

Print ISSN 1991-6639
Online ISSN 2949-1940

Том 28 № 2



2026

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 28 № 2 2026

Сквозной номер выпуска – 130

Журнал основан в 1998 г. Выходит 6 раз в год

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

Свидетельство о регистрации Эл № ФС 77-90616 от 29.12.2025 выдано Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

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

© КБНЦ РАН, 2026

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. 28 No. 2 2026

Continuous issue number – 130

The journal was founded in 1998, 6 issues per year

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

The online publication is registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information
Technology, and Mass Media. Certificate of registration El No. FS 77-90616 from December 29, 2025.

ADDRESS OF THE EDITORIAL OFFICE:

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

© KBSC RAS, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН Том 28 № 2 2026

Редакционная коллегия.....5

Информационные технологии и телекоммуникации

Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Применение конечных автоматов как управляющей модели в агентных RAG-системах для корпоративных баз знаний: системный подход и формализация
Р. С. РОЗУМ, А. С. КУЗНЕЦОВ.....11

Алгоритм синтеза системы управления с фазосдвигающим фильтром обобщенным методом Галеркина
А. В. СТАТКЕВИЧ.....25

Информатика и информационные процессы

Архитектура распределенной системы хранения и обработки больших данных на основе Apache Ozone и Argo Workflows
К. А. ПОЛЯНЦЕВА, А. В. КОМЛЕВ, М. Г. ГОРОДНИЧЕВ.....34

Агронимия, лесное и водное хозяйство

Общее земледелие и растениеводство

Влияние сроков сева на уровень водопотребления и урожайность подсолнечника в условиях Донбасса
*Н. Н. ТИМОШИН, Н. В. РЕШЕТНЯК, А. В. БАРАНОВСКИЙ,
Н. А. МЕЛЬНИК, О. В. МАЗАЛОВ, И. В. СИГИДИНЕНКО*.....51

Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Изучение исходного материала в селекции лопающейся кукурузы ФГБНУ ВНИИ кукурузы
О. В. ТЕРКИНА, А. Н. РОМАНОВА.....66

Экономика

Математические, статистические и инструментальные методы в экономике

Моделирование динамики площадей виноградников и производства винодельческих хозяйств Республики Дагестан
Д. А. МАКСИМОВ, Ю. В. МОРОЗОВА.....75

Региональная и отраслевая экономика

Разработка методики комплексной оценки платформенного взаимодействия розничных торговых предприятий
С. Е. БАРЫКИН, О. В. ВОРОНОВА, Г. Ю. МИТЯШИН, И. В. СОНЦ.....91

Анализ текущей ситуации на рынке морских экспортных поставок продукции лесопромышленного комплекса
*А. А. ТАМБИ, О. А. ПОЛЯНСКАЯ, В. В. БЕСПАЛОВА,
А. Е. МИХАЙЛОВА, В. А. ЛИПСКИЙ*.....104

Влияние сбоев в цепочках поставок, вызванных международными санкциями, на развитие суверенных экономик: метод «Difference-in-Differences» <i>А. Х. ФИКИРЕ, Е. В. КОРЧАГИНА</i>	119
---	-----

Менеджмент

Экосистемно-платформенные механизмы формирования инновационной синергии: теория, моделирование и эмпирическая аппроксимация <i>А. Ч. КОКОВ, К. В. ДЬЯЧКОВ</i>	133
--	-----

Исторические науки

Эпидемии чумы и вспышки других опасных заболеваний на Центральном Кавказе в начале XIX века: источники распространения, масштабы и последствия <i>А. В. КУШХАБИЕВ, В. А. ФОМЕНКО</i>	147
---	-----

Филология

Владимир Мокаев: биография и метафизика мышления <i>Р. А. КЕРИМОВА</i>	166
---	-----

Юбиляры

<i>Людмиле Климентьевне Бабенко – 80 лет</i>	175
<i>Юрию Хасановичу Шогенову – 65 лет</i>	177

Правила для авторов журнала	180
--	-----

CONTENTS

News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS Vol. 28 No. 2 2026

Editorial Board.....5

Information Technologies and Telecommunications

System analysis, management and information processing, statistics

Application of finite state machines as a control model in agent-based RAG systems for corporate knowledge bases: a systems approach and formalization

R.S. ROZUM, A.S. KUZNETSOV.....11

Synthesis algorithm for a phase shift control system using generalized Galerkin method

A.V. STATKEVICH.....25

Informatics and information processes

Architecture of a distributed storage and big data processing system based on Apache Ozone and Argo Workflows

K.A. POLYANTSEVA, A.V. KOMLEV, M.G. GORODNICHEV.....34

Agronomy, Forestry and Water Management

General farming and crop production

Effect of sowing time on water consumption and sunflower yield in Donbass region

*N.N. TIMOSHIN, N.V. RESHETNYAK, A.V. BARANOVSKY,
N.A. MELNIK, O.V. MAZALOV, I.V. SIGIDINENKO*.....51

Breeding, seed production and plant biotechnology

Study of source material for popcorn breeding by All-Russian Research Institute of Corn

O.V. TERKINA, A.N. ROMANOVA.....66

Economy

Mathematical, statistical and instrumental methods in economics

Modeling vineyard and wineries dynamic in the Republic of Dagestan

D.A. MAKSIMOV, Yu.V. MOROZOVA.....75

Regional and sectoral economics

Development of a comprehensive assessment methodology for platform interaction of retail enterprises

S.E. BARYKIN, O.V. VORONOVA, G.Yu. MITYASHIN, I.V. SONTS.....91

Analysis of current situation in maritime market for forestry products

*A.A. TAMBI, O.A. POLYANSKAYA, V.V. BESPALOVA,
A.E. MIKHAILOVA, V.A. LIPSKY*.....104

The impact of supply chain disruptions caused by international sanctions on the development of sovereign economies: Difference-in-Difference methods of analysis <i>A.H. FIKIRE, E.V. KORCHAGINA</i>	119
---	-----

Management

Ecosystem-platform mechanisms for generating innovative synergies: theory, modeling, and empirical approximation <i>A.Ch. KOKOV, K.V. DYACHKOV</i>	133
---	-----

Historical Sciences

Plague epidemics and outbreaks of other dangerous diseases in the Central Caucasus in the early 19th century: sources of spread, scale, and consequences <i>A.V. KUSHKHABIEV, V.A. FOMENKO</i>	147
---	-----

Philology

Vladimir Mokaev: biography and metaphysics of thinking <i>R.A. KERIMOVA</i>	166
--	-----

Anniversaries

<i>Lyudmila Klimentyevna Babenko is 80 years old</i>	175
<i>Yuri Khasanovich Shogenov is 65 years old</i>	177

Publishing regulations for the authors	180
---	-----

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 Хасаинович, 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

Гукежев 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

Кибиров 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. Amir khanov, 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

Применение конечных автоматов как управляющей модели в агентных RAG-системах для корпоративных баз знаний: системный подход и формализация

Р. С. Розум, А. С. Кузнецов[✉]

Российский государственный социальный университет
129226, Россия, Москва, ул. Вильгельма Пика, 4, стр. 1

Аннотация. В статье с позиций системного анализа подробно рассмотрено применение теории конечных автоматов в качестве управляющей модели в агентных RAG-системах управления корпоративными базами знаний. Приведены основные требования к данным системам по показателям точности, предсказуемости и управляемости. Рассмотрено применение метода конечных автоматов, что позволяет ввести устойчивые состояния в систему и организовать управление. Приведены практические примеры применения конечных автоматов в RAG-системах. Создано формализованное описание применения FSM-агента в корпоративных системах. Агент в системе рассматривается как управляемый объект, формализуемый в виде конечного автомата, обладающего дискретным набором состояний, с учетом событий среды и сформулированного набора условий переходов. Приведена математическая модель FSM-агента, выполненная на основе математической функции описания множеств. Построены диаграмма компонентов FSM-RAG системы, отражающая архитектурное решение, которое может быть использовано в качестве основы для внедрения в корпоративные информационные системы, и визуальная диаграмма смены состояний FSM-RAG в виде графа переходов. Представленные в статье схемы и модель создают основу для внедрения более надежных агентов. Они будут поддаваться проверке и формализации в бизнес-среде.

Цель исследования – формализация процесса управления агентной RAG-системой корпоративной базы знаний на основе детерминированного конечного автомата и разработка математической модели FSM-агента как управляющей подсистемы.

Методология исследования включает методы системного анализа и синтеза, сравнительный анализ формальных управляющих моделей, построение математической модели автомата Мура, архитектурное моделирование и граф переходов состояний.

Результаты. Предложена формальная модель FSM-агента для RAG-системы; разработана архитектура FSM-RAG с выделением состояний, событий и функций переходов; построены диаграмма компонентов и граф состояний; показана применимость модели для корпоративных баз знаний с неструктурированными данными.

Выводы. Использование детерминированного конечного автомата в роли управляющей модели повышает предсказуемость, наблюдаемость и формальную проверяемость поведения RAG-системы; обеспечивает контролируруемую многоэтапную обработку запросов; позволяет анализировать завершенность сценариев и сложность алгоритма; создает основу для внедрения управляемых RAG-агентов в корпоративных информационных системах.

Ключевые слова: метод конечных автоматов, управляющие модели, большие языковые модели, агентные системы, базы знаний, системный подход, формализация

Поступила 14.11.2025, одобрена после рецензирования 16.12.2025, принята к публикации 25.03.2026

Для цитирования. Розум Р. С., Кузнецов А. С. Применение конечных автоматов как управляющей модели в агентных RAG-системах для корпоративных баз знаний: системный подход и формализация // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 2. С. 11–24. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-11-24

MSC: 00A72

Original article

Application of finite state machines as a control model in agent-based RAG systems for corporate knowledge bases: a systems approach and formalization

R.S. Rozum, A.S. Kuznetsov✉

Russian State Social University
4, Wilhelm Pieck street, building 1, Moscow, 129226, Russia

Abstract. This research article, from a systems analysis perspective, examines in detail the application of finite automata theory as a control model in agent-based RAG systems for managing corporate knowledge bases. Key requirements for these systems in terms of accuracy, predictability, and controllability are outlined. The application of the finite automata method, which allows for the introduction of stable states into the system and the organization of control, is discussed. Practical examples of the application of finite automata in RAG systems are provided. A formalized description of the application of an FSM agent in corporate systems is created. An agent in the system is considered a controlled object, formalized as a finite automaton with a discrete set of states, taking into account environmental events and a formulated set of transition conditions. A mathematical model of the FSM agent, based on the mathematical function of describing sets, is presented. A diagram of the FSM-RAG system components is constructed, reflecting the architectural solution that can be used as a basis for implementation in corporate information systems. A visual diagram of the FSM-RAG state transitions is presented in the form of a transition graph. The framework and model presented in the article provide a foundation for the implementation of more robust agents. They will be verifiable and formalizable in a business environment.

Aim. The study is to formalize the process of managing an agent-based RAG system of a corporate knowledge based on a deterministic finite state machine and to develop a mathematical model of an FSM agent as a control subsystem.

The **research methodology** includes methods of system analysis and synthesis, comparative analysis of formal control models, construction of a mathematical model of a Moore machine, architectural modeling and a state transition graph.

Results. A formal model of an FSM agent for a RAG system was proposed; an FSM-RAG architecture was developed with the identification of states, events, and transition functions; a component diagram and state graph were constructed; and the applicability of the model to corporate knowledge bases with unstructured data was demonstrated.

Conclusions. Using a deterministic finite state machine as a control model improves the predictability, observability, and formal verifiability of RAG system behavior; provides controlled multi-stage request processing; enables scenario termination and algorithm complexity analysis; creates the basis for implementing controlled RAG agents in corporate information systems.

Keywords: finite state machine method, control models, large language models, agent-based systems, knowledge bases, systems approach, formalization

Submitted 14.11.2025,

approved after reviewing 16.12.2025,

accepted for publication 25.03.2026

For citation. Rozum R.S., Kuznetsov A.S. Application of finite state machines as a control model in agent-based RAG systems for corporate knowledge bases: a systems approach and formalization. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 2. Pp. 11–24. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-11-24



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ВВЕДЕНИЕ

В связи с нарастающей популярностью использования Large Language Model (LLM) систем возникают более строгие требования к их точности, безопасности, предсказуемости и управляемости [1]. С точки зрения пользователя LLM – это черный ящик [1], который не всегда выдает предсказуемый и требуемый результат. Для того чтобы ответ от LLM был более предсказуемым и управляемым, а также чтобы не приходилось дорого дообучать модель, используются Retrieval-Augmented Generation (RAG) системы, которые позволяют создавать более понятные и контролируемые схемы управления бизнес-процессами с использованием LLM и внешних данных [2]. Но часто такие схемы становятся очень сложными и мало управляемыми, что возвращает проблему черного ящика в системах с применением LLM. Для решения этой проблемы можно использовать Finite State Machine (FSM), которые позволяют ввести в систему состояния и управлять этими состояниями, что увеличивает предсказуемость и управляемость системой.

В существующих RAG-системах FSM используют как вспомогательный механизм, например, чтобы ввести ограничения на формат вывода или перепроверить вывод из LLM. То есть FSM используется чаще всего на этапе генерации текста LLM, но не для управления всей логикой поведения агента.

В данной статье предлагается способ формализации RAG-систем с LLM с использованием FSM в роли главного управляющего механизма принятия решения агента, включая математическое описание и описание применимости, на примере корпоративной системы знаний.

Предложенная архитектура позволит связать множество шагов RAG-системы, таких как «понимание запроса», «декомпозиция», «извлечение данных», «генерация ответа», «верификация результата», в единый модуль FSM с понятными и управляемыми состояниями.

Научная новизна этого подхода в том, что модель конечного автомата применяется не просто как дополнительный элемент. Например, в таких фреймворках, как Autogen, Langchain, Microsoft AutoGPT и прочих, она используется именно так [3]. Здесь же она становится основным управляющим механизмом. Это обеспечивает предсказуемое и понятное поведение RAG-агента. Существующие решения обычно делают упор на гибкие скрипты, неявные рабочие процессы или деревья поведения. Предложенная модель FSM отличается. Она позволяет описать поведение агента в виде конечного автомата. При этом возможны проверка, оценка полноты, отслеживание переходов и анализ состояний системы.

Особенность в том, что модель используется для корпоративных баз знаний. В этом контексте нужны более строгие требования к объяснимости. Также важны надежность и контроль над взаимодействием с пользователем и источниками данных.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ
К УПРАВЛЕНИЮ ПОВЕДЕНИЕМ RAG-СИСТЕМ

RAG-системы, которые используют LLM, обычно реализуются в виде многоэтапных конвейеров, включающих в себя анализ запроса, извлечение релевантных данных из базы данных, генерацию ответа [6]. Эти этапы также делятся на различные способы анализа запроса, для структурированных и неструктурированных данных, различные источники данных, способность генерировать ответ несколькими моделями и алгоритмами. Поэтому вопрос управления последовательностью этапов и условиями переходов между ними является ключевым для обеспечения предсказуемой и объяснимой работы RAG-системы.

Одним из самых распространенных подходов к управлению RAG является использование строго заданных сценариев или линейных конвейеров. Другими словами, сценарный подход. Такой подход прост в реализации, но при этом не позволяет явно фиксировать текущее состояние системы, что затрудняет анализ поведения системы, из-за чего могут снижаться предсказуемость, стабильность и релевантность ответов. Также в такой системе все компоненты имеют жесткую связанность, и изменить или добавить новые правила и сценарии без влияния на все компоненты системы становится очень сложным.

Другим направлением в управлении RAG-системами является использование workflow-движков и систем оркестрации [6]. В них этапы обработки запроса рассматриваются как независимые задачи. Такой подход позволяет более гибко конфигурировать последовательность вызовов, но в первую очередь он ориентирован преимущественно на управление вычислительными процессами и ресурсами, а также не предоставляет строгую формальную модель поведения такой системы. Логика принятия решений часто остается распределенной и под управлением различных внешних систем, что слабо поддается формальному анализу.

В задачах управления поведением интеллектуальных систем часто применяются поведенческие деревья (Behavior Trees). Они позволяют описывать сложные сценарии с иерархией условий и действий. Такой подход широко используется в робототехнике и игровых AI-системах, однако для RAG-систем он может иметь ограничения. Поведенческие деревья обычно ориентированы на реактивное поведение и не обеспечивают удобный или формализованный механизм фиксации глобальных состояний системы, что усложняет анализ достижимости конечных состояний и завершения сценария в целом.

В современных фреймворках для построения LLM-агентов и RAG-систем, таких как AutoGen, LangChain и аналогичные, конечные автоматы могут использоваться в качестве вспомогательного механизма [3]. FSM применяются для ограничения формата вывода, контроля отдельных этапов генерации текстов или реализации простых переходов между агентами [9]. При этом FSM не рассматривается как основной механизм управления всей RAG-системой, а используется на отдельных участках конвейера обработки запроса.

Для управления поведением интеллектуальных систем могут применяться более сложные формальные модели, такие как автоматы с магазинной памятью или иерархические конечные автоматы [4]. Эти модели позволяют описывать вложенные и рекурсивные сценарии обработки, а также динамически изменяющиеся структуры. Однако использование таких моделей приводит к ряду практических ограничений при внедрении в реальные RAG-системы. Так как такие модели характеризуются частичной определенностью поведения, возрастает структурная сложность модели, повышается аналитическая сложность формальной верификации. В отличие от этих автоматов классические конечные автоматы обеспечивают полностью определенность переходов, явную фиксацию текущего состояния и конечное множество сценариев. Это делает FSM более удобной, простой и практически применимой управляющей моделью для RAG-систем.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОРМАЛЬНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ RAG-СИСТЕМОЙ

Для формального сравнения управляющих моделей используются следующие критерии [4]:

– определенность переходов – существует ли однозначное соответствие между текущим состоянием, входным событием и следующим состоянием;

- наблюдаемость состояния – возможно ли восстановить текущее состояние системы на основе внешних данных без скрытого контекста;
- структура памяти – наличие или отсутствие дополнительной памяти, влияющей на поведение;
- формальная проверяемость – возможность анализа свойств системы, таких как достижимость конечных состояний, завершенность сценариев и полнота переходов;
- декомпозиция поведения – возможность разбиения логики на конечное множество независимых или слабо связанных состояний без нарушения целостности модели;
- детерминированность выполнения – воспроизводимость поведения при одинаковых входных параметрах и условиях среды.

Таблица 1. Сравнительный анализ управляющих моделей**Table 1.** Comparative analysis of control models

Критерий	Детерминированный конечный автомат (FSM)	Иерархический конечный автомат (HFSM)	Автомат с магазинной памятью (PDA)
Определенность переходов	Переход определяется однозначной функцией $\delta: S \times \Sigma \rightarrow S$	Переход определяется функцией δ с учетом активного уровня иерархии	Переход определяется функцией δ с учетом состояния магазина
Наблюдаемость состояния	Текущее состояние полностью задается элементом множества S	Текущее состояние определяется комбинацией активного состояния и уровня иерархии	Текущее состояние определяется парой: состояние, содержимое магазина
Структура памяти	Дополнительная память отсутствует	Используется иерархический контекст состояний	Используется неограниченная магазинная память
Формальная проверяемость	Анализ достижимости, завершенности и полноты переходов осуществляется на конечном графе состояний	Анализ требует учета вложенных автоматов и межуровневых переходов	Анализ требует учета динамически изменяемого содержимого магазина
Декомпозиция поведения	Поведение декомпозируется на конечное множество независимых состояний	Поведение декомпозируется с учетом иерархической вложенности	Поведение декомпозируется с учетом зависимостей от состояния магазина
Детерминированность выполнения	Поведение детерминировано при детерминированной функции переходов	Детерминированность зависит от структуры иерархии	Детерминированность зависит от операции над магазином

В таблице 1 приведен сравнительный анализ основных управляющих моделей, основанных на конечных автоматах по приведенным критериям.

Детерминированные конечные автоматы обеспечивают однозначность в поведении системы [4]. Для каждого состояния и события есть заданный переход, что позволяет в любой момент однозначно определить текущее состояние RAG-системы и восстановить цепочку принятых решений.

В иерархических автоматах состояние определяется не только текущим узлом, но и активным уровнем вложенности, что приводит к частичной определенности поведения и усложняет анализ достижимости финальных состояний системы [4]. Иерархический автомат может гарантировать завершение отдельных ветвей, локальных сценариев, но не всей системы глобально.

В автоматах с магазинной памятью поведение дополнительно зависит от содержимого стека. Содержимое стека не ограничивается конечным набором состояний, что образует потенциально бесконечное множество конфигураций [4]. Это усложняет формальную проверку свойств системы, таких как достижимость конечных состояний.

КАК FSM ДОПОЛНЯЕТ АРХИТЕКТУРУ RAG

RAG уже активно используется во многих корпоративных системах с применением LLM. Применение FSM – это способ усилить архитектуру RAG за счет управления поведением системы [5]. При работе с RAG можно столкнуться со следующими проблемами:

- нет понятия текущего этапа или состояния обработки запроса, в процессе работы система находится в неизвестном состоянии;
- нельзя задать гибкие стратегии поведения переходов между этапами;
- отсутствуют переходы между состояниями в зависимости от условий среды;
- система сама принимает решения, поэтому невозможно оценить сложность работы системы.

Использование FSM представляет логику поведения RAG-системы как управляемую последовательность состояний, где каждый этап – это отражение текущего состояния системы. FSM описывает функции и правила их вызова: «что и когда», не затрагивая саму логику системы. Можно описать состояния в виде отдельных функций, например: PARSE, RETRIEVE, GENERATE, REPHRASE, ERROR и т.д. А далее просто управлять вызовами этих функций в зависимости от данных и текущего состояния системы (табл. 2).

Таблица 2. Примеры практического применения FSM в RAG

Table 2. Examples of practical application of FSM in RAG

Сценарий	Использование FSM
Retriever дал нерелевантные документы	FSM позволяет перейти в <i>REPHRASE</i> -> <i>RETRY</i> вместо генерации
Нужно выбрать источник по типу запроса	В состоянии <i>RETRIEVE</i> FSM учитывает тип запроса и выбирает источник
Нужно уточнить данные у пользователя	FSM переходит в <i>REQUEST_FEEDBACK</i> , вызывает внешний модуль и переходит в режим ожидания
Контроль глубины итераций	FSM хранит счетчик, ограничивает циклы <i>REPHRASE</i> -> <i>RETRY</i>

Таким образом, FSM здесь выполняет роль управляющего механизма, который определяет стратегию работы системы на основе текущего состояния и внешних условий.

