в целом осетинского народа, с которым у Грузии и раньше были серьезные проблемы вплоть до геноцида в 1920 г.

Руководство Грузии начиная с 1989 г. активно занималось сепаратизмом, а Южная Осетия отстаивала законное право остаться в составе СССР. В Цхинвале предпринимались решительные шаги, направленные на сохранение единства Северной и Южной Осетии, а также сближение с Российской Федерацией [2, с. 31]. В марте 1991 г. на референдуме по вопросу сохранения СССР народ Южной Осетии (72 % населения) проголосовал за сохранение СССР, а Грузия не принимала участие в референдуме. Более того, Грузия провела альтернативный референдум о выходе из состава СССР, в котором Южная Осетия не участвовала [2, с. 31]. В результате войны 1989–1992 гг. в Южной Осетии и внутренних районах Грузии десятки тысяч осетин стали беженцами [2, с. 45–47].

В самом начале 90-х гг. XX в. грузинские криминальные группы по согласованию с официальными властями совершали регулярные террористические акты в отношении осетинского населения. В осетинских селениях Грузии они активно грабили осетин и издевались над ними. В Грузии в начале 90-х гг. XX в. процветал террор различных криминальных группировок в отношении осетин. Так, 20 мая 1992 г. на Зарской дороге, которая находилась в блокаде в РЮО, беженцы-осетины в двух автобусах были расстреляны грузинскими экстремистами. В результате погибли 33 человека осетинской национальности [2, с. 41].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Политическое руководство Грузии делало все возможное, чтобы задавить автономные образования. Так, Верховный Совет Грузии 11 декабря 1990 г. принял антиосетинский и антиконституционный закон «Об упразднении Юго-Осетинской автономной области» [13, с. 31]. При этом недостаточно дальновидные и образованные законодатели Грузии не учли, что в 1922 г. Юго-Осетинская автономная область возникла на основе советского законодательства. Добавим и то, что решение Верховного Совета Грузии нарушало Конституцию СССР. Верховный Совет Грузинской ССР превысил свои полномочия, и в этом случае руководители СССР в лице Президента страны М.С. Горбачева и его команды обязаны были пресечь такое превышение полномочий. Однако в Москве все эти антиконституционные решения руководства Грузии почему-то «не замечали». Разумеется, по вине М. С. Горбачева. Напомним, что в то время Грузия не была еще субъектом международного права, а Конституцию СССР – признанного субъекта международного права – грузинские политики и законодатели дружно и единогласно проигнорировали, углядевав опасные и скрытые угрозы для собственного государства.

В день начала Олимпиады 2008 г. в Пекине Грузия вероломно напала на Республику Южная Осетия, хотя Президент М. Саакашвили несколько раз обещал, в том числе и В. В. Путину, не начинать вооруженную акцию против непризнанной тогда еще республики [14, с. 203]. В историографию эта война вошла как «пятидневная», в результате которой было достаточно много погибших с осетинской, грузинской и российской сторон [14, с. 203]. Известно, что 58-я армия РФ на третий день войны пришла на помощь Южной Осетии и фактически спасла осетинский народ от полного уничтожения. Грузию обязали подписать мирное соглашение, которое получило в историографии название «принуждение к миру», в котором ключевые роли сыграли президенты РФ Д. А. Медведев и Франции Н. Саркози. В результате сокрушительного поражения грузинской армии 26 августа 2008 г. РФ признала независимость и суверенитет Абхазии и Южной Осетии. После этого ряд иностранных государств (Никарагуа, Венесуэла, Сирия, Науру и др.) также признали независимость и суверенитет двух молодых государств Южного Кавказа. Таким образом, этапы становления государственности в Южной Осетии можно условно разделить на четыре части. **Во-первых**, с образования Осетинского округа в составе Тифлисской губернии, т.е. с начала 40-х гг. XIX в. **Во-вторых**, с образования в 1922 г. Юго-Осетинской автономной области в составе Грузии. **В-третьих**, с провозглашения Республики Южная Осетия в 1990 г. (хотя она в то время не была никем признана). **В-четвертых**, с 26 августа 2008 г., когда независимость и суверенитет Республики Южная Осетия были признаны Москвой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Очерки истории Юго-Осетинской автономной области. Т.1. (История южных осетин до образования Юго-Осетинской автономной области). Тбилиси: Мецниероба, 1985. 296 с.
2. Республика Южная Осетия (Документы, хроники, краткая историческая справка) на русск. и англ. языках. Цхинвал: Южная Алания, 2007. 104 с.
3. Советская Историческая Энциклопедия (в 12 томах). Т. 7. М., 1965.
4. Ванеев З. Н. Избранные работы по истории осетинского народа (в 2-х томах). Т. 2. Цхинвали: Иристон, 1990.
5. Ванеев З. Н. Избранные работы по истории осетинского народа (в 2-х томах). Т. 1. Цхинвали: Иристон, 1989.
6. Картлис цховреба. Т. 4. Тбилиси, 1949.