Это позволяет создать дискретную управляющую систему, обладающую наблюдаемостью и устойчивостью, с возможностью формального анализа поведения.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ FSM-АГЕНТА КАК УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПОДСИСТЕМЫ

Для применения в корпоративных системах поведение FSM-агента должно быть формализовано. Агент в RAG-системе рассматривается как управляемый объект, поведение которого описывается конечным автоматом с дискретными состояниями, событиями среды и возможностью описать условия переходов. С точки зрения системного анализа такой подход является наиболее формализованным в такой системе.

Математическая модель FSM-агента для RAG выглядит так:

$$A = (S, \Sigma, \delta, s_0, F, \omega),$$

где:

S – дискретное множество фаз управления жизненным циклом запроса, введенное для обеспечения наблюдаемости, ограниченности и формального анализа поведения RAG-системы;

Σ – конечное множество наблюдаемых управляющих событий, отражающих результаты выполнения этапов RAG-системы, а не обрабатываемые данные (например, событие входящего запроса, результат обработки запроса, ошибки и так далее);

$\delta: S \times \Sigma \rightarrow S$ – функция переходов между состояниями, которая задает детерминированную политику управления фазами RAG-системы и определяет допустимые сценарии обработки на основе наблюдаемых событий;

$s_0 \in S$ – начальное состояние, вводится для формального задания точки инициализации управляющего процесса обработки запроса и обеспечивает единое начало всех сценариев поведения RAG-системы;

$F \subseteq S$ – множество завершающих состояний (например, *FINISH*, *ERROR*, *REQUEST_FEEDBACK* и другие). Этот параметр вводится для формального задания логического завершения управляющего сценария обработки запроса и позволяет анализировать корректность и завершенность поведения RAG-системы;

$\omega: S \rightarrow A$ – функция действий, выполняемых агентом при нахождении в состоянии (вызов модуля поиска, выход в цикл уточнения, запрос в языковую модель и прочее). Формализует управляющие воздействия FSM на компоненты RAG-системы путем сопоставления каждому состоянию соответствующих операций и обеспечивает разделение логики управления и исполнения.

Таким образом, предложенная модель представляет собой расширенный автомат Мура (FSM), дополненный функцией действий ω , что позволяет определить поведение в каждом состоянии, а не только описать логику переходов.

Выбор автомата Мура как управляющей модели обусловлен тем, что RAG представляет собой фазовый процесс обработки запроса. Использование автомата с фиксированными состояниями позволяет формально зафиксировать этап обработки, обеспечить наблюдаемость и отделить управление от выполнения вычислений.

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ В FSM-УПРАВЛЯЕМЫХ RAG-СИСТЕМАХ

В большинстве своем корпоративные базы знаний – это неструктурированные данные [6]. В них могут содержаться документы в различных форматах PDF, DOCX, XLS, PNG и другие. Это усложняет конвейер RAG из-за добавления множества этапов и стратегий извлечения и обработки данных из разных источников в разных форматах. Из-за отсутствия явной модели управления RAG-системой эти этапы обычно реализуются в виде неформальных эвристик, что снижает предсказуемость и понятность поведения RAG-системы, увеличивая риски возникновения ошибок и неопределенностей.

Использование FSM в качестве модели управления RAG-системой позволяет явно выделить этапы обработки неструктурированных данных и формализовать стратегии переходов между ними. FSM позволяет улучшить качество извлечения информации из неструк-

турированных источников путем введения наблюдаемых управляющих событий, на основании которых система может принимать решения, например, о дополнительной постобработке данных или об уточнении запроса у пользователя.

Специфика работы с неструктурированными данными отражается в модели через множество событий Σ и функцию переходов δ .

Предложенный подход позволяет сохранить детерминированность и наблюдаемость RAG-системы при работе в том числе и с неструктурированными данными.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕНА БАЗЫ ЗНАНИЙ НА ПОВЕДЕНИЕ FSM-УПРАВЛЯЕМОЙ RAG-СИСТЕМЫ

В корпоративных системах размер базы знаний может достигать сотен и тысяч документов, так же, как и постоянный рост этой базы знаний, это оказывает прямое влияние на характеристики RAG-системы, в первую очередь на этапе извлечения информации. Увеличение объема базы знаний приводит к увеличению времени поиска, снижению релевантности извлекаемых данных и увеличению вероятности повторных циклов обработки запроса.

Отсутствие формализованного механизма управления приводит к неконтролируемому увеличению времени и числу обращений к LLM. Из-за этого увеличивается неопределенность поведения RAG-системы и усложняется анализ возможных ошибок и возможной деградации производительности системы.

Использование FSM для управления RAG-системой позволяет локализовать влияние масштаба базы знаний в рамках отдельных состояний и правил. За счет детерминированной функции переходов δ FSM обеспечивает управляемость поведения системы при любом объеме базы знаний и при ее увеличении со временем.

Такой подход не устраняет вычислительную сложность извлечения информации, но обеспечивает предсказуемость и формальный анализ поведения RAG-системы при любом масштабе базы знаний.

МНОГОЭТАПНЫЕ СЦЕНАРИИ ОБРАБОТКИ ЗАПРОСОВ В RAG-СИСТЕМЕ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ FSM-АГЕНТА

В корпоративных системах часто используются сложные многоэтапные сценарии обработки запросов. В RAG-системах без формализованного механизма управления невозможно знать заранее число этапов обработки, сложно контролировать возвраты и количество повторных циклов, а также гарантировать логичное завершение процесса [7, 8].

FSM позволяет формализовать многоэтапную обработку запроса в виде последовательности и циклов состояний, которые управляются функцией переходов δ . FSM явно фиксирует текущую фазу обработки, дает контроль над глубиной многоэтапного анализа за счет конечности множества состояний, явного задания допустимых циклов переходов и обязательного достижения завершающих состояний и позволяет детерминировать переходы между этапами на основе наблюдаемых событий.

В рамках предложенной модели повторные этапы обработки реализуются через циклы в функции переходов δ , а завершение многоэтапного сценария определяется достижением одного из состояний множества F . Такой подход обеспечивает управляемость, наблюдаемость и формальную анализируемость поведения RAG-системы при обработке сложных и многоэтапных запросов, не нарушая конечность модели.

АРХИТЕКТУРА RAG-СИСТЕМЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ FSM-АГЕНТОМ

Архитектура RAG-системы с управляющим FSM-агентом представляет собой набор ключевых компонентов системы и их связи. Предложенная на рисунке 1 архитектура может быть применена как шаблон для внедрения в корпоративные информационные системы [9].

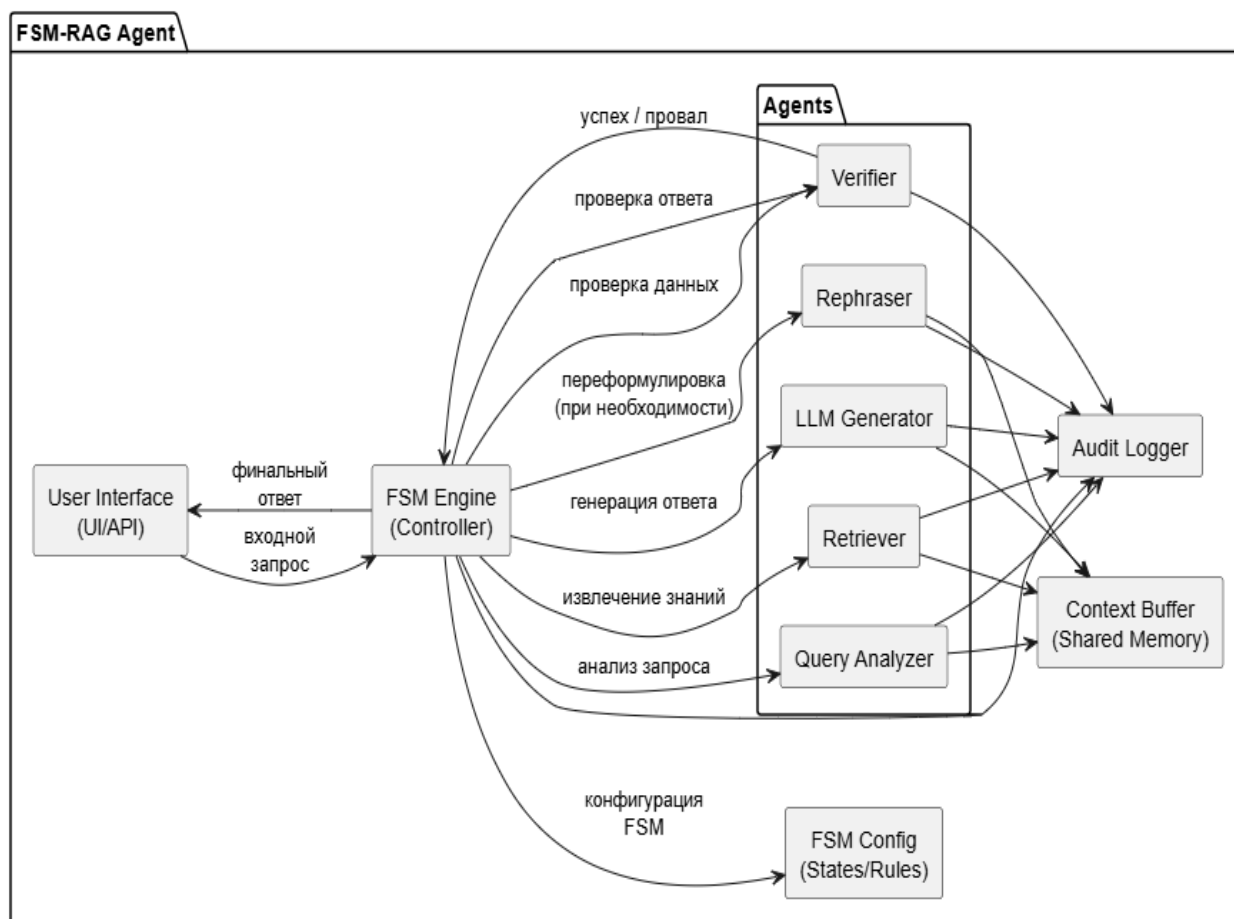


Рис. 1. Диаграмма компонентов FSM-RAG системы

Fig. 1. FSM-RAG system component diagram

Взаимодействие компонентов осуществляется по следующей схеме: FSM-Engine получает входной запрос от пользователя, инициирует последовательные вызовы агентов (модуль анализа, извлечение информации, генератор ответа). Полученный результат проходит проверку на полноту и соответствие заданным параметрам, в случае некорректности FSM инициирует переформулирование запроса, приводящее к повторному циклу поиска и генерации. Все промежуточные результаты, статусы и сигналы сохраняются в контекстном буфере и используются FSM-Engine для принятия решений о переходах. Дополнительно журнал всех событий, переходов, вызовов и ответов фиксируется в подсистеме Audit Logger для целей анализа ошибок и отладки.

На рисунке 2 представлена диаграмма переходов состояний FSM-агента, который реализует управление RAG-системой.

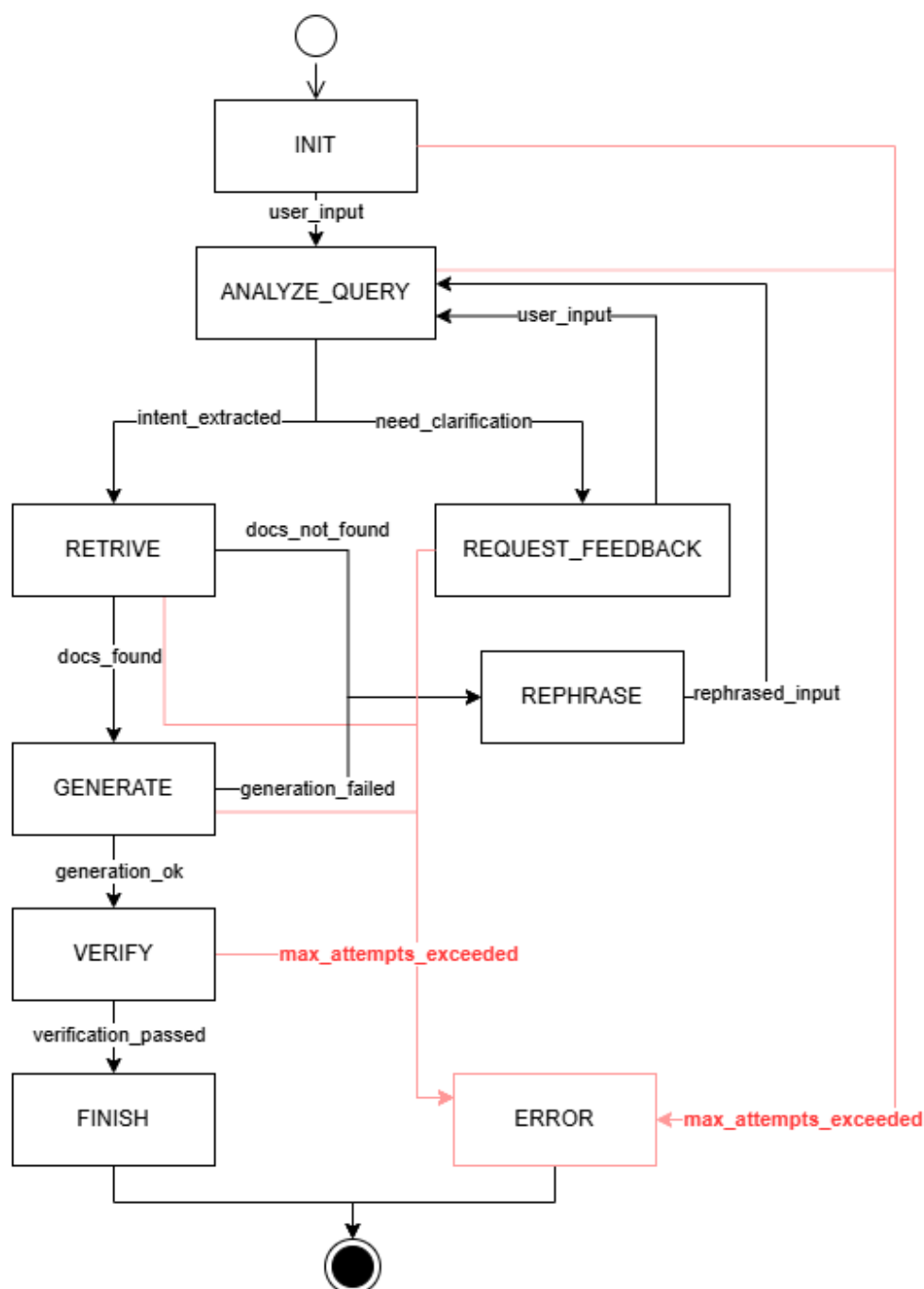


Рис. 2. Граф переходов состояний FSM-RAG системы

Fig. 2. State transition graph of the FSM-RAG system

Приведенные выше формальные модели FSM-агента для RAG-систем отображают основные компоненты архитектуры и переходы между состояниями, что позволяет строго формализовать RAG-систему [10].

Компоненты архитектуры и граф переходов состояний соответствуют математической модели FSM, описанной выше:

- S – соответствует фазам: анализ, поиск, генерация (*INIT*, *ANALYZE_QUERY*, *REQUEST_FEEDBACK*, *RETRIVE*, *GENERATE*, *VERIFY*, *REPHRASE*, *FINISH*, *ERROR*);
- Σ – внешние и внутренние события (*user_input*, *docs_found* и прочее);

- $\delta: S \times \Sigma \rightarrow S$ – логика вызовов агентов (проверка ответа, генерация, поиск);
- $s_0 \in S$ – начальное состояние (*INIT*);
- $F \subseteq S$ – множество завершающих состояний (например, *FINISH*, *ERROR*, *REQUEST_FEEDBACK* и другие);
- $\omega: S \rightarrow A$ – вызов соответствующего агента в зависимости от состояния (например, *RETRIVE* → *Модуль поиска*).

Таким образом, получается формальная модель FSM для RAG, которая позволяет строго определить все переходы, действия, состояния. Поведение RAG и LLM перестает быть «черным ящиком». Можно делать выводы о сложности модели, полноте и корректности автомата, а также можно протестировать модель и доказать завершимость алгоритма (доходимость до *FINISH* или *ERROR*). Например, можно провести расчет верхней границы числа действий агента.

Допустим:

- максимальное число переформулировок (*REPHRASE*) – k ;
- общее число переходов в цепочке без ошибок – 5 (*INIT* → *ANALYZE_QUERY* → *RETRIEVE* → *GENERATE* → *VERIFY*);
- количество переходов при одном цикле переформулировки (*REPHRASE*) – 3, например, если не удалось найти документы или ответ не валиден (*REPHRASE: ANALYZE_QUERY* → *RETRIVE* → *GENERATE*).

Тогда

$$T_{\max} = 5 + 3k.$$

Вывод:

- получаем T_{\max} – верхнюю границу числа действий агента;
- можно использовать это значение для оценки производительности;
- можно использовать как лимит для работы системы.

Реализация FSM как управляющего механизма дает возможность использовать предложенную модель в корпоративных системах поддержки знаний [10, 11]. Эти системы нуждаются в высокой степени надежности, объяснимости и предсказуемости. Такие сценарии охватывают техническую поддержку, доступ к нормативным документам, консультации на основе внутренних баз знаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой работе предложено управление поведением агента RAG на основе конечного автомата в качестве базовой модели управления. Проанализировав некоторые из существующих архитектур и потребности корпоративных интеллектуальных систем, можно обосновать, почему FSM лучше всего подходит для задач, ориентированных на предсказуемость, объяснимость и управляемость взаимодействия с языковыми моделями [12]. Построенная формальная модель была полезна для описания поведения агента: для оценки сложности сценария, анализа того, завершится ли когда-нибудь какой-либо процесс, и пригодна для структурного тестирования всех возможных переходов.

В рамках работы показано, что использование FSM в роли управляющей подсистемы позволяет учитывать особенности корпоративных систем, включая работу с неструктурированными источниками данных, масштабирование базы знаний и обработку сложных многоэтапных запросов.

Разработанная архитектура показывает, как модель работает на практике в корпоративных базах знаний. FSM позволяет четко определить логику взаимодействия частей, составляющих систему RAG: анализ запросов, стратегия извлечения контекста, генерация ответов и проверка. Представленные схемы и модель создают основу для внедрения более надежных агентов. Они будут поддаваться проверке и формализации в бизнес-среде. В будущем подход может быть расширен за счет включения иерархических автоматов или вероятностных вариантов. Кроме того, его стоит адаптировать к мультиагентным системам [8], где роли и контексты динамично меняются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Намиот Д. Е., Ильюшин Е. А.* О киберрисках генеративного Искусственного Интеллекта // *International Journal of Open Information Technologies*. 2024. Vol. 12. No. 10. Pp. 109–119. EDN: JZCUQS
2. *Намиот Д. Е., Ильюшин Е. А.* Архитектура LLM агентов // *International Journal of Open Information Technologies*. 2025. Т. 13. № 1. С. 67–74. EDN: VIMKYB
3. FSM Group Chat – User-specified agent transitions – <https://microsoft.github.io/autogen/0.2/blog/2024/02/11/FSM-GroupChat> (дата обращения: 13.11.2025 г.)
4. *Нестеров Л. А.* Методы синтеза и анализа дискретных конечных автоматов // *Resour. Technol.* 2001. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-sinteza-i-analiza-diskretnyh-konechnyh-avtomatov> (дата обращения: 13.11.2025).
5. Can large language models help developers with robotic finite state machine modification. <https://arxiv.org/html/2412.05625v1> (дата обращения: 13.11.2025 г.)
6. *Куприяновский В. П., Аленьков В. В., Соколов И. А. и др.* Умная инфраструктура, физические и информационные активы, Smart Cities, BIM, GIS и IoT // *International Journal of Open Information Technologies*. 2017. Vol. 5. No. 10. Pp. 55–86. EDN: ZISODV
7. *Youssef Maklad, Fares Wael, Wael Elersy, Ali Hamdi.* Retrieval augmented generation based LLM evaluation for protocol state machine inference with chain-of-thought reasoning. <https://arxiv.org/abs/2502.15727> (дата обращения: 13.11.2025 г.)
8. MetaAgent: Automatically Constructing multi-agent systems based on Finite State Machines. <https://arxiv.org/abs/2507.22606> (дата обращения: 13.11.2025 г.)
9. What OpenAI ChatGPT Pro Means for AI Agents and Agentic AI. <https://www.teneo.ai/blog/what-openai-chatgpt-pro-means-for-ai-agents-and-agentic-ai> Retrieved: Dec, 2024
10. *Розум Р. С., Кузнецов А. С.* Системный подход к оценке эффективности методов кластеризации и их программных реализаций // *Рефлексия*. 2025. № 2. С. 87–91. EDN: XASNUX
11. *Розум Р. С., Кузнецов А. С.* Архитектура автоматизированной информационной системы обработки и семантического анализа запросов к системам обслуживания реального времени // *Тенденции развития науки и образования*. 2024. № 115–15. С. 101–107. DOI: 10.18411/trnio-11-2024-709. EDN: DOSWGC
12. *Кузнецов А. С.* Информационное моделирование объектов, процессов и систем: принципы формализации, классификации и верификации: монография. Санкт-Петербург: Сциентиа, 2026. 106 с. ISBN-13 (15) 978-5-907902-76-3

REFERENCES

1. Namiot D.E., Eugene E.A. On cyber risks of generative artificial intelligence. *International Journal of Open Information Technologies*. 2024. Vol. 12. No. 10. 109–119. EDN: JZCUQS. (In Russian)