7. Чхеидзе С. И. История Грузии («Жизнь царей»). Перевод выполнил, предисловием, словарем и указателями снабдил Н. Никашидзе. Т. 8. Тифлис, 1876.
8. Чибиров Л. А. Южная Осетия в XIX – начале XX вв. Цхинвал. Владикавказ, 2014. 166 с.
9. Акты Кавказской Археографической Комиссии (АКАК). Тифлис. 1876.
10. Блиев М.М. Южная Осетия в коллизиях российско-грузинских отношений. М.: Европа, 2006.
11. История Юго-Осетии в документах и материалах (в 3-х томах). Т. 2. Сталинир, 1960.
12. Дзидзоев В. Д. Подданство южных осетин феодальной Грузии (постановка вопроса) // XI Международный форум историков-кавказоведов, посвященный столетию принятия Конституции СССР 1924 г.; Народы Кавказа в XVIII–XXI вв.: история, политика, культура. Ростов-на-Дону, 2024.
13. Конфликты в Абхазии и Южной Осетии. Документы 1989-2006 гг. Приложение к «Кавказскому сборнику». Вып. № 1. М., 2006.
14. Примаков Е. М. Мир без России? К чему ведет политическая близорукость. М.: Российская газета, 2009. 236 с.

REFERENCES

1. *Ocherki istorii Yugo-Osetinskoy avtonomnoy oblasti* [Essays on the history of the South Ossetian Autonomous Region]. Vol. 1. (History of the South Ossetians before the formation of the South Ossetian Autonomous Region). Tbilisi: Metsniyeroba, 1985. 296 p.
2. *Respublika Yuzhnaya Osetiya (Dokumenty, khroniki, kratkaya istoricheskaya spravka) na russk. i angl. yazykakh* [The Republic of South Ossetia (Documents, chronicles, brief historical background) in Russian and English]. Tskhinvali: Yuzhnaya Alaniya, 2007. 104 p.
3. *Sovetskaya Istoricheskaya Entsiklopediya (v 12 tomakh)* [Soviet Historical Encyclopedia (in 12 volumes)]. Vol. 7. Moscow, 1965.
4. Vaneev Z.N. *Izbrannyye raboty po istorii osetinskogo naroda (v 2-kh tomakh)* [Selected works on the history of the Ossetian people (in 2 volumes)]. Vol. 2. Tskhinvali: Iriston, 1990.
5. Vaneev Z.N. *Izbrannyye raboty po istorii osetinskogo naroda (v 2-kh tomakh)* [Selected works on the history of the Ossetian people (in 2 volumes)]. Т. 1. Tskhinvali: Iriston, 1989.
6. Kartlis Tskhovreba. V. 4. Tbilisi, 1949.
7. Chkheidze S.I. *Istoriya Gruzii («Zhizn' tsarey»)* [History of Georgia ("Life of the Tsars")]. The translation was completed with a preface, a dictionary and indices provided by N. Nikashidze. V. 8. Tiflis, 1876.
8. Chibirov L.A. *Yuzhnaya Osetiya v XIX – nachale XX vv.* [South Ossetia in the 19th – early 20th centuries]. Tskhinvali. Vladikavkaz, 2014. 166 p.
9. *Akty Kavkazskoy Arkheograficheskoy Komissii (AKAK)* [Acts of the Caucasian Archaeographic Commission (AKAK)]. Tiflis, 1876.
10. Bliev M.M. *Yuzhnaya Osetiya v kolliziyakh rossiysko-gruzinskikh otnosheniy* [South Ossetia in collisions of Russian-Georgian relations]. Moscow: Evropa, 2006.
11. *Istoriya Yugo-Osetii v dokumentakh i materialakh (v 3-kh tomakh)* [History of South Ossetia in documents and materials (in 3 volumes)]. V. 2. Stalinir, 1960.
12. Dzidzoev V.D. *Poddanstvo yuzhnykh osetin feodal'noy Gruzii (postanovka voprosa)* [Citizenship of South Ossetians in Feudal Georgia (formulation of the question)]. XI Mezhdunarodnyy forum istorikov-kavkazovedov, posvyashchennyy stoletiyu prinyatiya Konstitutsii SSSR 1924 g.; Narody Kavkaza v XVIII–XXI vv.: istoriya, politika, kul'tura. Rostov-on-Don, 2024.

13. *Konflikty v Abkhazii i Yuzhnoy Osetii. Dokumenty 1989–2006 gg. Prilozheniye k «Kavkazskomu sborniku»* [Conflicts in Abkhazia and South Ossetia. Documents from 1989–2006. Supplement to the "Caucasian Collection"]. Issue No. 1. Moscow, 2006.

14. Primakov E.M. *Mir bez Rossii? K chemu vedet politicheskaya blizorukost?* [A World Without Russia? What Does Political Myopia Lead to?] Moscow: Rossiyskaya gazeta, 2009. 236 p.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

Дзидзоев Анатолий Дудурович, ст. препод. кафедры гражданского и уголовного права и процесса юридического факультета, Горский государственный аграрный университет;
362040, Россия, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37;
SPIN-код: 6009-8231

Дзидзоев Валерий Дударович, д-р ист. наук, профессор кафедры истории Осетии и кавказоведения, Юго-Осетинский государственный университет имени А. А. Тибилова;
100001, Республика Южная Осетия, г. Цхинвал, ул. Путина, 8;
dzidzoevv@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6406-5861>, SPIN-код: 3288-0088

Information about the authors

Anatoly D. Dzidzoev, Senior Lecturer, Department of Civil and Criminal Law and Procedure, Faculty of Law, Gorsky State Agrarian University;
362040, Russia, RSO-Alania, Vladikavkaz, 37 Kirov street;
SPIN-код: 6009-8231

Valery D. Dzidzoev, Doctor of Historical Sciences, Professor of the Department of History of Ossetia and Caucasian Studies, South Ossetian State University named after A.A. Tibilov;
100001, Republic of South Ossetia, Tskhinvali, 8 Putin street;
dzidzoevv@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6406-5861>, SPIN-code: 3288-0088

Сергею Евгеньевичу Барыкину – 50 лет



Сергей Евгеньевич Барыкин, член редакционной коллегии журнала «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН», 19 июля 2025 г. отметил свой 50-летний юбилей.

С. Е. Барыкин – доктор экономических наук, профессор Высшей школы сервиса и торговли Института промышленного менеджмента, экономики и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

В круг интересов ученого входят: теория формирования цифровых экосистем, теория платформенной экономики, метавселенных, социально-экономического развития на основе нейросетевых технологий, этика искусственного интеллекта и применение нейроморфных моделей в логистике, маркетинге и сфере услуг.

В 1997 году С. Е. Барыкин окончил Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого и получил диплом экономиста по специальности «Мировая экономика». В 2000 году ему присвоена ученая степень кандидата экономических наук, в 2006 году – ученое звание доцента кафедры экономики и организации управления в энергетике. В 2010 году С. Е. Барыкин защитил докторскую диссертацию. С 2022 года по настоящее время Сергей Евгеньевич – председатель диссертационного совета Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого У.5.2.3.24 по специальностям: Экономика сферы услуг; Транспорт и логистика; Маркетинг. В 2024 году ему присвоено ученое звание профессора по научной специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика. С 2024 года является профессором на полной ставке Высшей школы сервиса и торговли Института промышленного менеджмента, экономики и торговли СПбПУ.

С 2024 года Сергей Евгеньевич вошел в список 2 % самых цитируемых ученых мира по итогам 2023 г. (на основе данных цитируемости ученых международной базы данных SCOPUS).

Научная деятельность С. Е. Барыкина отмечена Благодарностью Минобрнауки России за вклад в развитие науки (2023). В 2024 г. он объявлен лучшим рецензентом Scopus-журнала «Journal of Open Innovation», имеет знак отличия Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого «За заслуги» (2025), является членом редакционных коллегий ведущих научных журналов.

Уважаемый Сергей Евгеньевич, коллектив Кабардино-Балкарского научного центра РАН от всей души поздравляет Вас с 50-летним юбилеем! Желаем Вам крепкого здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов на благо российской науки!

Евгению Алексеевичу Симакову – 75 лет



Евгений Алексеевич Симаков – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный работник сельского хозяйства Московской области, заведующий отделом селекции картофеля ФИЦК им. А. Г. Лорха.

Е. А. Симаков родился в 1950 г. в с. Андреевка Пензенской области.

В 1972 г. с отличием окончил Пензенский СХИ по специальности «Агрономия» со специализацией «Селекция растений». После службы в рядах Советской Армии работал агрономом-экономистом и руководителем проектной группы Пензенского отделения института «Росгипрозем».

С 1974 по 1977 г. обучался в очной аспирантуре НИИКХ, после окончания которой работал в должности младшего и старшего научного сотрудника лаборатории радиобиологии и генетики.

С 1987 по 1997 г. – заведующий лабораторией селекции сортов для интенсивной технологии, с 1997 по 2004 г. – заместитель директора по научной работе и руководитель селекционного центра по картофелю, с 2004 по 2014 г. – директор ВНИИКХ им. А. Г. Лорха, с 2014 г. по настоящее время – заведующий отделом селекции картофеля.

Е. А. Симаков внес существенный вклад в развитие селекции картофеля, разработав методы и приемы, повышающие эффективность селекционного отбора, способствующие сокращению сроков выведения новых сортов и снижению затрат на их создание.