2. Namiot D.E., Ilyushin E.A. Architecture of LLM agents. *International Journal of Open Information Technologies*. 2025. Vol. 13. No. 1. Pp. 67–74. EDN: VIMKYB. (In Russian)
3. FSM Group Chat – User-specified agent transitions. <https://microsoft.github.io/autogen/0.2/blog/2024/02/11/FSM-GroupChat> (accessed: 13/11/2025)
4. Nesterov L.A. Methods for synthesis and analysis of discrete finite automata. *Resour. Technol.* 2001. No. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-sinteza-i-analiza-diskretnyh-konechnyh-avtomatov> (accessed: 11/13/2025). (In Russian)
5. Can large language models help developers with robotic finite state machine modification. <https://arxiv.org/html/2412.05625v1> (accessed: 13/11/2025)
6. Kupriyanovsky V.P., Alenkov V.V., Sokolov I.A. et al. Smart infrastructure, physical and information assets, Smart Cities, BIM, GIS and IoT. *International Journal of Open Information Technologies*. 2017. Vol. 5. No. 10. Pp. 55–86. EDN: ZISODV. (In Russian)
7. Youssef Maklad, Fares Wael, Wael Elersy, Ali Hamdi. Retrieval augmented generation based LLM evaluation for protocol state machine inference with chain-of-thought reasoning. <https://arxiv.org/abs/2502.15727> (accessed: 13/11/2025)
8. MetaAgent: Automatically constructing Multi-Agent Systems based on finite state machines. <https://arxiv.org/abs/2507.22606> (accessed: 13/11/2025)
9. What OpenAI ChatGPT Pro Means for AI Agents and Agentic AI. <https://www.teneo.ai/blog/what-openai-chatgpt-pro-means-for-ai-agents-and-agentic-ai> Retrieved: Dec, 2024
10. Rozum R.S., Kuznetsov A.S. A systems approach to assessing the effectiveness of clustering methods and their software implementations. *Reflection*. 2025. No. 2. Pp. 87–91. EDN: XASNUX. (In Russian)
11. Rozum R.S., Kuznetsov A.S. Architecture of an automated information system for processing and semantic analysis of requests to real-time service systems. *Trends in the Development of Science and Education*. 2024. No. 115–15. Pp. 101–107. DOI: 10.18411/trnio-11-2024-709. EDN: DOSWGC. (In Russian)
12. Kuznetsov A.S. *Informatsionnoye modelirovaniye ob"yektov, protsessov i sistem: printsipy formalizatsii, klassifikatsii i verifikatsii* [Information modeling of objects, processes and systems: principles of formalization, classification and verification: monograph]. St. Petersburg: Scientia, 2026. 106 p. ISBN-13 (15) 978-5-907902-76-3. (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

Розум Роман Сергеевич, аспирант кафедры информационных технологий, искусственного интеллекта и общественно-социальных технологий цифрового общества, Российский государственный социальный университет;

129226, Россия, Москва, ул. Вильгельма Пика, 4, стр. 1;

romanrozum@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2276-842X>, SPIN-код: 2190-5760

Кузнецов Андрей Сергеевич, канд. тех. наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий, искусственного интеллекта и общественно-социальных технологий цифрового общества, заместитель руководителя по научной деятельности факультета политических и социальных технологий, Российский государственный социальный университет;

129226, Россия, Москва, ул. Вильгельма Пика, 4, стр. 1;

askgoogle@internet.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1569-4765>, SPIN-код: 8442-7210

Information about the authors

Roman S. Rozum, Postgraduate Student, Department of Information Technology, Artificial Intelligence and Public and Social Technologies of the Digital Society, Russian State Social University;

4, Wilhelm Pieck street, building 1, Moscow, 129226, Russia;

romanrozum@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2276-842X>, SPIN-code: 2190-5760

Andrey S. Kuznetsov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies, Artificial Intelligence and Social Technologies of Digital Society, Russian State Social University;

4, Wilhelm Pieck street, building 1, Moscow, 129226, Russia;

askgoogle@internet.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1569-4765>, SPIN-code: 8442-7210

Алгоритм синтеза системы управления с фазосдвигающим фильтром обобщенным методом Галеркина

А. В. Статкевич

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А

Аннотация. В данной работе исследуется актуальная инженерная задача – синтез параметров системы с переменной структурой. Основным предмет исследования – система управления, включающая фазосдвигающий фильтр. Фазосдвигающие фильтры широко применяются в современной цифровой обработке сигналов. Их ключевые преимущества – гибкость настройки и высокая точность реализации требуемых характеристик – делают их незаменимыми в таких областях, как телекоммуникации, радиолокация, аудиотехника, системы автоматического управления. Требуется синтезировать параметры системы, обеспечивающие следующие условия: устойчивость работы, требуемые динамические характеристики, минимизация ошибок слежения, адаптивность к изменению внешних условий.

Цель исследования – разработка эффективного подхода к настройке систем управления, содержащих фазосдвигающие фильтры.

Результаты. Построена математическая модель нестационарной системы с изменяющейся структурой; в качестве синтеза системы автоматического управления с переменной структурой предложен синтез обобщенным методом Галеркина; разработан алгоритм синтеза системы автоматического управления с изменяющейся структурой на примере фазосдвигающего фильтра обобщенным методом Галеркина.

Выводы. Предложенный подход открывает новые возможности для создания эффективных, гибких и надежных систем управления с фазосдвигающими фильтрами.

Ключевые слова: фазосдвигающий фильтр, скользящее движение, система с переменной структурой, обобщенный метод Галеркина, система с переменной структурой, нестационарная система, синтез систем автоматического управления, математическое описание, дифференциальное уравнение системы управления, система автоматического управления

Поступила 21.10.2025, одобрена после рецензирования 18.01.2026, принята к публикации 25.03.2026

Для цитирования. Статкевич А. В. Алгоритм синтеза системы управления с фазосдвигающим фильтром обобщенным методом Галеркина // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 2. С. 25–33. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-25-33

Synthesis algorithm for a phase shift control system using generalized Galerkin method

A.V. Statkevich

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
67, Let. A, Bolshaya Morskaya street, Saint-Petersburg, 190000, Russia

Abstract. This paper examines a pressing engineering problem: synthesizing the parameters of a system with a variable structure. The primary subject of the study is a control system incorporating a phase-shifting filter. Phase-shifting filters are widely used in modern digital signal processing. Their key advantages – flexible configuration and high accuracy in achieving the required characteristics – make them indispensable in areas such as telecommunications; radar; audio equipment; and automatic control systems. The objective is to synthesize system parameters that ensure the following conditions: operational stability; required dynamic characteristics; minimization of tracking errors; and adaptability to changing external conditions.

Aim. The study is to develop an effective approach to tuning control systems containing phase-shifting filters.

Results. A mathematical model of a non-stationary system with a variable structure was constructed; a generalized Galerkin method was proposed for synthesizing an automatic control system with a variable structure; an algorithm for synthesizing an automatic control system with a variable structure was developed using the generalized Galerkin method as an example of a phase-shifting filter.

Conclusions. The proposed approach opens new possibilities for creating efficient, flexible, and reliable control systems with phase-shifting filters.

Keywords: phase-shifting filter, sliding motion, variable-structure system, generalized Galerkin method, variable-structure system, non-stationary system, synthesis of automatic control systems, mathematical description, differential equation of a control system, automatic control system

Submitted 21.10.2025,

approved after reviewing 18.01.2026,

accepted for publication 25.03.2026

For citation. Statkevich A.V. Synthesis algorithm for a phase shift control system using generalized Galerkin method. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 2. Pp. 25–33. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-25-33

ВВЕДЕНИЕ

Выбор конкретных фазосдвигающих фильтров при разработке алгоритмов управления зачастую обусловлен сложностями, возникающими в процессе вычисления производных системных координат. Именно технические ограничения при дифференцировании параметров системы во многом определяют целесообразность применения тех или иных типов фильтров в задачах синтеза управляющих воздействий [1–3]. Принцип переменной структуры представляет особый интерес при подборе фазосдвигающего фильтра. В результате формируется система, работающая аналогично подаче очищенной производной на вход неизменяемого компонента [4–5].

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ФАЗОСДВИГАЮЩИМ ФИЛЬТРОМ

Рассмотрим пример системы с фазосдвигающим фильтром, в котором мы имеем две линейные системы, причем принцип трансформации их конфигурации задается посред-



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ством логической функции. Формирование данной функции происходит благодаря двум ключевым характеристикам: значению рассогласования (ошибки) и сигналу на выходе инерционного компонента системы. Переменная структура инерционного звена обусловлена дискретными изменениями коэффициента усиления [6]. Поведение системы в динамике описывается системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} x_1 = x(t), \\ \frac{dx_1}{dt} = x_2, \\ \frac{dx_2}{dt} = -a_2x_2 - a_1x_1 - b\psi x_1, \\ \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{T}(\theta - \bar{\psi}x_1), \end{cases}$$

где x_1, x_2 – координаты системы, a_1, a_2, b – постоянные параметры, θ – выходная величина инерционного звена с постоянной времени T .

$$\psi = \begin{cases} k_1 & \text{при } y(t)x(t) > 0, \\ k_2 & \text{при } y(t)x(t) < 0, \end{cases} \tag{1}$$

где $y(t) = cx(t) - \theta$, k_1, k_2, c – постоянные коэффициенты.

Переменные коэффициенты инерционного звена $\bar{\psi}$ меняются по закону [5–6]

$$\bar{\psi} = \begin{cases} \bar{k}_1 & \text{при } x(t)y(t) > 0, \\ \bar{k}_2 & \text{при } x(t)y(t) < 0, \end{cases} \tag{2}$$

где \bar{k}_1, \bar{k}_2 – постоянные коэффициенты.

Согласно (1) и (2) величина k равна разнице \bar{k}_2 и \bar{k}_1 . Величина $\bar{\alpha}$ равняется значению постоянного коэффициента k_1 .

Структурная схема фазосдвигающего фильтра представлена на рис. 1.

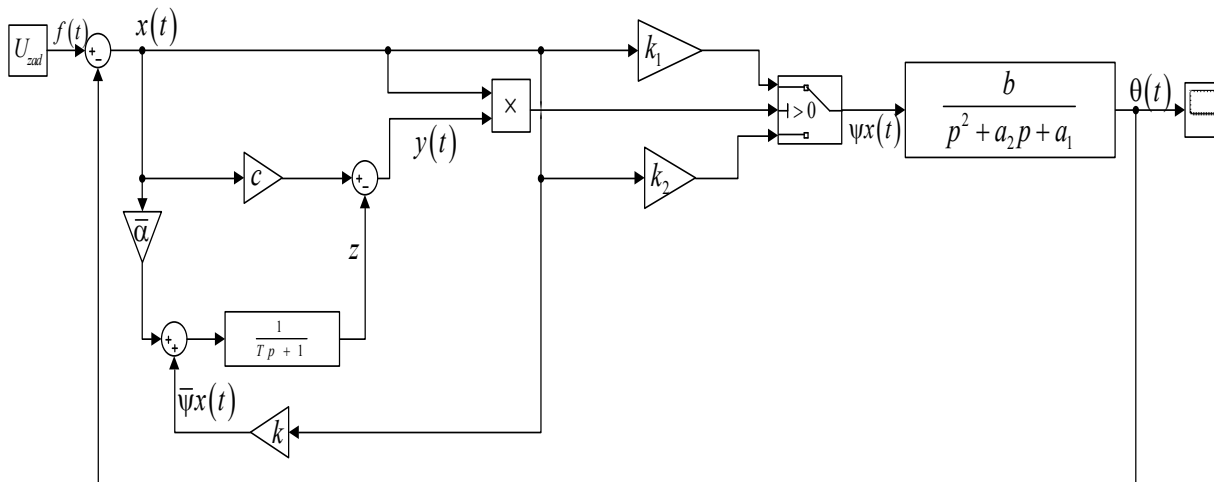


Рис. 1. Структурная схема фазосдвигающего фильтра с переменной структурой

Fig. 1. Structural diagram of a phase-shifting filter with variable structure

Фазосдвигающие фильтры с коммутируемым коэффициентом усиления открывают возможность создания систем, способных в заданной области фазовой плоскости имитировать работу линейных систем с управлением по ошибке и ее производной. Важное преимущество систем с переменной структурой – достижение аналогичного эффекта без необходимости измерения производной [7].

В работах [6–8] показано, что в структуре фазосдвигающего фильтра с переменной структурой возможен скользящий режим.

АЛГОРИТМ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ ОБОБЩЕННЫМ МЕТОДОМ ГАЛЕРКИНА

При разработке системы автоматического управления (САУ) учитываются ограничения, определяющие допустимые значения варьируемых параметров согласно условиям технической задачи [9–10]

$$c_k^- \leq c_k \leq c_k^+, \quad k = 1, 2, \dots, m,$$

где c_k^+ – максимальное допустимое значение варьируемых параметров; c_k^- – минимальное допустимое значение варьируемых параметров.

Существующий алгоритм решения обладает верхним порогом точности, который может быть математически описан следующим образом [11]:

$$\Delta = \frac{\delta c_k}{c_k} \leq \Delta^0,$$

где Δ^0 – заданное значение грубости системы; δc_k – вариация параметров, в пределах которых обеспечивается устойчивость системы.

Рассмотрим систему, представленную на рисунке, разбив ее на два режима работы. Первый режим при значении $x(t)y(t) > 0$, второй режим работы при значении $x(t)y(t) < 0$.

Требуемое программное движение зададим в следующем виде:

$$x^0(t) = \Omega^0(t) + \sum_{i=1}^l a_i \Omega_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, l,$$

где $\Omega^0(t) = \omega_0(t)1(t)$ – функция, удовлетворяющая заданным граничным условиям; $\Omega_i(t) = \omega_i(t)1(t)$ – функция, удовлетворяющая однородным граничным условиям; a_i – известные коэффициенты.

Работа САУ в первом и втором режимах при взаимодействии с входом нелинейного элемента описывается с помощью соответствующих уравнений:

$$\begin{aligned} x(t) &= f(t) - \theta(t), \\ \theta(t) &= x(t) k_{1,2} \frac{b}{p^2 + a_2 p + a_1}, \\ f(t) &= x(t) \left[\frac{p^2 + a_2 p + a_1 + k_{1,2} b}{p^2 + a_2 p + a_1} \right], \\ f(t)(p^2 + a_2 p + a_1) &= x(t)(p^2 + a_2 p + a_1 + k_{1,2} b), \end{aligned} \tag{3}$$

где $x(t)$ – исследуемая координата на входе регулятора.

Математическое описание динамики системы с переменной структурой в обобщенном виде реализуется через дифференциальное уравнение

$$\begin{aligned} Q(c_k, D)x(t) + R(c_k, D)\theta(t) &= S(c_k, D)f(t), \\ \theta(t) &= F[x(t), \dot{x}(t)], \end{aligned} \quad (4)$$

где D – оператор обобщенного дифференцирования; $f(t)$ – внешнее входное воздействие; $x(t)$, $\dot{x}(t)$ – исследуемая координата на входе нелинейного элемента, относительно которой записано уравнение движения синтезируемой САУ.

Представленная на рисунке система характеризуется переменной структурой, изменения которой происходят благодаря нелинейному элементу (НЭ) – реле с зоной гистерезиса, стремящейся к нулю. В данном случае работа системы описывается через дифференциальные уравнения.

Далее получим невязку из уравнений (3) и (4) благодаря подстановке желаемого программного движения в уравнение движения системы:

$$\psi(t) = Q(c_k, D)x^0(t) + R(c_k, D)F[x^0(t), D\{x^0(t)\}] - S(c_k, D)f(t).$$

Уравнение движения системы для первого и второго динамического режима принимает следующий вид:

$$\psi(t) = x^0(t)(p^2 + a_2p + a_1 + k_{1,2}b) - f(t)(p^2 + a_2p + a_1).$$

В данном случае для решения задачи синтеза фазосдвигающего фильтра обобщенным методом Галеркина необходимо вычислить интеграл B_{qi} для двух режимов работы системы. Далее для возникновения в системе скользящего режима необходимо, чтобы первая производная программного движения была разрывной функцией – то есть вывести уравнение непрерывного движения системы.

Вычисляется интеграл A_{qi} для колебательного затухающего процесса [11–13], который соответствует полному решению линейного дифференциального уравнения второго порядка:

$$A_{qi} = \int_0^{\infty} D^i \{x^0(t)\} e^{-\rho_q t} dt = A_q \rho_{q-1}, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

где $A_q = x_y + \frac{H^* \rho_q}{\alpha + \rho_q}$, $q = 1, 2, \dots, m$.

Далее рассмотрим вычисления интеграла A_q для первого и второго режимов работы системы [14]:

$$\begin{aligned} A_{qi} &= \int_0^{\infty} D^i \{x(t)\} e^{-\rho_q t} dt, \\ x^0(t) &= He^{-\alpha t} \cos(\beta t + \varphi_0) \cdot 1(t), \\ F[x(t)] &= \int_0^{\infty} He^{-\alpha t} \cos(\beta t + \varphi_0) \cdot e^{-\rho_q t} \cdot 1(t) dt, \\ A_{q0} &= \int_0^{\infty} He^{-\alpha t} \cos(\beta t + \varphi_0) \cdot e^{-\rho_q t} dt. \end{aligned}$$

Далее вычисляем интеграл B_{qi} для каждого динамического режима на выходе НЭ – реле с гистерезисом:

$$B_{qi} = \int_0^{\infty} D^i \left\{ F[x^0(t)] \right\} e^{-\rho_q t} dt = \int_0^{\infty} D^i \left\{ \sum_{g=0}^l z_g (x^0(t))^g 1(t) \right\} e^{-\rho_q t} dt. \quad (5)$$

В данном случае интеграл из (5) B_{qi} соответствует аналитическому представлению эквивалентных преобразований нелинейных характеристик применительно к кусочно-линейным элементам [10–11].

Далее решаем систему из m алгебраических уравнений и определяем значение варьируемых параметров. Процесс нахождения оптимальных параметров при решении задачи синтеза осуществляется с учетом целого ряда технических ограничений. Эти ограничения определяются возможностями практической реализации системы и необходимостью обеспечения ключевых характеристик синтезируемой системы автоматического управления – ее устойчивости и робастности (грубости) при выбранных параметрах [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе структурного синтеза нелинейной системы управления, где применяются вариационные методы анализа (включая обобщенный метод Галеркина), обеспечение необходимых показателей качества функционирования системы возможно только при предварительном определении желаемого программного движения. В задачах идентификации требуется, чтобы заданное программное движение соответствовало порядку системы, которую необходимо идентифицировать. В то же время при синтезе нелинейных САУ не нужно, чтобы желаемое программное движение было равно порядку создаваемой системы. Подобная методология обусловлена фундаментальной проблемой: невозможно заблаговременно сформировать полностью реализуемую программу движения для нелинейной системы автоматического управления. Это связано с тем, что на сегодняшний день не существует универсального алгоритма для решения нелинейных дифференциальных уравнений, что существенно осложняет процесс предварительного проектирования траекторий движения системы. Алгоритм скользящего движения радикально упрощает разработку систем автоматического управления с нестационарной структурой. Это особенно заметно при использовании обобщенного метода Галеркина – для систем с переменной структурой задача становится значительно легче.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаков И. Е. Статистическая динамика систем с переменной структурой. М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1977. 416 с.
2. Steinberger M. (ed.), Horn M. (ed.), Fridman L. (ed.). Variable-structure systems and sliding-mode control: from theory to practice. Springer International Publishing AG, 2020. 462 p. (Studies in systems, decision and control). DOI: 10.1007/978-3-030-36621-6
3. Barth A., Weise C., Reiger J. Application of higher-order sliding-modes to a ball and plate system in Proc. of 15-th International Workshop on Variable Structure Systems (VSS), Graz, Austria, July 2018. Pp. 192–197.
4. Емельянов С. В. Системы автоматического управления с переменной структурой. М.: Наука, 1967, 366 с.

5. Уткин В. И., Орлов Ю. В. Теория бесконечномерных систем управления на скользящих режимах. М.: Наука, 1990. 133 с.
6. Статкевич А. В., Шишляков В. Ф. Применение фазосдвигающих фильтров для решения задачи синтеза // Математические методы и модели в высокотехнологичном производстве: сборник тезисов докладов IV Международного форума. В 2-х частях, Санкт-Петербург, 6 ноября 2024 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2024. С. 281–283.
7. Статкевич А. В., Шишляков В. Ф. Системы с переменной структурой на примере скользящего режима работы // Волновая электроника и инфокоммуникационные системы: XXVII Междунар. науч. конф. (СПб., 3–7 июня 2024 г.): сб. статей: в 3 ч. Ч. 3. СПб.: ГУАП, 2024. 329 с.
8. Уткин В. И. Скользящий режим и их применения в системах с переменной структурой. М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1974. 272 с.
9. Решетникова Н. В. Применение метода электронной коммутации при синтезе нестационарных систем автоматического управления // Инженерный вестник Дона. 2025. № 7(127). С. 445–454. EDN: DZYATZ
10. Ватаева Е. Ю. Параметрический синтез маломощной потенциометрической следящей системы // Труды МАИ. 2024. № 134. EDN: FUSCJQ
11. Шишляков Д. В., Шишляков В. Ф., Гречкин Н. Л., Ватаева Е. Ю. Синтез многосвязных САУ при полиномиальной аппроксимации нелинейных характеристик // Математические методы и модели в высокотехнологичном производстве: сборник тезисов докладов IV Международного форума. В 2-х частях, Санкт-Петербург, 6 ноября 2024 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2024. С. 422–424.
12. Шишляков В. Ф., Шишляков А. В., Тимофеев С. С. Синтез САУ при различных видах аппроксимации нелинейных характеристик: теория и практика: монография / Под ред. В. Ф. Шишлякова. СПб.: ГУАП, 2017.
13. Шишляков В. Ф. Синтез импульсных систем автоматического управления во временной области. Дисс. ... док-ра техн. наук: 05.13.01. Санкт-Петербург, 2001. 325 с.
14. Гречкин Н. Л., Ватаева Е. Ю., Шишляков Д. В. Решение задачи синтеза линейных САУ обобщенным методом Галеркина // Завалишинские чтения 23: сборник докладов XVIII Международной конференции по электромеханике и робототехнике, Санкт-Петербург, 18–19 апреля 2023 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2023. С. 96–98.
15. Криволапчук И. Г., Ватаева Е. Ю., Решетникова Н. В., Шишляков В. Ф. Регулятор на базе неточных множеств // Волновая электроника и инфокоммуникационные системы: сборник статей XXII Международной научной конференции: в 2-х частях. Часть 2. Санкт-Петербург, 3–7 июня 2019 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2019. С. 257–262.