Им изучено влияние индуцированного рекомбиногенеза на повышение генетической изменчивости исходного материала картофеля по хозяйственно ценным количественным признакам, определена селекционная ценность генетически разнообразного исходного материала при создании сортов. Усовершенствована схема селекционного процесса картофеля на основе использования идентичных гибридных популяций в различных эколого-географических условиях, результатом чего явилось создание целого ряда сортов совместной селекции с региональными научными учреждениями РФ. Установлена высокая результативность использования гибридов-беккроссов в селекции на устойчивость к картофельной нематоды, вирусам, фитофторозу и пригодности к переработке, выявлены оптимальные схемы подбора исходных родительских форм по различным направлениям селекции и условия их выращивания для повышения результативности гибридизации, разработаны методы массовой оценки гибридного материала по основным хозяйственно полезным признакам, обоснована схема микроклонального размножения новых перспективных сортов и гибридов картофеля.

Е. А. Симаков является автором более 360 научных работ, 57 авторских свидетельств на изобретения, соавтором 44 сортов картофеля, внесенных в Госреестр РФ. Научная деятельность, широта взглядов, внимательное и чуткое отношение к людям вызывают глубокое уважение и восхищение у коллег и друзей. Благодаря таланту ученого и

педагога, высоким организаторским способностям под его руководством защищено 10 кандидатских диссертаций.

Е. А. Симаков заслуженно удостоен почетных званий и государственных наград: почетных грамот Российской академии сельскохозяйственных наук (2000, 2010) и Министерства сельского хозяйства РФ (2000, 2010), Серебряной медали «За вклад в развитие АПК России» (2007), он отмечен благодарностями (2001, 2006) и Знаком губернатора Московской области «За полезное» (2010), знаками отличия «За заслуги перед городом Люберцы» (2006) и «За заслуги перед Люберецким муниципальным районом» (2010), Почетным знаком «За доблестный труд» (2011), золотыми медалями «Лауреат ВВЦ» (2007, 2010, 2013), Почетной грамотой РАН (2020), юбилейной медалью «300 лет Российской академии наук» (2024).

Уважаемый Евгений Алексеевич, коллектив Кабардино-Балкарского научного центра РАН поздравляет Вас с 75-летним юбилеем! Желаем Вам крепкого здоровья, плодотворной реализации новых идей и проектов, сил и удачи, дальнейших успехов в научно-исследовательской деятельности и практическом применении ее достижений в аграрном секторе России.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ АВТОРАМИ В ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН»

1. Журнал «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» публикует оригинальные научные, обзорные, аналитические статьи отечественных и зарубежных авторов, рецензии на книги и статьи, персоналии по следующим группам специальностей:

1.1. Математика и механика; 1.2. Компьютерные науки и информатика; 1.3. Физические науки; 1.6. Науки о Земле и окружающей среде; 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации; 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство; 4.2. Зоотехния и ветеринария; 5.2. Экономика; 5.4. Социология; 5.5. Политические науки; 5.6. Исторические науки; 5.9. Филология.

Журнал предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов. Периодичность – шесть выпусков в год. Журнал публикует статьи на русском и английском языках объемом не менее 8 и не более 20 страниц макетного формата (не менее 18 000 символов). Работы, превышающие объем, принимаются к публикации по специальному решению главного редактора журнала.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки, категория журнала – К2 (распределение журналов по категориям, п. 1358):

группа специальностей 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации:

2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки),

2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки),

2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования (физико-математические науки),

2.3.8. Информатика и информационные процессы (технические науки);

группа специальностей 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство:

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки),

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки);

группа специальностей 5.2. Экономика:

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике (экономические науки),

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки),

5.2.6. Менеджмент (экономические науки).

2. К публикации в журнале «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» принимаются статьи, содержащие новые результаты. Статьи должны быть посвящены актуальным проблемам науки, содержать четкую постановку цели и задач исследования, строгую научную аргументацию, обобщения и выводы, представляющие интерес своей новизной, научной и практической значимостью. Журнал также публикует специальные выпуски, посвященные конференциям разного уровня по тематике журнала, обзорные статьи. Не допускается направление в редакцию статей, уже опубликованных или посланных на публикацию в другие журналы. Результаты иных авторов, использованные в статье, следует должным образом отразить в ссылках. Представляя статью в журнал, авторы обязаны выполнять все требования по оформлению.

3. Направляя статью в журнал, каждый из авторов подтверждает, что она соответствует наивысшим стандартам публикационной этики для авторов и соавторов, разработанным COPE (Committee on Publication Ethics), см. <http://publicationethics.org/about>. Всем статьям, опубликованным в журнале, присваиваются идентификаторы цифрового объекта (DOI) для лучшего поиска и идентификации. Поступающие в редакцию статьи проходят проверку на плагиат через систему *Антиплагиат* (<https://www.antiplagiat.ru>), для принятия они должны иметь не менее 75 % уникальности текста.