REFERENCES

1. Kazakov I.E. *Statisticheskaya dinamika sistem s peremennoy strukturoy* [Statistical dynamics of systems with variable structure]. Moscow: Nauka, glavnyaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury izdatel'stva «Nauka», 1977. 416 p. (In Russian)
2. Steinberger M. (ed.), Horn M. (ed.), Fridman L. (ed.). Variable-structure systems and sliding-mode control: from theory to practice. *Springer International Publishing AG*, 2020. 462 p. (Studies in Systems, Decision and Control). DOI: 10.1007/978-3-030-36621-6

3. Barth A., Weise C., Reger J. Application of higher-order sliding-modes to a ball and plate system in Proc. of 15-th International Workshop on Variable Structure Systems (VSS), Graz, Austria, July 2018. Pp. 192–197.
4. Yemelyanov S.V. *Sistemy avtomaticheskogo upravleniya s peremennoy strukturoy* [Automatic control systems with variable structure]. Moscow: Nauka, 1967, 366 p. (In Russian)
5. Utkin V.I., Orlov Yu.V. *Teoriya beskonечnomernykh sistem upravleniya na skol'zyashchikh rezhimakh* [Theory of infinite-dimensional sliding mode control systems]. Moscow: Nauka, 1990. 133 p. (In Russian)
6. Statkevich A.V., Shishlakov V.F. Application of phase-shifting filters for solving the synthesis problem. *Matematicheskiye metody i modeli v vysokotekhnologichnom proizvodstve* [Mathematical Methods and Models in High-Tech Production]: collection of abstracts, IV International Forum in 2 parts. St. Petersburg, November 6, 2024. Pp. 281–283. (In Russian)
7. Statkevich A.V., Shishlakov V.F. Systems with variable structure: an example of a sliding mode of operation. XXVII Int. Sci. Conf. “*Volnovaya elektronika i infokommunikatsionnyye sistemy*” [Wave Electronics and Infocommunication Systems]: St. Petersburg, June 3–7, 2024, collection of articles in 3 parts. Part 3, 329 p. (In Russian)
8. Utkin V.I. *Skol'zyashchiy rezhim i ikh primeneniya v sistemakh s peremennoy strukturoy* [Sliding mode and its applications in systems with variable structure]. Moscow: Nauka, glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1974. 272 p. (In Russian)
9. Reshetnikova N.V. Application of the electronic switching method in the synthesis of non-stationary automatic control systems. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don]. 2025. No. 7(127). Pp. 445–454. EDN: DZYATZ. (In Russian)
10. Vataeva E.Yu. Parametric synthesis for a low-power potentiometric tracking system. *Trudy MAI* [Proceedings of the MAI]. 2024. No. 134. EDN: FUSCJQ. (In Russian)
11. Shishlakov D.V., Shishlakov V.F., Grechkin N.L., Vataeva E.Yu. Synthesis of multivariable ACS with polynomial approximation of nonlinear characteristics. IV-th International Forum *Matematicheskiye metody i modeli v vysokotekhnologichnom proizvodstve* [Mathematical Methods and Models in High-Tech Production]: collection of abstracts in 2 parts. St. Petersburg, November 6, 2024. Pp. 422–424. (In Russian)
12. Shishlakov V.F., Shishlakov A.V., Timofeev S.S. *Sintez SAU pri razlichnykh vidakh approksimatsii nelineynykh kharakteristik: teoriya i praktika* [Synthesis of ACS with different types of approximation of nonlinear characteristics: theory and practice]: monograph. St. Petersburg: GUAP, 2017. (In Russian)
13. Shishlakov V.F. *Sintez impul'snykh sistem avtomaticheskogo upravleniya vo vremennoy oblasti* [Synthesis of pulse automatic control systems in the time domain]. Diss. ... Doctor of Technical Sciences: 05.13.01. St. Petersburg, 2001. 325 p. (In Russian)
14. Grechkin N.L., Vataeva E.Yu., Shishlakov D.V. Solution of the problem of synthesis of linear automatic control systems using the generalized Galerkin method. *Zavalishinskiye chteniya 23: Sbornik dokladov XVIII Mezhdunarodnoy konferentsii po elektromekhanike i robototekhnike* [Zavalishinsky Readings 23: collection of papers of the XVIII International Conference on Electromechanics and Robotics] St. Petersburg, April 18–19, 2023. Pp. 96–98. (In Russian)
15. Krivolapchuk I.G., Vataeva E.Yu., Reshetnikova N.V., Shishlakov V.F. Regulator based on imprecise sets. *Sbornik statey v 2-h chastyakh XXII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: “Volnovaya elektronika i infokommunikatsionnyye sistemy”* [Collection of papers in 2 parts of the XXII International Scientific Conference: “Wave Electronics and Infocommunication Systems”] St. Petersburg, June 3–7, 2019. Part 2. Pp. 257–262. (In Russian)

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № FSRF-2023-0003, «Фундаментальные основы построения помехозащищенных систем космической и спутниковой связи, относительной навигации, технического зрения и аэрокосмического мониторинга».

Funding. This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, agreement No. FSRF-2023-0003, “Fundamental principles for constructing interference-resistant systems of space and satellite communications, relative navigation, machine vision, and aerospace monitoring”.

Информация об авторе

Статкевич Анастасия Вячеславовна, ст. преподаватель кафедры управления в технических системах, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения; 190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А; astat19@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5413-4938>, SPIN-код: 7825-7540

Information about the author

Anastasia V. Statkevich, Senior Lecturer, Department of Management in Technical Systems, Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation; 67, Let. A, Bolshaya Morskaya street, Saint-Petersburg, 190000, Russia; astat19@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5413-4938>, SPIN-code: 7825-7540

Архитектура распределенной системы хранения и обработки больших данных на основе Apache Ozone и Argo Workflows

К. А. Полянцева[✉], А. В. Комлев, М. Г. Городничев

Московский технический университет связи и информатики
111024, Россия, Москва, ул. Авиамоторная, 8А

Аннотация. В статье рассматривается архитектура распределенной системы хранения и обработки больших данных, построенная на основе интеграции объектного хранилища Apache Ozone и системы оркестрации вычислительных процессов Argo Workflows.

Цель исследования. Разработка и исследование архитектуры распределенной системы хранения и обработки больших данных, основанной на интеграции Apache Ozone и Argo Workflows, реализующей принцип разделения функций хранения и вычислений, а также оценка эффективности предложенного решения по сравнению с традиционной архитектурой Apache Hadoop.

Методы исследования. Использованы методы системного анализа архитектур больших данных, сравнительного экспериментального тестирования распределенных систем хранения и обработки информации, а также методы математического моделирования для формализации процессов масштабирования ресурсов, времени выполнения вычислений и эффективности хранения данных. Экспериментальная оценка проводилась на кластерах Apache Ozone и Apache Hadoop с использованием Apache Spark для выполнения вычислительных задач.

Результаты. Разработана архитектура распределенной системы, обеспечивающая независимое масштабирование подсистем хранения и вычислений за счет использования объектного хранилища Apache Ozone и оркестрации вычислительных процессов на базе Argo Workflows в контейнерной среде Kubernetes. Предложена методика интеграции компонентов без использования промежуточного S3-шлюза, позволяющая снизить накладные расходы взаимодействия. Проведенные экспериментальные исследования показали сопоставимую производительность предложенного решения с Hadoop-кластером при операциях чтения, записи и обработки данных, а также преимущества в гибкости масштабирования и эффективности использования дискового пространства при применении erasure coding.

Выводы. Результаты исследования подтверждают перспективность использования архитектуры на основе Apache Ozone и Argo Workflows в качестве альтернативы традиционным платформам обработки больших данных. Раздельная архитектура хранения и вычислений позволяет повысить гибкость инфраструктуры, оптимизировать использование ресурсов и снизить затраты на хранение данных при сохранении сопоставимого уровня производительности. Предложенный подход может быть применен при построении корпоративных аналитических платформ, систем обработки больших данных и инфраструктур машинного обучения.

Ключевые слова: распределенные системы хранения данных, большие данные, Apache Ozone, Argo Workflows, Kubernetes, Apache Spark, объектные хранилища, разделение хранения и вычислений, масштабируемость, обработка данных, контейнерные вычисления, отказоустойчивость

Поступила 25.02.2026, одобрена после рецензирования 11.03.2026, принята к публикации 25.03.2026

Для цитирования. Полянцева К. А., Комлев А. В., Городничев М. Г. Архитектура распределенной системы хранения и обработки больших данных на основе Apache Ozone и Argo Workflows // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 2. С. 34–50. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-34-50

Architecture of a distributed storage and big data processing system based on Apache Ozone and Argo Workflows

K.A. Polyantseva[✉], A.V. Komlev, M.G. Gorodnichev

Moscow Technical University of Communications and Informatics
8A, Aviamotornaya street, Moscow, 111024, Russia

Abstract. The article discusses the architecture of a distributed big data storage and processing system based on the integration of the Apache Ozone object storage and the Argo Workflows computing process orchestration system.

Aim. Development and research of the architecture of a distributed big data storage and processing system based on the integration of Apache Ozone and Argo Workflows, implementing the principle of separation of storage and computing functions, as well as evaluating the effectiveness of the proposed solution compared to the traditional Apache Hadoop architecture.

Methods. Methods of system analysis of big data architectures, comparative experimental testing of distributed information storage and processing systems, as well as mathematical modeling methods are used to formalize the processes of scaling resources, computing time, and data storage efficiency. The experimental evaluation is carried out on Apache Ozone and Apache Hadoop clusters using Apache Spark to perform computational tasks.

Results. A distributed system architecture has been developed that provides independent scaling of storage and computing subsystems through the use of Apache Ozone object storage and orchestration of computing processes based on Argo Workflows in the Kubernetes container environment. A method for integrating components without using an intermediate S3 gateway is proposed, which reduces the overhead costs of interaction. Experimental studies have shown comparable performance of the proposed solution with a Hadoop cluster for data reading, writing, and processing, as well as advantages in scaling flexibility and disk space efficiency when using erasure coding.

Conclusions. The results of the study confirm the prospects of using architecture based on Apache Ozone and Argo Workflows as an alternative to traditional big data platforms. The separate storage and computing architecture allow for increased infrastructure flexibility, optimized resource usage, and lower data storage costs while maintaining comparable performance levels. The proposed approach can be applied in the construction of corporate analytical platforms, big data processing systems and machine learning infrastructures.

Keywords: distributed storage systems, big data, Apache Ozone, Argo Workflows, Kubernetes, Apache Spark, object storage, separation of storage and computing, scalability, data processing, container computing, fault tolerance

Submitted 25.02.2026,

approved after reviewing 11.03.2026,

accepted for publication 25.03.2026

For citation. Polyantseva K.A., Komlev A.V., Gorodnichev M.G. Architecture of a distributed storage and big data processing system based on Apache Ozone and Argo Workflows. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 2. Pp. 34–50. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-34-50

ВВЕДЕНИЕ

В условиях стремительного роста объемов данных, а также растущей популярности систем на основе искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения задача эффективного хранения и обработки больших массивов информации становится наиболее важной. Популярные решения, такие как Apache Hadoop, успели хорошо зарекомендовать



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

себя в этой сфере, однако с развитием технологий и изменением требований к инфраструктуре начинают показывать худшие результаты на фоне конкурентов [1, 2].

Современные тенденции в развитии систем больших данных указывают на необходимость разделения функций хранения и обработки данных, что позволяет оптимизировать использование ресурсов, повысить гибкость инфраструктуры и снизить общую стоимость владения.

В настоящее время разделение функций хранения и производства вычислений позволяет ощутимо оптимизировать использование ресурсов, а также повысить гибкость инфраструктуры. В данном контексте интеграция Apache Ozone как объектного хранилища и Argo Workflows как платформы оркестрации вычислительных процессов представляет собой перспективное решение, способное преодолеть ограничения традиционных подходов.

Актуальность данного исследования обусловлена потребностью потребителей в более гибких и универсальных подходах, не уступающих привычным системам в производительности.

Целью данной работы является разработка и оценка эффективности комплексного решения на основе интеграции Apache Ozone и Argo Workflows.

АРАСНЕ НАДООР: АРХИТЕКТУРА, ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И ПРИМЕНЕНИЕ

Несмотря на наличие разнообразия технологий в экосистеме больших данных, Apache Hadoop по-прежнему остается одним из главных инструментов в корпоративном секторе. С момента своего появления в 2006 году он произвел революцию в области обработки больших данных, предоставив открытую платформу, способную хорошо масштабироваться. Многие современные решения для работы с большими данными либо основаны на Hadoop, либо разработаны под влиянием его основных принципов.

Экосистема Apache Hadoop представляет собой комплекс взаимосвязанных технологий, но в ее основе лежат три ключевых компонента [3, 4]:

1. HDFS (Hadoop Distributed File System) – распределенная файловая система.
2. YARN (Yet Another Resource Negotiator) – система управления ресурсами и планирования заданий в кластере, отделяющая эти функции от модели программирования.
3. MapReduce – программная модель и фреймворк для распределенной обработки больших наборов данных на кластерах.

Вокруг базовой платформы Hadoop выросла обширная экосистема инструментов и технологий, каждая из которых решает определенные задачи: Apache Hive, Apache HBase, Apache Spark, Apache Sqoop и т.д.

Ключевым принципом работы Hadoop является концепция «перенести вычисления к данным, а не данные к вычислениям». Он распределяет задачи обработки на узлы, где уже хранятся соответствующие данные. Это позволяет минимизировать сетевой трафик и более эффективно использовать локальность данных.

Также Hadoop спроектирован с учетом высокой вероятности аппаратных сбоев при работе с большими кластерами. Он обеспечивает надежность через репликацию данных и перезапускает задачи на других узлах кластера в случае отказа.

Кроме того, система позволяет линейно масштабировать производительность и объем хранения путем добавления новых узлов в кластер.

Несмотря на свою значительную роль и широкое распространение, Apache Hadoop сталкивается с рядом ограничений и недостатков. Они в значительной степени обусловлены архитектурными решениями и изменением требований к Big Data-системам.

Архитектурные ограничения HDFS [5]:

- Нагрузка на NameNode. Каждый файл и каждый блок в HDFS требует отдельной записи в памяти NameNode. При наличии большого количества мелких файлов NameNode испытывает значительную нагрузку.

- Неэффективное использование дискового пространства. Даже маленький файл в HDFS занимает как минимум один блок (по умолчанию 128 МБ), что приводит к неэффективному использованию дискового пространства при хранении малых файлов.

- Накладные расходы на операции ввода-вывода. Открытие и закрытие множества мелких файлов создает значительные накладные расходы из-за множественных сетевых запросов к NameNode.

- Единая точка отказа в NameNode. Повреждение метаданных на NameNode может привести к потере доступа к данным во всей файловой системе.

- Ограниченная масштабируемость. Поскольку NameNode хранит все метаданные файловой системы в оперативной памяти, размер кластера HDFS ограничен объемом RAM, доступным на сервере NameNode.

Ограничения модели программирования MapReduce:

- Избыточное чтение/запись данных. Каждая итерация MapReduce требует полного цикла чтения данных из HDFS и записи результатов обратно в HDFS.

- Отсутствие механизмов кэширования. MapReduce не предоставляет встроенные механизмы для кэширования промежуточных результатов между итерациями.

- Сложность реализации некоторых алгоритмов. Ограничение обработки этапами Map и Reduce усложняет реализацию сложных многоступенчатых алгоритмов.

Неэффективность для интерактивной аналитики и потоковой обработки:

- Высокая задержка. Значительное время запуска задач делает MapReduce непригодным для интерактивных запросов и обработки высокочастотных потоковых данных.

- Ограниченное разделение ресурсов. Hadoop не оптимизирован для смешанных рабочих нагрузок, сочетающих пакетную обработку и интерактивные запросы.

- Сложности интеграции. Интеграция потоковых и пакетных компонентов в единый конвейер обработки данных часто требует сложных настроек и дополнительных инструментов.

Операционные проблемы и сложность:

- Сложная конфигурация. Настройка кластера Hadoop включает множество конфигурационных параметров, требующих глубокого понимания системы.

- Сложное управление кластером. Управление кластером Hadoop, особенно крупным, требует специализированных навыков и инструментов.

- Непрозрачность процессов. Внутренние процессы Hadoop часто непрозрачны для пользователей и разработчиков, что затрудняет понимание причин проблем с производительностью.

- Ограниченные инструменты отладки. Встроенные инструменты отладки и мониторинга Hadoop часто недостаточны для сложных сценариев использования.

Проблемы с производительностью:

- Избыточное копирование данных. Промежуточные данные в процессе MapReduce часто копируются несколько раз, создавая значительные накладные расходы.

- Зависимость от дисковых операций. MapReduce в значительной степени зависит от дисковых операций, что снижает производительность по сравнению с системами, работающими в памяти.

- Сетевые накладные расходы. Передача данных между узлами в кластере Hadoop может создавать значительные сетевые накладные расходы, особенно для задач с интенсивным перемещением данных.

ПОДХОД С РАЗДЕЛЕНИЕМ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Одним из ключевых направлений развития систем обработки больших данных в последние годы стал подход с разделением хранения и вычислений. В рамках данной концепции компоненты системы, отвечающие за хранение данных, физически и логически отделяются от компонентов, выполняющих их обработку. Такой подход отличается от монолитной архитектуры, представленной в Apache Hadoop, где вычисления и хранение сосуществуют на одних и тех же узлах.

Принцип раздельной архитектуры предполагает, что:

- хранилище представлено как отдельный сервис (например, объектное хранилище);
- обработка данных осуществляется внешними вычислительными системами, которые подключаются к хранилищу по API или через другие интерфейсы;
- обе части могут масштабироваться независимо в зависимости от текущих требований нагрузки.

На практике это означает, что для хранения можно использовать объектные хранилища (например, Amazon S3, Apache Ozone, MinIO), которые обеспечивают высокую доступность, отказоустойчивость и горизонтальное масштабирование. Для обработки можно использовать контейнерные платформы и пайплайны (например, Flink, Argo Workflows), которые могут быть развернуты динамически в Kubernetes.

Преимущества раздельного подхода:

1. Гибкое масштабирование. Хранение и вычисления масштабируются независимо, что позволяет более точно подстраиваться под текущие нужды и избегать избыточных затрат.
2. Оптимизация затрат. Организации могут выбирать более дешевые решения для хранения и более производительные для обработки. В случае облачных решений это позволяет оплачивать только реально используемые ресурсы.
3. Повышенная отказоустойчивость. Отказ вычислительных узлов не влияет на доступность хранилища, и наоборот.
4. Упрощенное администрирование и обновление. Обновления компонентов могут проводиться независимо друг от друга. Также появляется возможность выбирать наиболее подходящие инструменты обработки данных без изменения хранилища.
5. Универсальность хранилища. Один и тот же пул данных может использоваться различными инструментами анализа, не требуя дублирования.

АРАШЕ OZONE КАК СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Apache Ozone – это распределенное объектное хранилище с открытым исходным кодом, разработанное в рамках экосистемы Apache Hadoop. Оно было создано как ответ на архитектурные ограничения HDFS (Hadoop Distributed File System) при работе с большими объемами мелких файлов и современной облачной инфраструктурой. Ozone обеспечивает высокую масштабируемость, отказоустойчивость и совместимость с современными системами обработки данных, включая контейнерные и микросервисные архитектуры [6]. Архитектура Ozone представлена на рисунке 1.

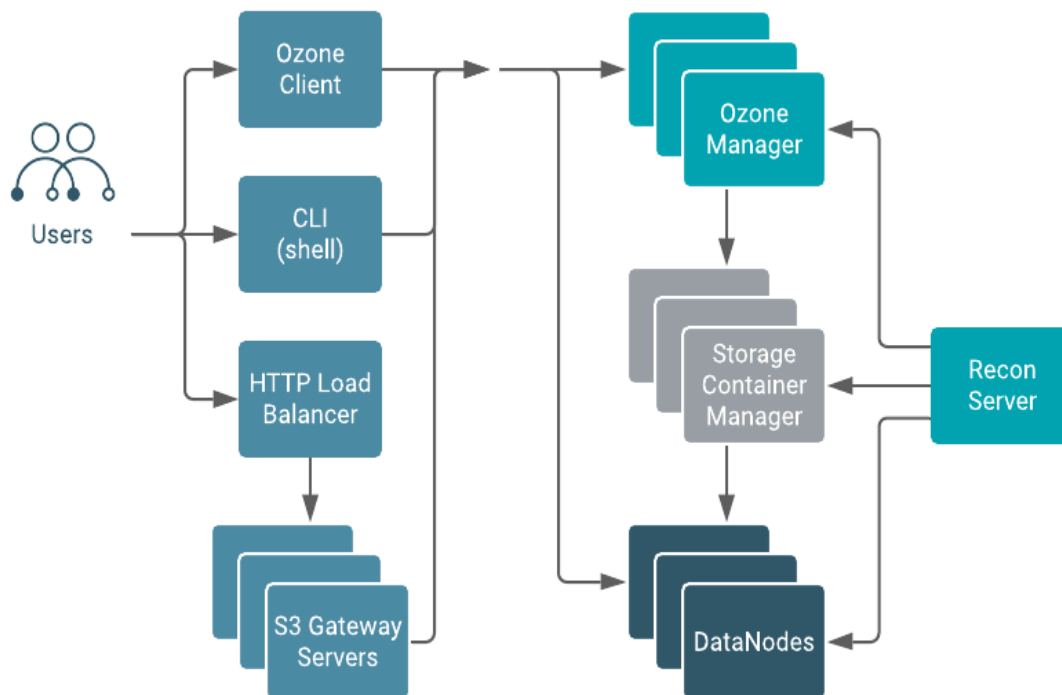


Рис. 1. Архитектура Apache Ozone

Fig. 1. Apache Ozone Architecture

Apache Ozone основан на микросервисной архитектуре и логически разделяется на несколько ключевых компонентов:

OM (Ozone Manager) – сервис, управляющий метаданными: пространствами имен, bucket'ами и ключами объектов. Он аналогичен NameNode в HDFS, но масштабируется горизонтально.

SCM (Storage Container Manager) – управляет контейнерами хранения и координирует узлы хранения (DataNodes). Отвечает за репликацию, размещение данных и контроль целостности.

DataNodes – узлы хранения, содержащие блоки данных в виде контейнеров. Обеспечивают хранение объектов, репликацию и восстановление.

Recon – компонент мониторинга и визуализации состояния кластера.

Ozone FS API – позволяет использовать Ozone как файловую систему, совместимую с HDFS.

ARGO WORKFLOWS КАК СИСТЕМА ОРКЕСТРАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Argo Workflows – это система с открытым исходным кодом для построения и оркестрации вычислительных пайплайнов (workflows) в среде Kubernetes. Она позволяет запускать, управлять и отслеживать сложные цепочки задач, описанных в виде направленных ациклических графов (DAG). Благодаря глубокой интеграции с Kubernetes Argo Workflows [7, 8] обеспечивает масштабируемость, надежность и автоматизацию обработки данных. Архитектура Argo Workflows представлена на рисунке 2.