4. Принятые к публикации в журнале «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» статьи проходят двойное слепое рецензирование, редакционную подготовку, после чего макет направляется на корректуру. Окончательный вариант предоставляется автору на вычитку. Срок предоставления статьи на вычитку автору – 3 рабочих дня.

5. Полнотекстовые версии статей, публикуемых в журнале, размещаются в Интернете в свободном доступе на официальном сайте журнала <https://www.kbncran.ru/izvestiya-htm/>, на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU, Научной электронной библиотеки «Киберленинка», в Российской государственной библиотеке, ВИНТИ, Google Scholar, Российском центре научной информации (РЦНИ). Статьи по сельскому хозяйству размещаются в AGRIS. Статьи по математике, физике, информатике, математическому моделированию в экономике и по наукам о земле размещаются на Общероссийском математическом портале Math-Net.Ru www.mathnet.ru (<http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jmid=izkab&optionlang=rus>). Срок размещения редакцией очередного номера журнала – в течение 3 месяцев с даты выхода в свет номера.

6. Публикации в журнале для сотрудников КБНЦ РАН бесплатные, для сторонних авторов – 500 руб. за страницу. Для рецензентов (не членов редколлегии) предусмотрены льготы для опубликования.

7. Требования к рукописи статьи.

Рукопись статьи подается вместе с сопроводительным письмом, подписанным всеми авторами статьи, в котором авторы в том числе подтверждают, что подаваемая в журнал статья ранее не была опубликована, а также не представлена для рассмотрения и публикации в другом журнале. Число и состав авторов после подачи статьи на рецензирование не меняются.

Материалы предоставляются в редакцию журнала по адресу: 360010, Россия, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2 или на электронную почту ired07@mail.ru.

Все страницы, включая рисунки, таблицы и список литературы, следует пронумеровать.

В тексте статьи **обязательно** указывается:

- УДК <https://teacode.com/online/udc/>; ORCID; тип статьи (научная, обзорная, аналитическая,...); коды JEL (специальности: 5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике, 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика, 5.2.6. Менеджмент); AMS Subject Classification (по специальностям в областях математики, информатики, физики);

- название статьи на русском и английском языках;

- фамилия и инициалы автора (авторов) на русском и английском языках; электронная почта авторов (если несколько авторов, то указать * автора, ответственного за переписку);

- полное официальное название учреждения с указанием полного почтового адреса на русском и английском языках, адрес электронной почты (E-mail) **организации**;

- аннотация на русском и английском языках – в ней четко должны отражаться актуальность, новизна, методика и результаты научного исследования, выводы, объем – 150–200 слов;

- ключевые слова на русском и английском языках – не более 10–15 слов;

- основной текст статьи (структура): введение, цели и задачи исследования, методы исследования, результаты исследования, выводы (заключение);

- финансирование;

- вклад авторов.

В аннотации и заключении не допускается использование громоздких формул, ссылок на текст работы или список литературы.

Сведения об авторах (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность, название подразделения, полное название места работы (может быть более одного), рабочий адрес, ORCID, SPIN-код E-library.

Для связи с редакцией – **контактный телефон** одного из авторов.

8. Список литературы должен содержать только ссылки на научные статьи (периодические журналы, монографии, труды конференций и т.д.), которые упоминаются в тексте работы, расположенные в порядке цитирования, не менее 15. Ссылки на неопубликованные работы, результаты которых используются в доказательствах, не допускаются. Недопустимо использование ссылок на авторефераты, диссертации, газеты, интернет-сайты журналов, электронные газеты. Список литературы печатается в конце статьи, оформляется в соответствии с правилами, предусмотренными журналом. Все остальные источники, использованные при написании статьи, выносятся в сноски в конце каждой страницы (при необходимости). В списке литературы необходимо указывать не менее 50 % от общего количества источников за последние 5 лет (как самого автора, так и сторонних авторов, работающих в данном направлении; в том числе зарубежных источников), не более 20 % ссылок на собственные работы. Исключение составляют статьи, которые посвящены исследованиям конкретных документов.

В списке литературы должны быть указаны источники по образцу:

• статья – Фамилия И. О. Название статьи // Название журнала. Год. Том. Номер. С. ...-... DOI...

• книга – Фамилия И. О. Название книги: монография. Город: Издательство, Год. ... с.

• коллективная монография – Фамилия И. О. Название книги / под ред. Фамилия И. О. Город: Издательство, Год. ... с.

• статья в сборнике конференций – Фамилия И. О. Название статьи // Название конференции: материалы конференции * / Название организации. Город, Год. С. ...-... DOI...

• статья в электронном издании – Фамилия И. О. Название статьи [Электронный ресурс] // Название журнала, Год. Том. Номер. С. ...-... URL:... (дата обращения: число, месяц, год).

9. Список литературы **полностью** дублируется на **английском языке** независимо от того, имеются в нем иностранные источники или нет.