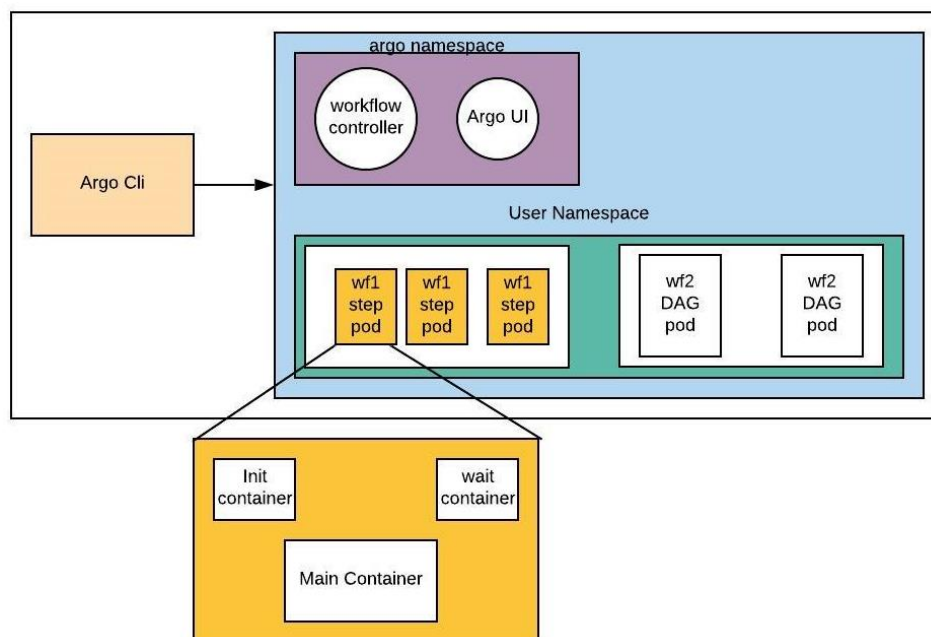


Рис. 2. Архитектура Argo Workflows

Fig. 2. Argo Workflows architecture

Argo Workflows разворачивается как набор Kubernetes-подобных ресурсов и контроллеров. Основные компоненты:

Workflow Controller – основной контроллер, который отслеживает Workflow и управляет созданием и выполнением подов (Pods) в соответствии с определением пайплайна.

Workflow CRD (Custom Resource Definition). Пользователь описывает workflow в YAML-файле с использованием Argo DSL, а Kubernetes управляет этим объектом как собственным ресурсом.

Pods. Каждое задание (шаг workflow) выполняется в виде отдельного POD в кластере Kubernetes.

Argo server – отдельный компонент, предоставляющий визуальный интерфейс и API для запуска задач.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИНТЕГРАЦИИ APACHE OZONE И ARGO WORKFLOWS

Интеграция Apache Ozone и Argo Workflows представляет собой полноценное решение, сочетающее в себе преимущества масштабируемого распределенного хранилища и гибкой системы оркестрации вычислений. Такое объединение позволяет реализовать отдельную архитектуру хранения и обработки данных, обеспечивающую эффективность, отказоустойчивость и оптимальное использование ресурсов, описанные ранее.

Apache Ozone и Argo Workflows выполняют строго разграниченные функции. Ozone отвечает за надежное хранение, репликацию, управление метаданными и доступ к данным через объектную модель. Argo Workflows управляет процессами обработки, запуском контейнеров, планированием задач и контролем зависимостей. Такое разделение упрощает архитектуру системы, повышает отказоустойчивость и облегчает сопровождение [9].

Одним из главных ограничений традиционных решений является необходимость совместного масштабирования хранилища и вычислительных узлов. В интегрированной архитектуре Ozone + Argo объем хранилища увеличивается за счет расширения кластера Ozone.

Производительность обработки повышается путем добавления ресурсов в Kubernetes-кластер, где исполняются workflows. Это позволяет гибко адаптироваться к текущим нагрузкам и снижать инфраструктурные издержки, особенно в облачной или гибридной среде.

В Argo Workflows каждая задача обрабатывается в изолированном окружении, что обеспечивает:

- легкое управление зависимостями;
- повышенную безопасность;
- возможность запуска гетерогенных задач (на Python, R, Spark, etc.) в рамках одного пайплайна.

Данные, необходимые для вычислений, считываются из Ozone через совместимые API, а результаты могут быть обратно записаны в хранилище.

В случае отказа Ozone сохраняет данные с репликацией или erasure coding, а Argo автоматически перезапускает упавшие шаги пайплайна, логирует ошибки и сохраняет промежуточное состояние. Это делает всю систему устойчивой к сбоям как на уровне хранения, так и на уровне вычислений.

Обе системы могут быть развернуты в Kubernetes [10, 11], что делает их полностью совместимыми с современными DevOps-практиками. Helm-чарты и манифесты позволяют автоматизировать установку. Появляется возможность интеграции с CI/CD пайплайнами. А также обеспечивается простота настройки мониторинга и логирования через Prometheus, Grafana, Loki, ELK и т.п.

АРХИТЕКТУРА ПРЕДЛАГАЕМОГО РЕШЕНИЯ

Предлагаемое решение реализовано по принципу отдельных подсистем хранения и обработки данных. Оно включает в себя такие компоненты: хранилище Apache Ozone, развернутое на кластере из 12 серверов (сервер кластера Apache Ozone – 8 ядер ЦП, 32 Гб оперативной памяти, диск HDD 256 Гб); система обработки данных Argo Workflows на кластере OpenShift, состоящем из 6 серверов (сервер кластера OpenShift – 32 ядра CPU, 512 Гб ОЗУ, диск HDD 50 Гб), а также вспомогательные сервисы для интеграции и эксплуатации.

Как мы видим из конфигурации серверов, для обработки данных используются высокопроизводительные серверы, в разы превосходящие хосты Ozone. В свою очередь для хранения используются более бюджетные серверы с малым количеством вычислительных мощностей, но с большим объемом дисков.

Далее рассмотрим компоненты систем, которые будут развернуты.

Кластер Ozone собран в стандартной конфигурации, включающей в себя Ozone Manager, Storage Container Manager, DataNodes; Ozone S3 Gateway. Для управления установлен Ambari сервер (аналогичный Hadoop), кроме того для его работы будет использоваться СУБД PostgreSQL.

Для Argo используется стандартная конфигурация OpenShift.

Вспомогательные сервисы, необходимые для работы проекта: HashiCorp Vault, Prometheus и Grafana.

МЕТОДОЛОГИЯ ИНТЕГРАЦИИ APACHE OZONE И ARGO WORKFLOWS

Интеграция подсистем хранения и обработки данных происходит без использования промежуточных S3-Gateway. В качестве фреймворка и механизма обработки данных используется образ Apache Spark, размещенный в POD нашего Workflow, а для взаимодействия с Ozone используется нативный клиент, аналогично встроенный в исполняемое окружение рабочего контейнера. Схема интеграции отражена на рисунке 3.

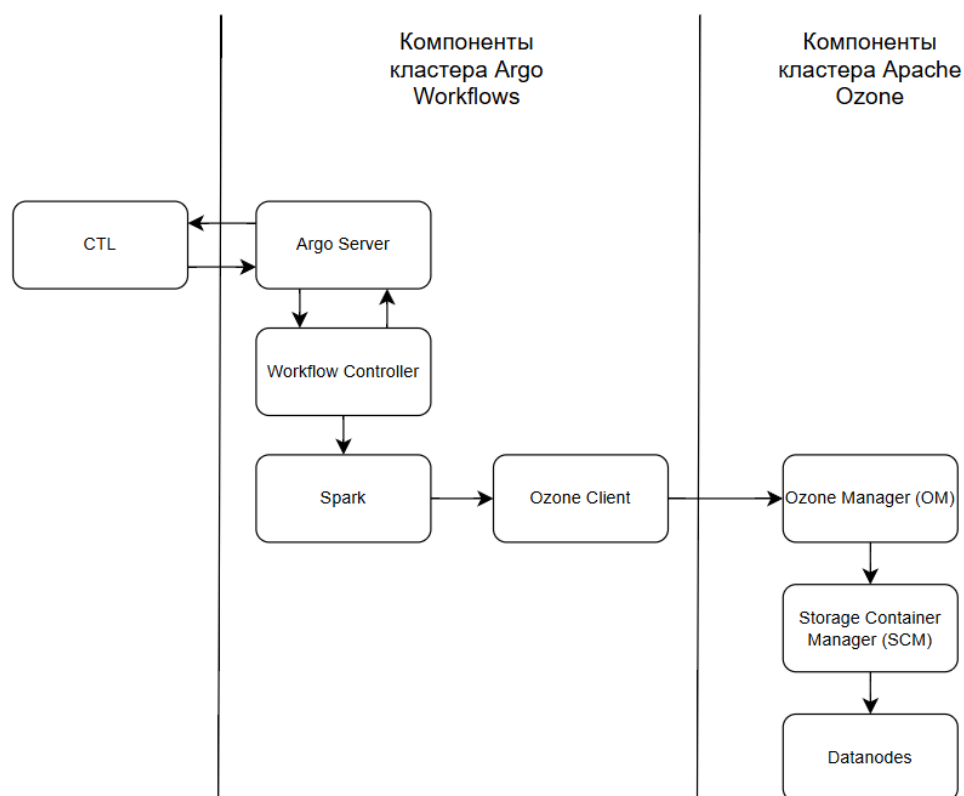


Рис. 3. Схема интеграции Apache Ozone и Argo Workflows

Fig. 3. Apache Ozone and Argo Workflows integration diagram

Компоненты интеграции:

CTL – универсальный менеджер запуска потоков. Сервис редактирует стандартный Workflow template с параметрами, указанными пользователем, и передает готовый манифест в Argo Server. Argo Server предоставляет API для запуска Workflow. Workflow Controller, получив команду от Argo Server, непосредственно запускает POD с Workflow и отслеживает его. Spark выполняет указанный ему код, обращаясь к Ozone через Ozone client. Ozone client выполняет команды (аналогичные командам для работы с HDFS в Hadoop) с помощью взаимодействия с конкретным компонентом кластера Ozone. Ozone Manager в свою очередь производит изменения в хранилище через Storage Container Manager. Storage Container Manager определяет, на какие Datanode распределяются объекты, и поддерживает консистентность и доступность данных. Datanode непосредственно хранят физические данные объектов. Они получают команды от SCM и обрабатывают запросы на чтение/запись с рабочих узлов, используя контейнерную модель хранения.

Преимуществом такой модели интеграции является отказ от использования S3 Gateway, что повышает производительность за счет отсутствия дополнительной прослойки HTTP. Взаимодействие с хранилищем происходит напрямую через файловый API (ozone fs) в Ozone client. Ozone client реализует POSIX-подобную модель работы с данными, как в Hadoop. Это упрощает работу с данными и миграцию пользователей с Hadoop на Ozone.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Для объективной оценки эффективности предлагаемого решения разработаем методику сравнения с традиционной системой в виде Apache Hadoop. Такое сравнение позволит

определить, насколько описанный подход может конкурировать с наиболее активно используемой на рынке системой и, возможно, выявить его преимущества и недостатки. Сравнительный анализ проведем по совокупности показателей, характеризующих ключевые процессы при работе с данными. Среди показателей можно привести такие, как производительность операций чтения и записи, эффективность выполнения вычислений, а также отказоустойчивость и экономическая целесообразность.

Для обеспечения корректности тестирования будет производиться в сопоставимых программно-аппаратных условиях, что позволит устранить возможное влияние различий в инфраструктуре:

- Кластер Apache Ozone с Argo Workflows, развернутый в предыдущем разделе, использующий для обработки Apache Spark.

- Кластер Apache Hadoop в похожей конфигурации, 12 серверов, практически не отличающихся по CPU и RAM от Argo кластера, а по дискам от Ozone. Все вычисления будем запускать не через MapReduce, а исключительно через Spark, чтобы исключить влияние недостатков устаревшего фреймворка.

Определим два ключевых класса операций:

1. Операции хранения (I/O): запись и чтение большого количества файлов малого (1 КБ) и среднего (20 МБ) размера. Малые файлы представляют собой сложный тип нагрузки, с которым плохо справляются распределенные файловые системы. В свою очередь средние файлы представляют наиболее типичные сценарии для задачи хранения.

2. Операции обработки (compute): выполнение Spark-задач с доступом к данным из хранилища, включая простые преобразования (например, кодирование, агрегация).

Сценарий 1. Запись маленьких файлов в Ozone и Hadoop.

Цель: оценить производительность записи большого количества мелких файлов (размером 1 КБ) в обе системы хранения данных. Такой сценарий моделирует распространенную практику журналирования, хранения телеметрии и IoT-данных.

Условия проведения: размер файла – 1 Кб; количество файлов – 14000 шт.; формат – бинарный.

Метод тестирования:

- В Hadoop запись выполняется напрямую через `hdfs dfs -put` на клиентском узле.
- В Ozone – запуск через Argo Workflow, но без Spark: в POD передается список файлов, каждый файл записывается командой `ozone fs -put`.

Ожидаемые результаты: Ozone в силу своей объектной модели хранения тратит больше времени на каждый запрос из-за дополнительного оборачивания метаданных и создания отдельных объектов. В связи с этим при записи Hadoop должен показать лучший результат, однако не стоит забывать, что он для каждого файла выделит по одному блоку в HDFS, минимальный размер которого составляет 128 Мб. Соответственно оптимальность такого хранения является очень сомнительной.

Сценарий 2. Чтение маленьких файлов из Ozone и Hadoop.

Цель: оценить производительность чтения большого количества мелких файлов, как продолжение сценария 1.

Условия проведения: аналогичны сценарию 1.

Метод тестирования:

- В Hadoop чтение осуществляется через `hdfs dfs -cat` с перенаправлением в `/dev/null`.
- В Ozone – выполнение в Argo-поре, содержащем Ozone client с использованием `ozone fs -cat` на каждый объект.

Ожидаемые результаты: из-за большего количества метаданных и сетевых обращений Ozone может демонстрировать небольшую задержку по сравнению с HDFS.

Сценарий 3. Запись средних файлов в Ozone и Hadoop.

Цель: оценить производительность записи большого количества средних файлов (размером 20 МБ) в обе системы хранения данных приблизительно к реальной загрузке данных.

Условия проведения: размер файла – 20 МБ; количество файлов – 14000 шт.; формат – бинарный.

Метод тестирования: аналогичен сценарию 1.

Ожидаемые результаты: Ozone может продемонстрировать более высокую пропускную способность, особенно при включенном Erasure Coding, благодаря эффективной работе с большими блоками.

Сценарий 4. Чтение средних файлов из Ozone и Hadoop.

Цель: оценить производительность чтения большого количества средних файлов, как продолжение сценария 3.

Условия проведения: аналогичны сценарию 3.

Метод тестирования: аналогичен сценарию 2.

Ожидаемые результаты: при последовательном доступе и хорошо настроенной сети Ozone может показывать лучшую или сравнимую производительность чтения.

Сценарий 5. Обработка данных.

Цель: оценить производительность выполнения вычислений при реальной нагрузке, включающей чтение, фильтрацию, агрегацию и запись результатов.

Описание задачи: в рамках тестирования используется CSV-файл объемом ~1 ГБ, содержащий около 5 миллионов строк. Файл моделирует типичную структурированную выгрузку из реляционной СУБД (например, журнал заказов). В рамках задачи необходимо прочитать таблицу из распределенного хранилища, отфильтровать строки по значению одного из полей, выполнить агрегацию, подсчитать количество записей по значению одного из полей, а после записать результат обратно в файловую систему.

Метод тестирования:

- Для Hadoop обработка выполняется с помощью Apache Spark, запущенного через spark-submit, ресурсы выделяются компонентом Yarn.
- Для Ozone процесс запускается в поде Argo кластера через spark-submit, данные читаются и записываются с помощью ozone-client.

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫЯВЛЕНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ ПРЕДЛАГАЕМОГО РЕШЕНИЯ

Проанализируем результаты тестирования, описанного в предыдущем разделе. В рамках первого и третьего сценариев на запись файлов были получены следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1. Результаты тестирования систем на запись

Table 1. Results of system testing

Система	Среднее время записи 1 объекта 1 Кб, мс	Среднее время записи 1 объекта размером 20 Мб, мс
Hadoop	450	2948
Ozone + Argo	461	2919

Как и ожидалось, при работе с маленькими файлами Hadoop демонстрирует более высокую производительность. Хотя разница и не критична, лишь ~2.4%, это подтверждает недостаток объектных хранилищ, заключающийся в дополнительной нагрузке при создании каждого объекта.

При работе с файлами большего объема Ozone показывает себя лучше, что предположительно связано с использованием механизма Erasure Coding [12–14].

В рамках второго и четвертого сценариев на чтение файлов были получены следующие результаты (табл. 2).

Таблица 2. Результаты тестирования систем на чтение

Table 2. Results of reading system testing

Система	Среднее время чтения 1 объекта 1 Кб, мс	Среднее время чтения 1 объекта размером 20 Мб, мс
Hadoop	20	458
Ozone + Argo	26	381

По результатам тестирования на чтение и запись можно прийти к выводу, что общее поведение систем вполне сопоставимо, это уже является значимым достижением для предлагаемой архитектуры.

В рамках пятого сценария тестирования были получены следующие результаты (табл. 3).

Таблица 3. Результаты обработки данных по сценарию 5

Table 3. Results of data processing for scenario 5

Метрика	Hadoop	Ozone + Argo
Объем файла, ГБ	1	1
Кол-во строк	~ 5 000 000	~ 5 000 000
Общее время выполнения, сек.	48.2	50.6
Время запуска Spark job, сек.	3.2	6.7
Время чтения, сек.	9.5	9.3
Время обработки, сек.	26.7	25.5
Время записи, сек.	8.8	9.1

Общее время выполнения у Ozone и Argo оказалось немного выше, что говорит о почти идентичной производительности систем при запуске полноценного пайплайна обработки.

Время запуска Spark Job у Argo также выше, это объясняется тем, что запуск производится внутри контейнеризированного окружения, а это в свою очередь влечет за собой дополнительные шаги подготовки, такие как выделение пода и инициализация окружения.

Время чтения и записи демонстрирует результаты, аналогичные первым сценариям тестирования.

Время обработки оказалось ниже у Argo. Это может свидетельствовать о лучшем распределении ресурсов Kubernetes по сравнению с Yarn.

По результатам всех тестов можно сделать главный вывод, что связка Ozone и Argo не уступает традиционному решению в виде Hadoop, в записи и чтении она немного хуже за счет особенностей объектных хранилищ, однако в задачах обработки превосходит Hadoop, так как контейнерная архитектура Kubernetes эффективнее Yarn, распределяющего ресурсы там.

Далее необходимо провести аналитическое исследование систем по метрикам масштабируемости, отказоустойчивости и экономической эффективности.

Ozone и Argo функционируют независимо. Ozone – система хранения, Argo – оркестратор вычислений, что позволяет масштабировать их отдельно. Ozone способен обрабатывать миллиарды объектов в одном кластере, потому что он не ограничен оперативной памятью Namenode как Hadoop. Argo и Kubernetes в целом поддерживают тысячи одновременных PODов.

Рассмотрим расход дискового пространства для обеспечения одинакового показателя отказоустойчивости (табл. 4).

Таблица 4. Сравнение требований к дисковому пространству для обеспечения отказоустойчивости

Table 4. Comparison of disk space requirements for fault tolerance

Система	Механизм	Фактор избыточности	Требуемое пространство для 100 Тб данных
Hadoop	Простая репликация	3x	300 Тб
Ozone	Erasure Coding	1.5x	150 Тб

Итого механизм отказоустойчивости Ozone в два раза позволяет сократить используемое дисковое пространство, что является ощутимым при рассмотрении финансовой стороны подобных систем.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОЙ СИСТЕМЫ

Модель распределения ресурсов и масштабируемости. Предлагаемая архитектура основана на принципе разделения функций хранения и обработки данных. Для формального анализа преимуществ данного подхода введем модель распределения ресурсов системы.

Рассмотрим два основных типа ресурсов:

- вычислительные ресурсы (CPU, RAM),
- ресурсы хранения (дисковое пространство).

В традиционной архитектуре Hadoop узлы выполняют обе функции одновременно, поэтому увеличение объема хранения автоматически приводит к увеличению вычислительных ресурсов, даже если это не требуется. Общий объем ресурсов можно представить векторной функцией

$$\mathbf{R}_{hadoop}(n) = \sum_{i=1}^n (\mathbf{C}_i + \mathbf{S}_i)$$

при предположении однородности узлов:

$$\mathbf{R}_{hadoop}(n) = n(\mathbf{C} + \mathbf{S}).$$

В предлагаемой архитектуре функции хранения и обработки разделены между различными типами узлов. Тогда общий объем ресурсов определяется выражением

$$\mathbf{R}_{split}(n_s, n_c) = \sum_{i=1}^{n_s} \mathbf{S}_i + \sum_{j=1}^{n_c} \mathbf{C}_j.$$

Для однородных узлов:

$$\mathbf{R}_{split}(n_s, n_c) = n_s \mathbf{S} + n_c \mathbf{C}.$$

Данная модель демонстрирует ключевое преимущество архитектуры – возможность независимого масштабирования хранения и вычислений.

Модель времени выполнения вычислительного процесса. Время выполнения задачи обработки данных состоит из нескольких этапов, каждый из которых может вносить вклад в общую задержку выполнения.

Общее время выполнения вычислительного процесса представим как сумму времен отдельных фаз:

$$T_{total} = T_{sched} + T_{start} + T_{read} + T_{proc} + T_{write} + T_{over},$$

где T_{sched} – время планирования задачи, T_{start} – время запуска вычислительной среды, T_{read} – время чтения данных, T_{proc} – время вычислений, T_{write} – время записи результатов, T_{over} – накладные расходы.

Контейнерная архитектура может увеличивать время запуска, но одновременно снижать время вычислений за счет более эффективного управления ресурсами.

Модель доступа к данным и влияние промежуточных слоев. В архитектуре с использованием S3-шлюза взаимодействие с системой хранения включает дополнительный уровень сетевых и протокольных накладных расходов. Время операции можно представить как

$$T_{s3} = T_{net} + T_{http} + T_{storage}.$$

При использовании нативного клиента

$$T_{native} = T_{net} + T_{storage}.$$

Тогда выигрыш по времени определяется выражением

$$\Delta T = T_{s3} - T_{native} = T_{http}.$$

Данная модель показывает, что отказ от промежуточного шлюза позволяет уменьшить задержки за счет устранения протокольных накладных расходов.