Пояснения по формированию Списка литературы и References.

Если статья, на которую указывает ссылка, была переведена на английский язык и опубликована в английской версии журнала, необходимо указывать ссылку из переводного источника! Указания (учебное пособие, монография, перевод, количество томов и т.д.) в References можно опускать. При цитировании оригинального источника на английском языке в названии с прописной буквы пишется первое слово. В названии журнала пишется каждое полноразличное слово с прописной буквы.

Библиографические описания публикаций в References составляют в следующей последовательности:

журнальная статья

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. *Zaglavie jurnala* [Title of Journal]. Year. Vol. ... No. ...iss. ... Pp. ...-... DOI (In Russian);

в случае, если у журнала есть официальное название на английском языке, источник оформляется в таком виде:

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. *Title of Journal*. Year. Vol. ... No. ...iss. ... Pp. ...-... DOI (In Russian);

монография, книга, глава из книги, препринт

Author A.A., Author B.B., Author C.C. *Nazvanie* [Title of book]. Gorod: Izdanie. Year. Pages p. (In Russian);

статья в материалах конференции

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of paper. *Nazvanie konferensii*. Gorod, Organizacia. Year. Pages p. (In Russian);

статья в электронном издании

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of paper. *Nazvanie zhurnala*, Year, Pages p., available at: <http://...> (accessed Data Year).

На сайте <http://translit-online.ru/> можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу.

10. Требования к электронному носителю:

- к статье прилагается электронный вариант в формате Microsoft Office Word 2007, Windows XP, Windows 7, 10;
- статья должна быть набрана в формате A4 с полями: верхнее и нижнее – 2,0 см; левое – 2,5 см; правое – 2 см, шрифтом Times New Roman, размер 14, полуторный интервал;
- таблицы, алгоритмы, рисунки, схемы и т.п. должны быть редактируемые и выполнены в формате A4 книжной ориентации;
- формулы должны быть набраны в программе MathType, нумеровать следует те формулы, на которые есть ссылки в тексте статьи.

11. Решение о публикации или отклонении авторских материалов принимается редколлегией в соответствии с правилами рецензирования статей. Для экспертной оценки статей привлекаются ведущие специалисты по основным научным направлениям (рубрикам) выпуска журнала.

12. Редакция не вступает в дискуссию с авторами отклоненных материалов.

13. В каждом выпуске публикуется, как правило, не более одной статьи одного и того же автора. Решение о публикации более одного материала принимается редакционной коллегией и главным редактором журнала.

14. Статьи, оформленные без соблюдения указанных правил, не рассматриваются.

15. Авторы могут использовать искусственный интеллект (ИИ) при написании текстов, однако при этом они должны указать, если такие технологии применялись, и в какой степени. ИИ может помочь авторам в анализе и визуализации данных, что может повысить качество представленных результатов. Перед направлением статьи в редакцию журнала авторы обязаны проверить материал на корректность и достоверность. Если инструменты ИИ были использованы для сбора данных, анализа или написания текста, это должно быть указано в разделе статьи «Материалы и методы». В случае не указания автором использования ИИ и его обнаружения в ходе работы со статьей в редакции журнала статья отклоняется.

FORMATTING RULES FOR ARTICLES TO BE SUBMITTED BY AUTHORS TO THE JOURNAL "NEWS OF THE KABARDINO-BALKARIAN SCIENTIFIC CENTER OF RAS"

1. The journal "News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS" publishes original scientific, review, analytical articles by domestic and foreign authors, reviews of books and articles, personalities in the following groups of specialties:

1.1. Mathematics and Mechanics; 1.2. Computer Science and Informatics; 1.3. Physical Sciences; 1.6. Earth and Environmental Sciences; 2.3. Information Technologies and Telecommunications; 4.1. Agronomy, Forestry and Water Management; 4.2. Zootechnics and Veterinary Medicine; 5.2. Economics; 5.4. Sociology; 5.5. Political Sciences; 5.6. Historical Sciences; 5.9. Philology.

The journal is intended for researchers, teachers, postgraduate students, undergraduates, students. Frequency – six issues per year. The journal publishes articles in Russian and English with a volume of no less than 8 and no more than 20 pages of the layout format (at least 18 000 characters). Papers exceeding that volume may be accepted for publication by special decision of the Editor-in-chief of the journal.

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for the degree of Candidate of Science, for the degree of Doctor of Science in scientific specialties and their respective branches of science should be published, category of the journal – K2 (distribution of journals according to categories, par. 1358):

group of specialties 2.3. Information technology and telecommunications:

2.3.1. System analysis, management and information processing, statistics (technical sciences),

2.3.3. Automation and control of technological processes and productions (technical sciences),

2.3.7. Computer modeling and design automation (physical and mathematical sciences),

2.3.8. Informatics and information processes (technical sciences);

group of specialties 4.1. Agronomy, forestry and water management:

4.1.1. General farming and crop production (agricultural sciences),

4.1.2. Breeding, seed production and plant biotechnology (agricultural sciences),

4.1.3. Agrochemistry, agrosoil science, plant protection and quarantine (agricultural sciences);

group of specialties 5.2. Economy:

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods in economics (economic sciences),

5.2.3. Regional and sectoral economics (economic sciences),

5.2.6. Management (economic sciences).

2. Articles are accepted for publication in the journal "News of the Kabardino-Balkarian scientific center of RAS" if they contain new results. Articles should be devoted to topical problems of science, contain a clear statement of the goal and objectives of the study, rigorous scientific argumentation, generalizations and conclusions that are of interest for their novelty, scientific and practical significance. The journal also publishes special issues devoted to conferences of various levels on the subjects of the journal, review articles. It is not allowed to send to the editorial office articles that have already been published or sent for publication to other journals. The results of other authors used in the article should be duly reflected in the references. Submitting an article to the journal, authors are obliged to fulfill all the requirements of the journal for their formatting.

3. By submitting an article to the journal, each author confirms that it meets the highest standards of publication ethics for authors and co-authors, developed by COPE (Committee on Publication Ethics), see <http://publicationethics.org/about>. All articles published in the journal are assigned digital object identifiers (DOIs) for better search and identification. Articles submitted to the editorial office are checked for plagiarism through the *Antiplagiat* system (<https://www.antiplagiat.ru>); for acceptance they must have at least 75 % of the uniqueness of the text.

4. Articles accepted for publication in the journal "News of the Kabardino-Balkarian scientific center of RAS" undergo double blind peer review, editorial preparation, after which the final layout is sent for correction. The final version is provided to the author for proofreading. The time period for submitting the article to the author for proofreading is 3 working days.

5. Full-text versions of articles published in the journal are posted on the Internet in free access on the official website of the Scientific Electronic Library eLIBRARY.RU, Scientific electronic library "Cyberleninka", in the Russian state library, VINITI, Google Scholar. Russian Center for Scientific Information (RCSI). Articles on agriculture are posted on AGRIS. Articles on mathematics, physics, computer science, mathematical modeling in economics and geosciences are posted on the All-Russian portal Math-Net.Ru www.mathnet.ru (https://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=izkab&option_lang=eng). The time for posting of the journal in the web must be within 3 months from the date of issue.

6. Publications in the journal for KBSC RAS employees are free, for outside authors – 500 rubles per page. For reviewers (not members of the editorial board) privileges for publication are provided.

7. Requirements for the manuscript of the article.

The manuscript of the article is submitted together with a covering letter signed by all authors of the article, in which the authors, among other things, confirm that the article submitted to the journal has not been previously published, and has not been submitted for consideration and publication in another journal. The number and composition of authors does not change after submitting an article for reviewing.

Materials are submitted to the Editorial and Publishing Department: 360010, Russia, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Balkarov street, 2, or email: ired07@mail.ru.

All pages, including figures, tables and references, should be numbered.

The following indications in the text of the article are **mandatory**:

- UDC <https://teacode.com/online/udc/>; ORCID; type of article (scientific, review, analytical, ...); JEL codes (specialty 5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods in Economics, 5.2.3. Regional and sectoral economics, 5.2.6. Management); AMS Subject Classification (in the fields of mathematics, computer science, physics);

- the title of the article in Russian and English;

- surname and initials of the author(s) in Russian and English; e-mail of authors (if there are several authors, then indicate * the author responsible for the contact correspondence);

- the full official name of the institution, indicating the full postal address in Russian and English, the electronic mail address (E-mail) of the **organization**;

- abstract in Russian and English – it should clearly reflect the novelty, relevance and methodology and results of scientific research, conclusions, volume is no more than 150–250 words;

- keywords in Russian and English – no more than 10–15 words;

- main text of the article (structure): introduction, goals and objectives of the research, research methods, research results, conclusions;

- financing;

- contribution of the authors.

The abstract and conclusion should not contain cumbersome formulas, references to the text of the work or the list of references.

Information about the authors (both in Russian and English): last name, first name, patronymic, academic degree, academic title, position, department name, full name of the place of work (there may be more than one), work address, contact phone number, ORCID, SPIN-code E-library.

The contact phone number of one of the authors to contact the editorial office.

8. The list of references should contain only links to scientific articles (periodicals, monographs, conference proceedings, etc.) to which there are references in the text of the work, arranged in the order of citation, not less than 15. References to unpublished works, the results of which are used in the proofs, are not allowed. It is unacceptable to use links to abstracts, dissertations, newspapers, websites of journals, electronic newspapers. The list of references is printed at the end of the article, drawn up in accordance with the rules provided by the journal. All other sources used in the article are placed in footnotes at the end of each page (if necessary). At least 50 % of the total number of sources in the list of references should be of the last 5 years (both the author's himself and other authors working in this direction as well as foreign sources) and not more than 20 % references to own works. The exception is made for articles that are devoted to the study of specific documents.