Метрики производительности операций хранения. Для анализа результатов экспериментов используются стандартные показатели производительности. Среднее время операции определяется как

$$T_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i.$$

Пропускная способность системы:

$$Throughput = \frac{N \cdot B}{T},$$

где N – число операций, B – размер объекта, T – общее время выполнения.

Модель сравнительной эффективности систем. Для количественного сравнения систем используется коэффициент ускорения

$$S = \frac{T_{hadoop}}{T_{ozone}}.$$

Разницу во времени выполнения можно представить как сумму вкладов отдельных этапов:

$$\begin{aligned} \Delta T &= T_{ozone} - T_{hadoop} \\ \Delta T &= \Delta T_{start} + \Delta T_{read} + \Delta T_{proc} + \Delta T_{write} \end{aligned}$$

Модель надежности хранения и избыточности данных. Рассмотрим объем дискового пространства, необходимый для хранения данных с учетом отказоустойчивости. Для Hadoop с коэффициентом репликации r :

$$S_{hadoop} = r \cdot D.$$

Для Apache Ozone с erasure coding:

$$S_{ozone} = k \cdot D.$$

Коэффициент экономии дискового пространства:

$$E_{space} = \frac{S_{hadoop}}{S_{ozone}} = \frac{r}{k}.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложена архитектура распределенной системы хранения и обработки больших данных, основанная на интеграции Apache Ozone и Argo Workflows и реализующая принцип разделения функций хранения и вычислений. Проведенный анализ существующих решений показал, что традиционные монолитные архитектуры, такие как Apache Hadoop, обладают рядом ограничений, связанных с необходимостью совместного масштабирования ресурсов, сложностью интеграции с контейнерными платформами и неэффективным использованием инфраструктуры при изменяющихся нагрузках.

Разработанная архитектура обеспечивает независимое масштабирование подсистем хранения и обработки данных, что позволяет более эффективно использовать вычислительные и дисковые ресурсы. В рамках исследования была предложена методология интеграции компонентов системы без использования промежуточного S3-шлюза, что позволило снизить накладные расходы взаимодействия и упростить доступ к данным для вычислительных приложений.

Для количественной оценки эффективности предложенного подхода была разработана математическая модель системы, описывающая распределение ресурсов, время выполнения вычислительных процессов, показатели производительности операций хранения и экономические характеристики инфраструктуры. Модель позволила формально обосновать преимущества отдельной архитектуры по сравнению с традиционными решениями.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что предложенная система обеспечивает сопоставимую производительность с Hadoop-кластером при операциях хранения и обработки данных. При этом наблюдается преимущество в гибкости управления ресурсами и масштабируемости вычислительной инфраструктуры. Дополнительные задержки, связанные с запуском контейнерной среды, компенсируются более эффективным распределением вычислительных нагрузок.

Таким образом, результаты исследования подтверждают перспективность использования архитектуры на основе Apache Ozone и Argo Workflows в качестве альтернативы классическим платформам обработки больших данных. Предложенный подход может быть применен при построении корпоративных аналитических платформ, систем обработки больших данных и инфраструктур машинного обучения.

В качестве направлений дальнейших исследований можно выделить разработку методов автоматического масштабирования вычислительных ресурсов, оптимизацию алгоритмов размещения данных в распределенном хранилище, а также расширение интеграции с потоковыми системами обработки данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Полянцева К. А. Высоконагруженная платформа для агрегации и анализа неструктурированных данных о состоянии дорожного полотна // Автоматизация в промышленности. 2022. № 5. С. 32–37. DOI: 10.25728/avtprom.2022.05.09
Polyantseva K. A. High-load platform for aggregation and analysis of unstructured data on road surface condition. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* [Automation in Industry]. 2022. No. 5. Pp. 32–37. DOI: 10.25728/avtprom.2022.05.09. (In Russian)
2. Городничев М. Г., Титов Д. В., Липатова А. Д. О задаче построение независимых архитектур обработки данных в интеллектуальных транспортных системах // Инженерный вестник Дона. 2025. № 11(131). С. 62–92.
Gorodnichev M.G., Titov D.V., Lipatova A.D. On problem of constructing independent data processing architectures in intelligent transport systems. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don]. 2025. No. 11(131). Pp. 62–92. (In Russian)
3. Malik V. Hadoop Distributed file system (HDFS) with its architecture. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2025. Vol. 13. Pp. 6031–6034. DOI: 10.22214/ijraset.2025.71584
4. Kala Karun A., Chitharanjan K. A review on Hadoop – HDFS infrastructure extensions. *2013 IEEE Conference on Information & Communication Technologies*, Thuckalay, India. 2013. Pp. 132–137. DOI: 10.1109/CICT.2013.6558077
5. Zhu Z., Tan L., Li Y., Ji C. PHDFS: Optimizing I/O performance of HDFS in deep learning cloud computing platform. *Journal of Systems Architecture*. 2020. Vol. 109. Article 101810. DOI: 10.1016/j.sysarc.2020.101810
6. Иевлев К. О., Городничев М. Г. Сравнительный анализ систем хранения данных HDFS и Apache Ozone // Computational Nanotechnology. 2025. Т. 12. № 1. С. 26–33. DOI: 10.33693/2313-223X-2025-12-1-26-33
Ievlev K.O., Gorodnichev M.G. Comparative analysis of HDFS and Apache Ozone data storage systems. *Computational Nanotechnology*. 2025. Vol. 12. No. 1. Pp. 26–33. DOI: 10.33693/2313-223X-2025-12-1-26-33. (In Russian)
7. Wilkinson S. R., Alohale M., Belhajjame K. et al. Applying the FAIR principles to computational workflows. *Scientific Data*. 2025. Vol. 12. Article 328. DOI: 10.1038/s41597-025-04451-9
8. Gustafsson O.J.R., Wilkinson S.R., Bacall F. et al. WorkflowHub: a registry for computational workflows. *Scientific Data*. 2025. Vol. 12. Article 837. DOI: 10.1038/s41597-025-04786-3
9. Tourouta E., Gorodnichev M., Polyantseva K., Moseva M. Providing fault tolerance of cluster computing systems based on fault-tolerant dynamic computation planning. *Lecture Notes in Information Systems and Organisation: 3rd*. Virtual, Online, 2022. Pp. 143–150. DOI: 10.1007/978-3-030-94252-6_10
10. Kumar B., Verma A., Verma P. Introduction of kubernetes. *Modern kubernetes: From core concepts to intelligent autoscaling for cloud applications*. Cham: Springer, 2026. Pp. 1–15. (Studies in Autonomic, Data-driven and Industrial Computing). DOI: 10.1007/978-3-032-12972-7_1
11. Aqasizade H., Ataie E., Bastam M. Kubernetes in action: Exploring the performance of Kubernetes distributions in the cloud. *Software: Practice and Experience*. 2025. Vol. 55. Pp. 1711–1725. DOI: 10.1002/spe.70000
12. Lucani D., Feher M. HyRES: A hybrid replication and erasure coding approach to data storage. 2025. 14 p. arXiv: 2511.00896. URL: <https://arxiv.org/abs/2511.00896> (accessed: 22/02/2026)

13. Shen Z., Cai Y., Cheng K., Lee P. P. C., Li X., Hu Y., Shu J. A survey of the past, present, and future of erasure coding for storage systems. *ACM Transactions on Storage*. 2025. Vol. 21. No. 1. Article 4. 39 p. DOI: 10.1145/3708994

14. Ibrahim S., Darrous J. Erasure coding aware block placement for data-intensive applications. *ACM SIGOPS Operating Systems Review*. 2025. Vol. 59. No. 1. Pp. 62–69. DOI: 10.1145/3759441.3759451

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

Полянцева Ксения Андреевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Интеллектуальный анализ данных», Московский технический университет связи и информатики;

111024, Россия, Москва, ул. Авиамоторная, 8А;

k.a.poliantseva@mtuci.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7102-4208>, SPIN-код: 8112-8560

Комлев Артем Владимирович, студент, Московский технический университет связи и информатики; 111024, Россия, Москва, ул. Авиамоторная, 8А;

komlev1257@gmail.com

Городничев Михаил Геннадьевич, канд. техн. наук, доцент, декан факультета «Информационные технологии», Московский технический университет связи и информатики;

111024, Россия, Москва, ул. Авиамоторная, 8А;

m.g.gorodnichev@mtuci.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1739-9831>, SPIN-код: 4576-9642

Information about the authors

Ksenia A. Polyantseva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Data Mining, Moscow Technical University of Communications and Informatics;

8A, Aviamotornaya street, Moscow, 111024, Russia;

k.a.poliantseva@mtuci.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7102-4208>, SPIN-code: 8112-8560

Artem V. Komlev, Student, Moscow Technical University of Communications and Informatics;

8A, Aviamotornaya street, Moscow, 111024, Russia;

komlev1257@gmail.com


Mikhail G. Gorodnichev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Information Technology, Moscow Technical University of Communications and Informatics;

8A, Aviamotornaya street, Moscow, 111024, Russia;

m.g.gorodnichev@mtuci.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1739-9831>, SPIN-code: 4576-9642

УДК 633.854.78:631.543/.675(477.6)

Научная статья

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-2-51-65>

 EJVB

Влияние сроков сева на уровень водопотребления и урожайность подсолнечника в условиях Донбасса

Н. Н. Тимошин, Н. В. Решетняк, А. В. Барановский[✉],
Н. А. Мельник, О. В. Мазалов, И. В. Сигидиненко

ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова»
291008, Россия, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1

Аннотация. Главным условием формирования высокопродуктивных агроценозов подсолнечника – основной масличной культуры, выращиваемой в Луганской Народной Республике на площади 300–310 тыс. га, – является оптимальная влагообеспеченность посевов. Ускорение темпов глобального потепления климата, усиление засушливости коснулись и территории ЛНР, где за последние 30 лет среднегодовая температура воздуха возросла на 1,8 °С и достигла 9,8 °С, а за лето – на 1,4 °С и составила 22,3 °С. Успешная адаптация технологий выращивания подсолнечника к условиям аридизации климата требует пересмотра основных элементов агротехники, в том числе сроков сева.

Цель исследований – анализ влияния гидротермических условий вегетационного периода на водопотребление и урожайность подсолнечника гибрида Командор при различных сроках сева.

Материалы и методы исследования. Полевые опыты проводили на черноземе обыкновенном в полевом севообороте кафедры земледелия и растениеводства ФГБОУ ВО Луганский ГАУ в 2016–2025 гг. Изучали сроки сева: ранний (I декада апреля), средний (I декада мая) и поздний (I декада июня). Минеральные удобрения (фон – $N_{40}P_{60}K_{30}$) вносили осенью под вспашку. Урожайность подсолнечника по всем срокам сева имела наиболее значимую корреляционную связь с запасами продуктивной влаги при посеве ($r = 0,604-0,845$) и в период цветения ($r = 0,799-0,893$), с суммой осадков за вегетацию ($r = 0,792-0,854$), в период цветения ($r = 0,730-0,863$), среднюю и сильную обратную корреляцию ($r = -0,495...-0,880$) со средней температурой воздуха за период вегетации и с числом жарких дней при температуре воздуха ≥ 30 °С ($r = -0,579...-0,829$).

Результаты. Выявлено преимущество раннего срока сева по формированию несколько большей средней урожайности (1,97 т/га), больших запасов продуктивной влаги при посеве (149,5 мм) и цветении (66,9 мм), большей на 50 мм (28,4 %) суммы осадков за вегетацию, большего на 477 м³/га (15,5 %) суммарного водопотребления, меньшей на 1,9 °С (9,1 %) средней температуры воздуха за вегетацию, чем при среднем (I декада мая) сроке сева. Наименьшую влагообеспеченность и урожайность имели посевы позднего (I декада июня) срока сева.

Выводы. Таким образом, урожайность подсолнечника гибрида Командор зависит не только от запасов продуктивной влаги перед севом ($r = 0,604-0,845$) и суммы осадков за весь период вегетации ($r = 0,792-0,854$), осадков, выпавших в критический период (в фазу цветения) ($r = 0,730-0,863$), но и от сроков сева. Наиболее благоприятные условия для посева складываются в период I декады апреля.

Ключевые слова: подсолнечник, потепление климата, осадки, температура, влагообеспеченность, водопотребление, урожайность, корреляция

Поступила 29.12.2025, одобрена после рецензирования 25.02.2026, принята к публикации 25.03.2026

Для цитирования. Тимошин Н. Н., Решетняк Н. В., Барановский А. В., Мельник Н. А., Мазалов О. В., Сигидиненко И. В. Влияние сроков сева на уровень водопотребления и урожайность подсолнечника в условиях Донбасса // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 2. С. 51–65. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-51-65

© Тимошин Н. Н., Решетняк Н. В., Барановский А. В., Мельник Н. А., Мазалов О. В., Сигидиненко И. В., 2026



Контент доступен под лицензией [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Effect of sowing time on water consumption and sunflower yield in Donbass region

N.N. Timoshin, N.V. Reshetnyak, A.V. Baranovsky✉,
N.A. Melnik, O.V. Mazalov, I.V. Sigidinenko

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov”
1, LNAU territory, Artemovsky district, Lugansk urban district, Lugansk, 291008, Russia

Abstract. The key to developing highly productive agrocenoses for sunflower, the main oilseed crop grown in the Lugansk People's Republic on an area of 300,000–310,000 hectares, is optimal moisture supply. Accelerating global warming and increased aridity have also impacted the region, where the average annual air temperature has risen by 1.8 degrees Celsius over the past 30 years, reaching 9.8 degrees, and by 1.4 degrees during the summer, reaching 22,3 degrees. Successfully adapting sunflower cultivation techniques to arid climates requires a review of key agricultural practices, including sowing timing.

Aim. The aim of the study is to investigate the impact of hydrothermal conditions on the water consumption and productivity of the sunflower hybrid "Komandor" throughout the growing season, at different times of sowing.

Materials and methods of research. Field experiments were conducted on ordinary chernozem soil in a field crop rotation system at the Department of Agriculture and Plant Growing at the Lugansk State Agrarian University from 2016 to 2025. The following sowing dates were studied: early (first ten days of April), mid-season (first ten days of May), and late (first ten days of June). Mineral fertilizers (background – N40P60K30) were applied in the fall before plowing. Sunflower yield at all sowing dates had the most significant correlation with productive moisture reserves at sowing ($r = 0.604-0.845$) and during flowering ($r = 0.799-0.893$), with the amount of precipitation during the growing season ($r = 0.792-0.854$), during flowering ($r = 0.730-0.863$), medium and strong inverse correlation ($r = -0.495...-0.880$) with the average air temperature during the growing season and with the number of hot days at air temperature ≥ 30 °C ($r = -0.579...-0.829$).

Results. The advantage of early sowing is evident in terms of a slightly higher average yield (1.97 t/ha), increased reserves of productive moisture at planting (149.5 mm) and flowering (66.9 mm), 50 mm (28.4 %) more precipitation during the growing season, 477 m³/ha (15.5 %) more total water consumption, and a 1.9 °C (9.1 %) lower average air temperature during the growing season compared to the average sowing time (the first ten days of May). Crops sown in the first ten days of June had the lowest moisture supply and yield.

Conclusions. Thus, the yield of the Komandor hybrid sunflower is influenced not only by the available moisture reserves prior to sowing ($r = 0.604-0.845$), the total precipitation throughout the growing season ($r = 0.792-0.854$) and precipitation during the critical flowering period ($r = 0.730-0.863$), but also by the timing of sowing. The most favorable sowing conditions occur during the first ten days of April.

Keywords: sunflower, climate warming, precipitation, temperature, moisture availability, water consumption, yield, correlation

Submitted 29.12.2025,

approved after reviewing 25.02.2026,

accepted for publication 25.03.2026

For citation. Timoshin N.N., Reshetnyak N.V., Baranovsky A.V., Melnik N.A., Mazalov O.V., Sigidinenko I.V. Effect of sowing time on water consumption and sunflower yield in Donbass region. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 2. Pp. 51–65. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-51-65



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ВВЕДЕНИЕ

Согласно характеристике почвенно-климатических ресурсов страны по природным зонам, территория Донбасса относится к Донецко-Донскому региону степной зоны с умеренно теплым полусасушливым климатом, с вероятностью полусасушливых и засушливых лет 50–80 % [1]. Характерной особенностью резко континентального климата Донбасса являются сильные и постоянные юго-восточные ветры, засушливо-суховежные явления, неравномерное распределение осадков в течение года и большое колебание по годам [2]. Согласно данным наблюдений метеорологической станции г. Луганска среднегодовая многолетняя температура воздуха за 1838–1995 гг. (158 лет) составила 8,00 °С, а за период 1996–2025 гг. возросла до 9,83 °С.

Именно в последние 30 лет (1996–2025 гг.) отмечается наиболее заметное ускорение темпов глобального потепления климата в границах региона, а скорость увеличения среднегодовой температуры воздуха достигла 0,61 °С/10 лет при среднероссийском показателе роста температуры над сушей в среднем за 1976–2020 гг. – 0,51 °С/10 лет [3]. За последние 30 лет среднегодовая сумма осадков составила 496 мм. За вегетационный период (апрель-сентябрь) средняя сумма осадков – 269 мм, при средних значениях за период 1838–1995 гг. – 253 мм, т.е. мало изменилась. Тогда как средняя температура вегетационного периода возросла на 1,3 °С и достигла 18,4 °С. При этом в более ответственный летний период вегетации температура воздуха повысилась на 1,2 °С – в июне, на 1,5 °С – в июле, на 1,5 °С – в августе, а сумма осадков за лето снизилась со 148 мм до 142 мм.

Таким образом, в последние 30 лет климат в Донбассе стал более теплым и засушливым (ГТК за май-сентябрь составил 0,77 – т.е. засушливая зона увлажнения, соответствующая природной зоне «Типичная степь», при многолетней норме – 1,00) [4]. В этой зоне вероятность сухих и засушливых лет составляет 70 %, слабо засушливых – 20 %, благоприятных по увлажнению – 10 %. Именно в степных регионах страны засуха является основным и наиболее опасным климатическим стресс-фактором, значительно снижающим урожайность сельскохозяйственных культур [5].

Подсолнечник – ведущая масличная культура России и занимает лидирующую позицию по производству растительного масла. Эта культура является влаголюбивым растением, транспирационный коэффициент которого составляет 450–570, и благодаря развитой корневой системы, проникающей в почву на глубину до 3 метров и более, может переносить засушливую погоду, но для получения высоких урожаев необходимо глубокое промачивание почвы в осенне-зимний период [6].

В Луганской Народной Республике площади выращивания подсолнечника ежегодно составляют не менее 300–310 тыс. га, что требует выработки и совершенствования адаптированных приемов выращивания культуры в современных условиях усиления аридизации климата в регионе.

Согласно данным агрометеорологической станции г. Луганска (ЛНР) в среднем за 1996–2025 годы сумма активных температур за вегетационный период (апрель-сентябрь) составила 3367,4 °С, что превысило многолетнюю норму на 219 °С. Общая потребность подсолнечника в тепле в зависимости от продолжительности вегетации сорта или гибрида неодинакова. Для скороспелых сортов и гибридов сумма активных температур составляет 1850 °С, раннеспелых – 2000, среднеспелых – 2150, позднеспелых – 2300 °С [7]. Из этого количества тепла примерно 2/3 приходится на период от всходов до цветения и 1/3 – от цветения до созревания [8]. Аналогичные данные по потребности подсолнечника в тепловых ресурсах получены в исследованиях, проведенных в Донбассе [9]: раннеспелые сорта требуют от посева до созревания 1850 °С суммы активных температур, среднеспелые – 2100 °С; среднепоздние – 2300 °С, позднеспелые – 2450 °С.

Благодаря достаточной обеспеченности тепловыми ресурсами при выращивании подсолнечника в Донбассе главным условием формирования высоких и устойчивых урожаев является создание оптимальных условий влагообеспеченности посевов в течение всего вегетационного периода [9].

В опытах на черноземах Приазовской зоны Ростовской области связь урожайности подсолнечника с суммой осадков ($r = 0,40 \dots 0,16$) выявлена незначительная и более сильная обратная корреляция ($r = -0,69 \dots -0,74$) со средней температурой воздуха. Оптимальными значениями для получения высоких урожаев (2,5 т/га и выше) на среднем фоне удобрений ($N_{40}P_{20}K_{20}$) являются среднесуточная температура воздуха в пределах 21,0–22,0 °С и сумма осадков более 300 мм за вегетационный период (май-август) [10].

По данным З. Б. Борисоника [11], между уровнем урожайности семян и весенними запасами продуктивной влаги в сочетании с осадками за первую половину вегетации (до цветения) существует тесная корреляция ($r = 0,729$). Выявлена значительная корреляционная связь урожая с массой 1000 семян ($r = 0,691$). Крупность же семян во многом зависит от благоприятных условий увлажнения в период от цветения до пожелтения тыльной стороны корзинки.

В современных условиях потепления климата для полной реализации потенциала новых сортов и гибридов подсолнечника необходима адаптация основных элементов технологии возделывания, важнейшим из которых является выбор оптимальных сроков сева и норм высева семян. Срок сева существенно влияет на рост, развитие и продуктивность растений, позволяет учесть влагообеспеченность и температурный режим почвы, инфекционную нагрузку, устойчивость к неблагоприятным факторам среды, главным образом, к недостатку влаги в период вегетации. На черноземе выщелоченном Западного Предкавказья (Краснодарский край) при проведении сева в третьей декаде апреля и во второй декаде мая складывались наиболее благоприятные условия для роста, развития и формирования высокой продуктивности культуры: урожайность составила 3,28 и 3,40 т/га, сбор масла – 1,40 и 1,44 т/га соответственно [12].

Значительные отличия в урожайности подсолнечника при различных сроках сева в большинстве случаев связаны с изменением агрометеорологических условий в период вегетации культуры [13, 14, 15].

Цель исследований – провести анализ влияния гидротермических условий на уровень водопотребления и урожайность подсолнечника в Донбассе за 2016–2025 годы, выявить общие закономерности и предложить наиболее эффективные сроки сева в технологии выращивания новых гибридов в современных погодных-климатических условиях региона.