In the list of references, sources should be indicated according to the sample:

- article – Surname and initials of the name and patronymic. Title of the article // Title of the journal. Year. Volume. Number. Pp. ... - ... DOI ...

- book – Surname and initials of the name and patronymic. Book title: monograph. City: Publisher, Year. ... p.

- collective monograph – Surname and initials of the name and patronymic. Title of the book. editor – Surname and initials of the name and patronymic. City: Publisher, Year. ... p.

- article in the collection of conference materials – Surname and initials of the name and patronymic. Title of the article // Title of the conference: materials of the conference * / Name of the organization. City, Year. Pp. ... - ... DOI

- article in the electronic edition – Surname and initials of the name and patronymic, The title of the article [Electronic source] // Journal name, Year. Volume. Number. Pp.... -... URL:... (date of access: date, month, year).

9. The list of references is **fully** duplicated in **English**, regardless of whether it contains foreign sources or not.

Explanations on the formation of the list of literature and References.

If the article to which the reference points was translated into English and published in the English version of the journal, you must provide the link from the translated source! Descriptions (tutorial, monograph, translation, number of volumes, etc.) in References may be omitted. When citing an original source in English, the first word is capitalized in the title. Each full-valued word is capitalized in the title of the journal.

Bibliographic descriptions of publications in References are in the following sequence:

journal article

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. *Zaglavie jurnala* [Title of Journal]. Year. Vol. ... No. ...iss. ... Pp. ...-... DOI (In Russian);

if the journal has an official name in English, then the reference is formatted in the following way:

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. *Title of Journal*. Year. Vol. ... No. ...iss. ... Pp. ...-... DOI (In Russian);

monograph, book, chapter from a book, preprint

Author A.A., Author B.B., Author C.C. *Nazvanie* [Title of book]. Gorod [City], Izdanie [Publisher]. Year. Pages p. (In Russian);

article in conference materials

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie [Title of paper]. *Nazvanie konferensii* [Title of the conference]. Gorod [City], Organizacia [Organization]. Year. Pages p. (In Russian);

article in electronic edition

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of paper. *Nazvanie zhurnala*, Year, Pages p., available at: <http://...> (accessed Data Year).

On the site <http://translit-online.ru/> you can use the program of transliteration of the Russian text into the Latin alphabet for free.

10. Requirements for electronic media:

- an electronic version in the format of Microsoft Office Word 2007, Windows XP, Windows 7, 10 is attached to the article;
- the article should be typed in A4 format with margins: top and bottom – 2.0 cm; left – 2.5 cm; right – 2 cm, the article should be typed in Times New Roman, size 14, one and a half spacing;
- editable tables, algorithms, figures, diagrams, etc. must be in A4 format, portrait orientation;
- Equations must be typed using the MathType program and equations that are referenced in the text should be numbered.

11. The decision to publish or reject author(s) materials is made by the editorial board in accordance with the rules for reviewing articles. Leading experts in the main scientific directions (headings) of the journal are involved in the expert assessment of the articles.

12. The editorial office does not enter into discussions with the authors of the rejected materials.

13. As a rule no more than one article by one and the same author is published in an issue. The decision to publish more than one material is made by the editorial board and the chief editor of the journal.

14. Articles violating these formatting rules are not considered.

15. Authors can use artificial intelligence (AI) in their writing, but they should disclose if such technologies were used and to what extent. AI can assist authors in analyzing and visualizing data, which may enhance the quality of the results presented. Before submitting an article to the journal's editorial office, authors are required to ensure that the material has been checked for accuracy and reliability. If AI-powered tools were used for data collection, analysis, or text generation, this should be clearly indicated in the "Materials and Methods" section of the paper. Failure to disclose the use of AI may result in the article being rejected if it is discovered during the review process.

Научный журнал

ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

Том 27 № 4 2025

Сквозной номер выпуска – 126

Журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук»

Зав. редакционно-издательским отделом КБНЦ РАН – *А. М. Бейтуганова*

Компьютерная верстка – *А. И. Токова*

Техническое редактирование – *А. И. Токова*

Корректор – *Л. Б. Канукоева*

Перевод – *М. А. Дышекова*

ISSN 1991-6639



Подписано в печать 20.08.2025 г. Дата выхода в свет: 29.08.2025 г.

Формат бумаги 60x84 ¹/₈. Бумага офсетная.

Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 22,55. Тираж 300 экз.

Цена свободная

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-14936 от 20 марта 2003 г. выдано Министерством
Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

Учредитель: Кабардино-Балкарский научный центр РАН

Адрес редакции и издателя: 360010, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

Отпечатано в редакционно-издательском отделе КБНЦ РАН по адресу:
360010, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2



DOI: 10.35330/1991-6639