Задачи исследований – по результатам многолетнего полевого эксперимента установить уровни урожайности подсолнечника в зависимости от сроков сева и выявить ее наиболее значимые корреляционные связи с основными гидротермическими факторами погодных условий в период вегетации и показателями водопотребления культуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые исследования по изучению различных сроков сева в технологии возделывания подсолнечника проводились в течение 2016–2025 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО Луганский ГАУ. Все наблюдения, учеты и анализы проводили согласно общепризнанным методикам [16, 17].

Почва опытного поля представлена черноземом обыкновенным на лессовидном суглинке средней степени смытости. Мощность гумусового горизонта – 35–50 см. Содержит

жание гумуса в пахотном слое составляло 3,4 %, азота – 0,23 %, фосфора – 0,27 %, легкогидролизуемого азота – 11,7 мг/100 г почвы, подвижного фосфора – 9,3 мг и обменного калия – 17,6 мг/100 г. Реакция почвенного раствора – 7,7, а на глубине 40–50 см – 8,0, что не препятствовало выращиванию подсолнечника. Динамику урожайности культуры изучали в 5-польном зернопаропропашном севообороте с чередованием культур: чистый пар – озимая пшеница – кукуруза на зерно $\frac{1}{2}$ + подсолнечник $\frac{1}{2}$ – яровой ячмень – зерновое сорго с учетом смены мест посева подсолнечника в сборном поле с кукурузой после каждой ротации.

Агротехника выращивания подсолнечника в опыте была общепринятая для Донбасса [9]. Предшественник – озимая пшеница. Повторность в опыте – четырехкратная. Площадь учетной делянки – 50 м². Минеральные удобрения в виде фона – N₄₀P₆₀K₃₀, вносились осенью под вспашку. В качестве основной обработки почвы применялась глубокая отвальная вспашка (на 25–27 см). Высевался рекомендованный для выращивания в Центрально-Черноземном и Северо-Кавказском регионах высокопластичный среднеранний гибрид подсолнечника интенсивного типа Командор (селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта» (г. Краснодар), внесенный в Госреестр РФ с 2017 года и в рекомендательный список сортов и гибридов по ЛНР. Данный гибрид избран для исследований в связи с широкой востребованностью в агроформированиях ЛНР за счет высоких показателей потенциальной урожайности (4,8–5,4 т/га), массы 1000 семян (55,6–57,3 г), масличности семян (50 %), устойчивости к заразице (А-Е расы) и высокой устойчивости к вертициллезу, альтернариозу, ржавчине. Норма высева – 70 тыс./га всхожих семян. Изучалось влияние трех сроков сева: ранний срок (I декада апреля при температуре почвы на глубине 10 см 6–8 °С), средний срок (I декада мая – при прогревании почвы до 12–14 °С), поздний срок (I декада июня – при прогреве почвы до 20 °С и более) на длительность периода вегетации, водопотребление и урожайность подсолнечника, а также на корреляционные связи урожайности с основными гидротермическими факторами погодных условий периода вегетации. Уборку урожая подсолнечника проводили по мере наступления технической спелости во второй половине сентября селекционным комбайном «Сампо-500». Период вегетации культуры в зависимости от сроков сева и складывающихся погодных условий конкретного года варьировал в пределах 115–120 дней.

Влажность почвы и запасы продуктивной влаги определяли согласно ГОСТу 28268-89 по срокам сева при посеве, в фазе цветения и при уборке.

Статистическую обработку опытных данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов [16] с помощью пакетов компьютерных программ Microsoft Excel и Statistica 6.

Согласно данным ЦГМ г. Луганска гидротермические показатели погодных условий вегетационного периода в годы опыта были контрастными и значительно отличались от многолетних значений (табл. 1).

Наиболее засушливыми были 2017, 2018, 2020, 2024, 2025 годы, за вегетационный период (апрель-сентябрь) которых выпало значительно меньшее нормы (310 мм) количество осадков при повышенной относительно нормы (17,3 °С) температуре воздуха и значительно большем количестве дней засухи (при снижении относительной влажности воздуха в течение суток до 30 % и менее) в сравнении с нормой (45 дней). В эти годы ГТК Селянинова за апрель-сентябрь соответствовал сухим и очень сухим природным зонам увлажнения (ГТК = 0,2-0,4 и менее) – полупустыни и пустыни в 2020, 2024 и 2025 гг., а в 2017 и 2018 гг. – очень засушливой зоне степи (ГТК = 0,4-0,7).

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационного периода 2016–2025 гг.**Table 1.** Meteorological conditions of the 2016–2025 growing season

Месяцы	Годы										Норма* (\bar{X} или Σ)
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
Сумма атмосферных осадков, мм											
IV	41,0	62,7	13,9	99,5	9,7	36,5	60,8	52,5	17,5	15,4	30
V	80,0	48,9	41,6	74,9	64,9	63,2	46,7	78,1	2,3	39,0	47
VI	26,0	57,4	85,5	23,4	6,2	151,0	44,7	63,2	28,2	40,9	73
VII	86,6	86,9	50,8	96,5	40,4	22,2	15,6	56,6	10,5	3,3	70
VIII	43,0	11,9	9,5	73,4	9,8	34,0	76,2	30,3	4,6	8,5	38
IX	58,4	15,2	33,5	18,5	0,0	34,3	64,6	9,0	5,9	2,1	52
Сумма	335,0	283,0	234,8	386,2	131,0	341,2	308,6	289,7	69,0	109,2	310
Средняя температура воздуха, °С											
IV	16,2	9,2	11,9	10,1	8,5	9,8	12,4	11,0	16,2	11,0	10,1
V	16,0	15,0	18,5	17,6	14,8	17,2	13,9	15,4	15,4	16,3	15,6
VI	21,3	19,9	21,6	23,3	23,0	21,4	21,5	19,4	23,5	20,3	20,0
VII	23,3	22,4	23,7	21,2	24,1	25,2	22,5	22,3	26,4	26,2	22,4
VIII	24,2	23,8	22,5	20,3	21,8	24,3	25,4	23,3	23,3	22,7	20,9
IX	14,0	17,4	18,0	14,7	18,2	14,1	14,8	16,9	20,5	17,3	15,0
Средняя	19,2	18,0	19,4	17,9	18,4	18,7	18,4	18,1	20,9	19,0	17,3
Относительная влажность воздуха, %											
IV	64	68	59	66	51	66	67	72	57,4	64,4	64
V	73	64	59	72	67	67	62	63	50,4	59,1	61
VI	66	65	53	56	58	73	64	62	59,8	60,0	66
VII	60	63	65	67	54	62	59	64	49,0	46,8	65
VIII	57	53	51	68	53	64	52	54	50,1	50,3	62
IX	65	62	56	64	46	68	73	51	39,4	49,7	70
Средняя	64,2	62,5	57,2	65,5	54,8	66,7	62,8	61,0	51,0	55,1	64,7
Дней с относительной влажностью воздуха 30 % и меньше											
IV	6	7	14	14	23	9	8	1	14	12	8,6
V	2	9	12	3	10	6	13	8	23	12	11,4
VI	1	4	20	15	10	2	9	5	11	13	5,8
VII	10	12	2	12	18	8	13	2	24	18	6,7
VIII	6	21	22	2	17	8	19	6	23	23	8,0
IX	7	11	15	14	23	10	3	10	26	16	4,7
Сумма	32	64	85	60	101	43	65	32	121	94	45,2
Гидротермический коэффициент Г. К. Селянинова											
IV	0,84	0,29	0,39	3,94	0,03	1,34	1,63	1,59	0,36	0,47	0,99
V	1,68	1,08	0,81	1,48	1,44	1,19	1,07	1,66	0,05	0,77	0,97
VI	0,38	1,00	1,20	0,33	0,08	2,62	0,69	1,09	0,40	0,67	1,27
VII	1,20	1,21	0,72	1,43	0,58	0,31	0,23	0,82	0,13	0,04	1,05
VIII	0,56	0,18	0,13	1,29	0,01	0,47	0,98	0,42	0,06	0,12	0,61
IX	1,59	0,28	0,72	0,50	0,00	0,84	1,39	0,18	0,10	0,04	1,16
Средний	1,04	0,67	0,66	1,50	0,36	1,13	1,00	0,96	0,18	0,35	1,00

*Данные «Агроклиматического справочника по Луганской области за 1986–2005 гг.» [2]

Более благоприятные погодные условия сложились в вегетационные периоды 2016, 2021, 2022 и 2023 гг. (ГТК = 1,0-1,3), что соответствовало слабо засушливой зоне увлажнения – лесостепи. Оптимальные условия влагообеспеченности периода вегетации сложились только в 2019 году (ГТК составил 1,5 – влажная лесная зона).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Уровень урожайности подсолнечника в годы проведения исследований (табл. 2) значительно варьировал (согласно срокам сева $V = 32,1; 31,2, 29,8 \%$), что связано с очень контрастными погодными условиями.

Таблица 2. Влияние сроков сева на урожайность подсолнечника, т/га

Table 2. Sowing time impact on sunflower yield, t/ha

Годы	Сроки сева подсолнечника			Средняя по срокам сева	НСР ₀₅ , т/га
	ранний (I декада апреля)	средний (I декада мая)	поздний (I декада июня)		
2016	2,69	2,70	1,60	2,33	0,19
2017	1,72	1,90	1,80	1,81	0,22
2018	1,81	1,60	1,51	1,64	0,17
2019	2,82	2,40	2,01	2,41	0,18
2020	1,74	1,63	1,32	1,56	0,14
2021	2,40	2,10	1,74	2,08	0,20
2022	1,63	1,53	1,76	1,64	0,15
2023	2,62	2,20	1,92	2,25	0,21
2024	1,32	1,20	0,92	1,15	0,16
2025	0,94	0,83	0,60	0,79	0,18
\bar{x}	1,97	1,81	1,52		
$S\bar{x}$	0,20	0,18	0,14		
$V, \%$	32,1	31,2	29,8		

В результате проведения исследований за 2016–2025 гг. установлено, что при раннем сроке сева средние запасы продуктивной почвенной влаги в метровом слое почвы характеризовались как средние (в пределах 130–160 мм) и составили 149,5 мм, что превысило их запасы в сравнении со средним сроком на 8,4 мм, а в сравнении с поздним сроком – на 40,2 мм (табл. 3).

Выявлена сильная корреляция урожайности подсолнечника с запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы весной при I и III сроках сева (соответственно $r = 0,834$ и $r = 0,845$) и средняя ($r = 0,604$) – при II сроке.

Урожайность культуры имела сильную корреляцию ($r > 0,7$) с запасами продуктивной влаги в период фазы цветения (соответственно срокам сева – 0,799; 0,826; 0,893), а также с осадками за вегетацию (соответственно $r = 0,853; 0,858; 0,792$) и в период цветения ($r = 0,863; 0,734; 0,852$). Рост урожайности также сопровождался повышением величины суммарного водопотребления ($r = 0,881; 0,856; 0,889$). В среднем за 2016–2025 годы в структуре суммарного водопотребления подсолнечника при раннем сроке сева долевое участие осадков за вегетацию составило 60,6%, при среднем сроке – 54,8 %, при позднем сроке – 43,7 %.

Таблица 3. Почвенная влагообеспеченность и водопотребление подсолнечника в зависимости от погодных условий и сроков сева**Table 3.** Sowing time impact on soil moisture supply and sunflower water consumption

Годы	Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см, мм			Осадки за вегетацию, мм	Осадки в фазе цветения, мм	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Средняя температура за вегетацию, °С	Число дней с t°С выше 30°С	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
	при посеве	в фазе цветения	при уборке						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
При раннем сроке сева (I декада апреля)									
2016	177,0	81,2	30,0	276,6	45	4236	19,5	56	1574
2017	150,7	76,3	45,2	267,8	30,3	3733	17,9	51	2170
2018	130,9	22,0	23,0	201,3	41,4	3392	19,2	57	1874
2019	154,0	82,0	46,2	367,7	43,4	4755	18,5	37	1686
2020	148,8	64,2	19,0	136,0	33,0	2608	18,5	59	1499
2021	167,0	64,4	30,9	307,0	47,3	4431	19,6	59	1846
2022	143,1	55,2	0,0	245,0	6,4	3921	19,1	58	2406
2023	173,0	109,6	30,3	292,1	50,3	4348	16,3	58	1659
2024	145,1	39,0	8,0	62,6	0,0	1996	20,7	52	1512
2025	105,5	8,0	0,0	105,0	1,7	2105	20,1	75	2239
\bar{x}	149,5	66,9	23,3	226,1	30,0	3553	19,0	56	1847
V, %	13,3	45,4	71,4	43,2	65,9	26,6	6,5	16,7	17,5
r	0,834	0,799	0,735	0,853	0,863	0,881	-0,495	-0,579	-0,456
При среднем сроке сева (I декада мая)									
2016	136,6	80,1	19,4	235,6	86,0	3528	21,2	58	1307
2017	157,7	82,2	6,0	205,1	50,3	3568	20,1	54	1878
2018	172,6	70,3	12,0	187,4	49,8	2980	21,5	63	1862
2019	154,1	96,5	10,0	278,9	96,0	4230	20,6	35	1459
2020	138,2	50,4	0,0	105,4	40,0	2437	21,0	64	1495
2021	150,0	52,2	22,0	236,2	92,0	3642	22,1	63	1734
2022	140,9	50,9	6,0	165,3	16,0	2997	20,8	62	1958
2023	160,2	112,4	30,3	209,2	6,0	3991	17,6	36	1256
2024	100,5	30,0	0,0	45,5	11,0	1461	21,8	74	1217
2025	100,0	5,0	0,0	92,3	3,0	1923	22,4	54	2317
\bar{x}	141,1	63,0	10,6	176,1	45,0	3076	20,9	56,3	1648
V, %	17,1	50,6	98,3	41,9	80,6	29,3	6,49	22,0	21,8
r	0,604	0,889	0,735	0,858	0,734	0,889	-0,579	-0,667	-0,589

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
При позднем сроке сева (I декада июня)									
2016	100,3	66,0	6,0	188,0	28,5	2823	20,5	57	1764
2017	129,0	87,2	9,1	114,1	39,0	2340	21,2	53	1300
2018	108,6	77,0	8,2	93,8	9,5	1942	21,4	57	1286
2019	127,2	69,0	6,2	188,4	43,6	3094	18,7	37	1539
2020	133,5	37,2	3,5	50,2	5,0	1802	21,4	59	1355
2021	110,4	69,6	4,4	90,5	22,6	1965	21,2	55	1129
2022	131,0	70,5	0,0	156,4	27,3	2874	20,9	58	1632
2023	122,0	63,0	0,0	95,9	23,3	2179	20,9	32	1135
2024	76,0	16,9	0,0	21,7	4,0	977	23,4	73	1061
2025	54,5	9,2	0,0	11,9	0,0	664	23,4	69	1107
\bar{x}	109,3	56,6	3,7	101,1	20,3	2067	21,3	55	1331
V, %	23,9	46,4	93,9	62,1	74,4	38,2	6,37	22,8	18,2
r	0,845	0,893	0,430	0,792	0,852	0,889	-0,880	-0,829	0,448

Средняя обратная корреляция ($r = -0,495$ и $-0,443$) урожайности со средней температурой воздуха за вегетационный период отмечена при I и II сроках сева и сильная ($r = -0,880$) – при III сроке. Аналогичная закономерность получена и в корреляционной зависимости урожайности от количества засушливых дней за вегетацию (с относительной влажностью воздуха в течение суток $\leq 30\%$), которая при I и II сроках сева была средней отрицательной ($r = -0,579$ и $-0,480$) и сильной ($r = -0,829$) – при III сроке сева.

Математические модели урожайности подсолнечника в зависимости от осадков (x) и температуры воздуха (y) в период вегетации по срокам сева выражались следующими уравнениями регрессии и графиками (рис. 1–3).

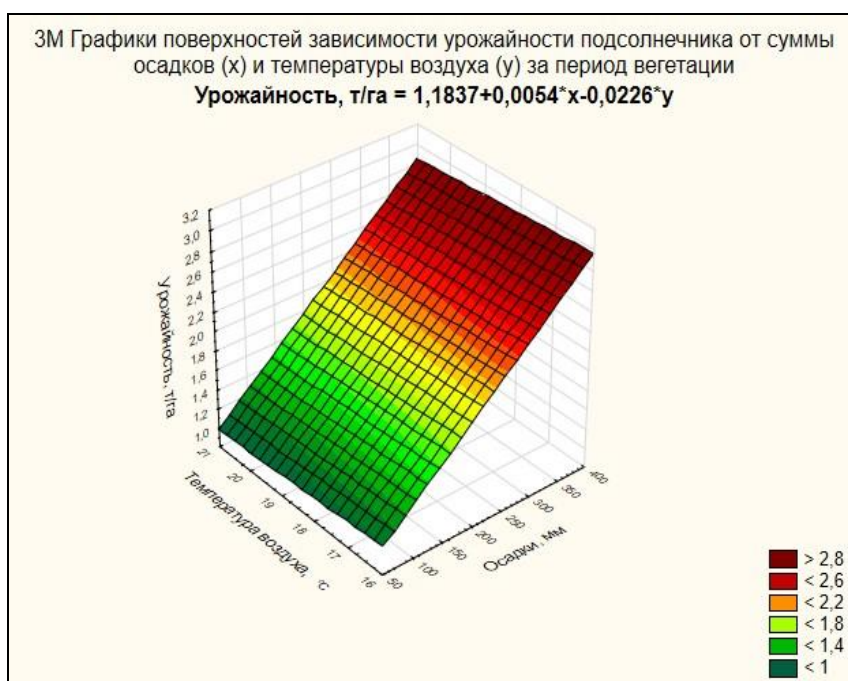


Рис. 1. Влияние осадков и температуры воздуха за вегетационный период на урожайность подсолнечника при раннем сроке сева (2016–2025 гг.)

Fig. 1. Precipitation and air temperature effect during the growing season on sunflower yield at early sowing time (2016–2025)



Рис. 2. Влияние осадков и температуры воздуха за вегетационный период на урожайность подсолнечника при среднем сроке сева (2016–2025 гг.)

Fig. 2. Precipitation and air temperature effect during the growing season on sunflower yield at middle sowing time (2016–2025)

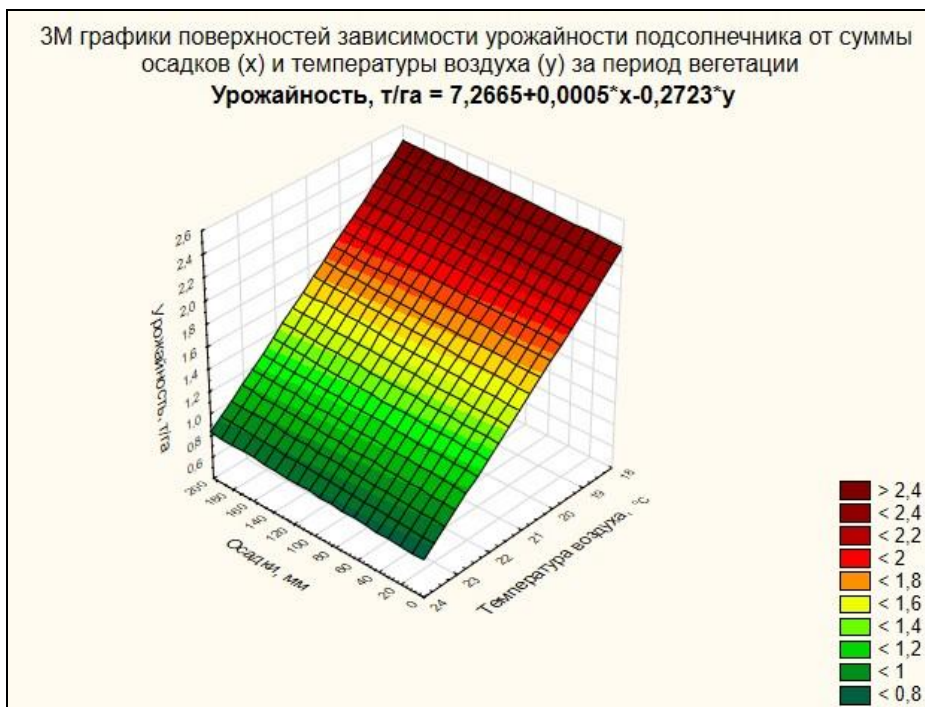


Рис. 3. Влияние осадков и температуры воздуха за вегетационный период на урожайность подсолнечника при позднем сроке сева (2016–2025 гг.)

Fig. 3. Precipitation and air temperature effect during the growing season on sunflower yield at late sowing time (2016–2025)

При выращивании среднераннего гибрида подсолнечника Командор в современных засушливых, крайне нестабильных гидротермических условиях вегетации в Донбассе наиболее высокая урожайность (1,97 т/га) получена при раннем сроке сева (I декада апреля), что заметно превысило урожайность (на 0,16 т/га) в сравнении с посевами среднего срока сева (I декада мая) и особенно сильно (на 0,45 т/га) – с посевами позднего срока (I декада июня).

Преимущество в технологии с ранним сроком сева можно объяснить более значительными запасами почвенной влаги на начало вегетации подсолнечника, большим количеством осадков за период вегетации, лучшими гидротермическими условиями к началу критического периода развития культуры. Ранний срок сева является наиболее рациональным методом получения гарантированных всходов; более раннее цветение растений подсолнечника совпадает с благоприятными погодными условиями III декады июня – I декады июля, что интенсивнее привлекает насекомых-опылителей в этот период в сравнении с посевами более поздних сроков сева. При этом появляется возможность провести уборку в более ранние сроки, что играет важную роль в получении урожая маслосемян высокого качества.

Аналогичные данные получены в исследованиях М. В. Башинской [18], проведенных на черноземах обыкновенных в степных засушливых условиях Запорожской области, в которых указывается, что лучшим является наиболее ранний срок сева подсолнечника – II–III декады апреля при повышении температуры почвы на глубине 8 см до уровня в пределах от 10–12° и до 16 °С.

Выводы

Таким образом, урожайность подсолнечника гибрида Командор зависит не только от запасов продуктивной влаги перед севом ($r = 0,604-0,845$) и суммы осадков за весь период вегетации ($r = 0,792-0,854$), осадков, выпавших в критический период (в фазу цветения) ($r = 0,730-0,863$), но и от сроков сева. Наиболее благоприятные условия для посева складываются в период I декады апреля. Ранний апрельский срок обеспечивается в среднем за 10 лет исследований (2016–2025 гг.) максимальным запасом продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом (149,5 мм) и к периоду цветения (66,9 мм) подсолнечника, большей на 50 мм (28,4 %) суммой осадков, большим на 477 м³/га (15,5 %) показателем суммарного водопотребления и пониженной на 1,9 °С (9,1 %) температурой воздуха за период вегетации в сравнении со средним (I декада мая) сроком сева. Преимущества раннего срока сева способствовали формированию наиболее высокой урожайности (1,97 т/га), которая была выше на 0,16 т/га (8,8 %) в сравнении со средним (I декада мая) сроком сева и на 0,45 т/га (29,6 %) – в сравнении с поздним (I декада июня) сроком. Наименьшую влагообеспеченность и урожайность имели посевы позднего (I декада июня) срока сева подсолнечника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каптанов А. Н.* Научные основы современных систем земледелия // Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. М.: Агропромиздат, 1988. 255 с.
2. Агроклиматический справочник по Луганской области (1986–2005 гг.) / Под ред. Ю. М. Власова. Луганск: Виртуальная реальность, 2011. 216 с.

3. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме / Под ред. И. А. Шумакова. СПб.: Научно-технологические технологии, 2022. 124 с.

4. Лосев А. П., Журина Л. Л. Агрометеорология. М.: КолосС, 2004. 301 с.

5. Эдельгериев Р. С. Х., Иванов А. Л., Донник И. М. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство). М.: МБА, 2021. 700 с. DOI: 10.52479/978-5-6045103-9-1

6. Васильев Д. С. Подсолнечник. М.: Агропромиздат, 1990. С. 6–7.

7. Посыпанов Г. С. Растениеводство. М.: КолосС, 2007. 612 с.

8. Горбаченко Ф. И., Горбаченко О. Ф. Селекция и семеноводство подсолнечника на Дону / Под ред. Н. И. Бочкарева. Краснодар: Просвещение – Юг, 2016. 341 с.

9. Решетняк Н. В. Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) в Донбасском регионе / Под ред. Н. В. Решетняк, В. Е. Стотченко, Т. М. Косонова. Луганск: ФЛП Пальчак А. В., 2017. 536 с.

10. Гаевая Э. А., Гринько А. В., Кисс Н. Н. и др. Влияние гидротермических факторов на урожайность подсолнечника в Приазовской зоне Ростовской области // Масличные культуры. 2025. Вып. 3(203). С. 58–66. DOI: 10.25230/2412-608X-2025-3-203-58-66

11. Борисоник З. Б. Подсолнечник. Киев: Урожай, 1985. 160 с.

12. Бушнев А. С., Мамырко Ю. В., Подлесный С. П. и др. Влияние сроков сева и норм высева семян на продуктивность гибридов подсолнечника // Сахарная свекла. 2023. № 8. С. 31–35. DOI: 10.25802/SB.2023.63.90.005

13. Грязева В. И., Сигов В. И., Кузьмина А. М. Влияние сроков сева на урожайность и качество маслосемян подсолнечника. В сборнике: Инновационные технологии в АПК: теория и практика: материалы X Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022. С. 34–36.

14. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность подсолнечника в Ростовской области // Земледелие. 2023. № 8. С. 23–27. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-8-23-27

15. Павелко И. А., Орехов Г. И., Бушнев А. С. Продуктивность нового сорта подсолнечника Казак в зависимости от срока посева на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. В сборнике: Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: материалы 13-й Международной конференции молодых ученых и специалистов. Краснодар: ВНИИМК, 2025. С. 195–199.

16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

17. Лукомец В. М., Тишков Н. М., Трунова М. В., Семеренко С. А. Методика проведения агротехнических исследований в опытах с масличными культурами (Сообщение 2. Исследования в опытах с подсолнечником) // Масличные культуры. 2023. Вып. 2(194). С. 51–66. DOI: 10.25230/2412-608X-2025-3-203-58-66

18. Башинская М. В. Влияние разных сроков сева на урожайность гибридов подсолнечника в условиях Запорожской области. В сборнике: Роль аграрной науки в обеспечении продовольственной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции. Мелитополь: Мелитопольский ГУ, 2024. С. 15–20.

REFERENCES

1. Kashtanov A.N. *Nauchnyye osnovy sovremennykh sistem zemledeliya* [Scientific foundations of modern farming systems]. Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences. Moscow: Agropromizdat, 1988. 255 p. (In Russian)
2. Vlasov Y.N. *Agroklimaticheskiy spravochnik po Luganskoy oblasti (1986-2005 gg.)* [Agroclimatic reference book for Lugansk region (1986–2005)]. Lugansk: Virtual'naya real'nost', 2011. 216 p. (In Russian)
3. Shumakov I.A. The third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General summary. Sankt-Peterburg: Naukoemkie tekhnologii, 2022. 124 p. (In Russian)
4. Losev A.P., Zhurina L.L. *Agrometeorologiya* [Agrometeorology]. Moscow: KolosS, 2004. 301 p. (In Russian)
5. Edelgeriev R.S.Kh., Ivanov A.L., Donnik I.M. *Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: proyavleniya zasuhi, mery preduprezhdeniya, bor'by, likvidatsiya posledstviy i adaptacionnye meropriyatiya (sel'skoe i lesnoe hozyajstvo)* [Global climate and soil cover of Russia: drought manifestations, prevention, control measures, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry)]. Moscow, IBA. 2021. 700 p. DOI: 10.52479/978-5-6045103-9-1. (In Russian)
6. Vasiliev D.S. *Podsolnechnik* [Sunflower]. Moscow: Agropromizdat, 1990. Pp. 6–7. (In Russian)
7. Posypanov G.S. *Rasteniyevodstvo* [Crop production]. Moscow: KolosS, 2007. 612 p. (In Russian)
8. Gorbachenko F.I., Gorbachenko O.F. *Selektsiya i semenovodstvo podsolnechnika na Donu* [Sunflower seed production on the Don]. Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, 2016. 341 p. (In Russian)
9. Reshetnyak N.V. *Podsolnechnik (Helianthus annuus L.) v Donbasskom regione* [Sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the Donbass region]. Lugansk: FLP Palchak A.V., 2017. 536 p. (In Russian)
10. Gayevaya E.A., Grinko A.V., Kiss N.N. et al. Influence of hydrothermal factors on sunflower yields in the Azov zone of the Rostov region. *Maslichnye kultury*. [Oil crops]. 2025. No. 3(203). Pp. 58–66. DOI: 10.25230/2412-608X-2025-3-203-58-66. (In Russian)
11. Borisonik Z.B. *Podsolnechnik* [Sunflower]. Kiev: Urozhay, 1985. 160 p. (In Russian)
12. Bushnev A.S., Mamyrko Yu.V., Podlesny S.P. et al. Influence of sowing time and seed sowing rates on productivity of sunflower hybrids. *Sakharnaya svekla* [Sugar beet]. 2023. No. 8. Pp. 31–35. DOI: 10.25802/SB.2023.63.90.005. (In Russian)
13. Gryazeva V.I., Sigov V.I., Kuzmina A.M. Influence of sowing time on the yield and quality of sunflower oilseeds. *V sbornike: Innovatsionnye tekhnologii v agropromyshlennom komplekse: teoriya i praktika: materialy X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Penza, 2022. Pp. 34–36. (In Russian)
14. Voshedskiy N.N., Kulygin V.A. Influence of elements of cultivation technology on sunflower yield in Rostov region. *Zemledelie* [Agriculture]. 2023. No. 8. Pp. 23–27. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-8-23-27. (In Russian)
15. Pavelko I.A., Orekhov G.I., Bushnev A.S. Productivity of a new sunflower variety Kazak depending on sowing time on leached chernozem of Western Ciscaucasia. *V sbornike: Aktualnye voprosy biologii, selektsii, tekhnologii vozdeleyvaniya i pererabotki sel'skokhozyaystvennykh kultur*:

materialy XIII Mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov. Krasnodar: VNIIMK, 2025. Pp. 195–199. (In Russian)

16. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Moscow: Alliance, 2014. 351 p. (In Russian)

17. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Trunova M.V., Semerenko S.A. Methods of conducting agrotechnical research in experiments with oilseeds. Research in experiments with sunflower. *Maslichnye kultury* [Oil crops]. 2023. No. 2(194). Pp. 51–66. DOI: 10.25230/2412-608X-2025-3-203-58-66. (In Russian)

18. Bashinskaya M.V. Influence of different sowing time on sunflower hybrids yield in Zaporozhye region. *V sbornike: Rol' agrarnoy nauki v obespechenii prodovol'stvennoy bezopasnosti: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Melitopol: Melitopol'skiy GU, 2024. Pp. 15–20. (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

Тимошин Николай Николаевич, канд. с.-х. наук, заведующий кафедрой земледелия и растениеводства, ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова»; 291008, Россия, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1; nauka_nis_lg@mail.ru, rector@lnau.su, SPIN-код: 2430-9178

Решетняк Николай Васильевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства, ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова»; 291008, Россия, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1; Zemledelie2016@yandex.ru, SPIN-код: 9335-4746

Барановский Александр Васильевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства, ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова»; 291008, Россия, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1; Lnau_sorgo2011@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2098-0889>, SPIN-код: 9133-9230

Мельник Наталья Александровна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры биологии растений, ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова»; 291008, Россия, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1; Zemledelie2016@yandex.ru; SPIN-код: 4744-2870

Мазалов Олег Вячеславович, аспирант кафедры земледелия и растениеводства, ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова»; 291008, Россия, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1; Zemledelie2016@yandex.ru

Сигидиненко Ирина Викторовна, аспирант кафедры биологии растений, ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова»; 291008, Россия, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1; Zemledelie2016@yandex.ru

Information about the authors

Nikolay N. Timoshin, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Agriculture and Crop Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov”;

1, LNAU territory, Artemovsky district, Lugansk urban district, Lugansk, 291008, Russia;
nauka_nis_ig@mail.ru, rector@lnau.su, SPIN-code: 2430-9178

Nikolay V. Reshetnyak, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Agriculture and Crop Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov”;

1, LNAU territory, Artemovsky district, Lugansk urban district, Lugansk, 291008, Russia;
Zemledelie2016@yandex.ru, SPIN-code: 9335-4746

Alexander V. Baranovsky, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov”;

1, LNAU territory, Artemovsky district, Lugansk urban district, Lugansk, 291008, Russia;
Lnau_sorgo2011@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2098-0889>; SPIN-code: 9133-9230

Natalya A. Melnik, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Plant Biology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov”;

1, LNAU territory, Artemovsky district, Lugansk urban district, Lugansk, 291008, Russia;
Zemledelie2016@yandex.ru; SPIN-code: 4744-2870

Oleg V. Mazalov, Postgraduate Student, Department of Agriculture and Crop Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov”;

1, LNAU territory, Artemovsky district, Lugansk urban district, Lugansk, 291008, Russia;
Zemledelie2016@yandex.ru;

Irina V. Sigidinenko, Postgraduate Student, Department of Plant Biology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov”;

1, LNAU territory, Artemovsky district, Lugansk urban district, Lugansk, 291008, Russia;
Zemledelie2016@yandex.ru

Изучение исходного материала в селекции лопающейся кукурузы ФГБНУ ВНИИ кукурузы

О. В. Теркина, А. Н. Романова✉

Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы
357528, Россия, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14о

Аннотация. Исключительно важную роль в питании человека и кормлении животных играет белок, поэтому содержание и состав белка в зерне и продуктах его переработки являются важнейшими показателями качества.

Цель исследования – проведение оценки линий лопающейся кукурузы по хозяйственно ценным признакам, химическим показателям, технологическим качествам зерна, выделение лучших линий для создания лопающихся гибридов с повышенным содержанием протеина и масла.

Материалы и методы исследования. В опыте изучались 22 линии коллекции института различных групп спелости (ФАО 200, 300, 400, 500). Разновидность лопающейся кукурузы представлена перловыми подвидами кукурузы. Исходный материал различается по цвету зерна – белый и желтый. По высоте растений и высоте прикрепления верхнего хозяйственно-годного початка существенные различия выявлены в группах ФАО 400, 500 (от 175 до 200 см и от 70 до 94 см). По массе 1000 зерен и по длине початка различия наблюдались при увеличении группы ФАО (106–200 г и 11,0–16,0 см).

Содержание протеина и масла в исходном материале лопающейся кукурузы определяли методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с использованием анализатора «Инфра ЛЮМ ФТ-12». Изучались образцы лопающихся линий кукурузы разных групп спелости: 5 среднеранних, 7 среднеспелых, 4 среднепоздних и 6 позднеспелых. Для оценки химического состава зерна кукурузы использовали международный классификатор СЭВ видов *Zea mays* L 1997 г.

Результаты. В статье изложены результаты исследований по изучению исходного материала лопающейся кукурузы в условиях предгорной зоны Ставропольского края на опытном поле ВНИИ кукурузы. Большая часть линий (77 %) отличилась средним содержанием протеина. Максимальный процент протеина (15,3 %) был у среднепоздней линии RD 0686 (ФАО 400). С высоким содержанием протеина (12,9 %) оказалась среднеранняя линия RD 1666. По содержанию масла большинство линий (95 %) со средним показателем и всего 4,5 % с низким. Средний показатель процента содержания масла отмечен у линий среднеранней, среднеспелой и среднепоздней групп спелости. Показатель коэффициента увеличения объема лучших линий варьировал – 1:15–1:22.

Выводы. Анализ данных химического состава позволил выделить лучшие лопающиеся линии разных групп спелости с высоким содержанием протеина (белка) и масла, что дает возможность вести селекцию по созданию гибридов с повышенными химическими показателями зерна (протеина и масла).

Ключевые слова: лопающаяся кукуруза, самоопыленные линии, параметры варьирования, технологические качества зерна, протеин, масло, коэффициент увеличения объема (КУО) зерна при поджаривании

Поступила 25.11.2025, одобрена после рецензирования 28.01.2026, принята к публикации 25.03.2026

Для цитирования. Теркина О. В., Романова А. Н. Изучение исходного материала в селекции лопающейся кукурузы ФГБНУ ВНИИ кукурузы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 2. С. 66–74. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-66-74

Original article

Study of source material for popcorn breeding by All-Russian Research Institute of Corn

O.V. Terkina, A.N. Romanova✉

All-Russian Research Institute of Corn
14o Yermolova street, Pyatigorsk, 357528, Russia

Abstract. Protein plays a crucial role in human and animal nutrition, so the protein content and composition of grains and their processed products are essential indicators of quality.

Aim. The study is to estimate popcorn lines for their economic value, chemical composition, and the grain technological characteristics, as well as to identify the best lines for creating popcorn hybrids with increased protein and oil content.

Materials and methods. The experiment involved 22 lines of various maturity groups (FAO 200, 300, 400, and 500) from the Institute's collection. The popcorn variety is represented by pearl corn subspecies. The source material differs in grain color: white and yellow. Significant differences in plant height and the height of attachment of the upper commercially viable ear were found in FAO groups 400 and 500 (from 175 to 200 cm and from 70 to 94 cm). Differences in 1,000-kernel weight and ear length were observed with increasing FAO group (106–200 g and 11.0–16.0 cm).

The protein and oil content of popcorn seed material are determined by near-infrared spectroscopy using an Infra LUM FT-12 analyzer. Samples of popcorn lines from different maturity groups were analyzed: 5 mid-early, 7 mid-season, 4 mid-late, and 6 late-season. The CMEA International Classification of *Zea mays* L. species, 1997, is used to assess the chemical composition of the corn grain.

Results. The article presents the results of research on the source material of popcorn in the foothill zone of the Stavropol Territory in the experimental field of the All-Russian Research Institute of Corn. Most of the lines (77 %) have been distinguished by average protein content. The maximum percentage of protein (15.3 %) has been found in the mid-late line RD 0686 (FAO 400). The mid-early line RD 1666 had a high protein content (12.9 %). In terms of oil content, most lines (95%) had an average value, and only 4.5 % had a low value. Average percentage of oil content has been recorded in lines of the mid-early, mid-season, and mid-late maturity groups. The volume increase coefficient of the best lines varies from 1:15 to 1:22.

Conclusions. Analysis of chemical composition data allows for identifying the best bursting lines across various maturity groups, with high protein and oil content, enabling breeding for hybrids with enhanced grain chemical properties (protein and oil).

Keywords: popcorn, self-pollinated lines, variation parameters, technological qualities of grain, protein, oil, coefficient of volume increase (CVE) of grain during roasting

Submitted 25.11.2025,

approved after reviewing 28.01.2026,

accepted for publication 25.03.2026

For citation. Terkina O.V., Romanova A.N. Study of source material for popcorn breeding by All-Russian Research Institute of Corn. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 2. Pp. 66–74. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-66-74



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ВВЕДЕНИЕ

Лопающаяся кукуруза (*Zea Mays L. Sturt*) – один из наиболее древних подвидов кукурузы. Она отличается от других типов способностью «взрываться». Как свидетельствуют археологические данные, еще до открытия Америки она широко использовалась индейцами для пищевых целей [1, 2].

По мере развития науки и технологий роль кукурузы как пищевого и кормового значения, так и промышленной переработки, увеличивается. Данные технологического анализа зерна новых зарубежных образцов показывают, что лучшее качество крупы получается из сортов лопающейся и кремнистой белозерной кукурузы. Выход крупы зависит от степени стекловидности эндосперма зерна и положительно коррелирует со степенью стекловидности зерновки и с количеством белка. Кукурузная крупа – промежуточный продукт, получающийся при размоле кукурузы в муку. По размерам частиц кукурузная крупа иногда приближается к пшеничной манной крупе и тогда по внешнему виду очень на нее похожа (кукурузная манка) [11].

Исключительно важную роль в питании человека и в кормлении животных играет белок, поэтому содержание и состав белка в зерне и продуктах его переработки являются важнейшими показателями качества. Содержание белка в зерне сортов различных подвидов кукурузы колеблется от 6 до 21 % [3]. Зерно лопающейся кукурузы в сравнении с зубовидной и кремнистой содержит значительно больше масла и протеина, приближаясь по содержанию к ржи и пшенице [4, 5].

В зависимости от страны происхождения у лопающейся кукурузы содержание белка колеблется от 12 до 18 %, масла – от 4,3 до 7,1 %, а также в ней содержится более 18 различных аминокислот [6].

Используется лопающаяся кукуруза главным образом для получения весьма питательного и калорийного продукта – «воздушной кукурузы» – попкорна. Высокое содержание белка в зерне обычно сопровождается значительным содержанием масла, которое распределяется в зерновке неравномерно. Наибольшее количество жира (до 60 %) сконцентрировано в зародыше и только 0,61–0,73 % содержится в эндосперме [11].

В зависимости от формы верхушки зерна все сортовое разнообразие лопающейся кукурузы делится на две группы – рисовую и перловую. В отличие от остальных подвидов значительная часть зерна эндосперма лопающейся кукурузы представлена роговидным слоем. Поэтому при поджаривании зерен лопающейся кукурузы оболочка их лопается, и эндосперм в виде рыхлой белоснежной или желтоватой массы выворачивается наружу. Высокие вкусовые качества взорванных зерен кукурузы обуславливаются содержанием в них водорастворимых питательных веществ, количество которых в три раза превышает содержание их в сыром зерне. По конфигурации раскрытого готового зерна лопающаяся кукуруза бывает в форме бабочки и шара. «Бабочка» – раскрытое зерно неправильной формы, напоминающее снежинку или бабочку; «шаровидная» – зерно, раскрывающееся шариком, – гриб.

Взорванное зерно во много раз превышает свой первоначальный объем, что является качественным признаком, который передается по наследству. Поэтому наряду с такими хозяйственно ценными признаками, как урожайность, засухоустойчивость, устойчивость к полеганию, вредителям и болезням, всегда нужно определять показатель взрываемости. Изучение технологических качеств зерна линий имеет важное значение с точки зрения их хозяйственной ценности. Коэффициент увеличения объема (КУО) зерна

у лопающейся кукурузы во многом зависит от способа сушки, хранения и температуры нагрева жаровни. Лучшая взрываемость зерен и наибольший коэффициент увеличения объема зерен получают при полной спелости и влажности зерна 13,5–14 %. При неполном вызревании початков (75–80 %) взрывание зерна и увеличение его объема сокращаются почти наполовину [8, 10].

Цель наших исследований – провести оценку линий лопающейся кукурузы по хозяйственно ценным признакам, химическим показателям, технологическим качествам зерна. Выделить лучшие линии для создания лопающихся гибридов с повышенным содержанием протеина и масла.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования по изучению лопающихся линий кукурузы проведены на опытном поле ФГБНУ ВНИИ кукурузы в 2022–2023 гг. в предгорной зоне Ставропольского края. Климат предгорной зоны Ставропольского края относится к зоне достаточного увлажнения. Условия этой зоны считаются благоприятными для возделывания лопающейся кукурузы. Гидротермический коэффициент равен 1,3–1,4. Сумма осадков составляет 600–750 мм, а сумма активных температур – 2800–3000 °С.

Погодные условия вегетационного периода кукурузы 2022 и 2023 гг. сложились благоприятно для роста и развития кукурузы, однако 2022 г. был более засушливым по сравнению с 2023-м. В 2022 г. за вегетационный период выпало 234,9 мм осадков, что на 50 мм ниже средней многолетней. 2023 год был достаточно влажным – 322,4 мм, причем основная часть осадков пришлось на май – июль, что создало благоприятные условия для роста и развития кукурузы. По среднесуточной температуре воздуха существенных различий не было.

Агротехника в опыте аналогичная технологии выращивания зерновой кукурузы. Методика исследований соответствовала требованиям государственного сортоиспытания.

Высевали во второй декаде апреля на делянках – 7,84 м². Густота стояния (50–60 тыс./га) формировалась в фазе 3–5 листьев. Уборка проводилась в начале третьей декады октября. В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, промеры, учеты поражения вредителями и болезнями.

Биохимические исследования проведены в 2022–2023 гг. Определяли содержание хозяйственно ценных веществ (протеин, масло) в зерне линий лопающейся кукурузы. Определяли процент белка и масла методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с использованием анализатора «Инфра ЛЮМ ФТ-12» в зерне кукурузы.

В качестве исходного материала мы использовали линии лопающейся кукурузы из мировой коллекции, а также селекционный материал, созданный во ВНИИК на их основе. В основном лопающаяся кукуруза была представлена как желтая перловая. По группам спелости весь материал разделен на четыре группы (среднеранние, среднеспелые, среднепоздние и позднеспелые).

Для оценки материала по содержанию в нем химических веществ использовали справочник [9] и шкалу Широкого унифицированного классификатора СЭВ и международного классификатора СЭВ видов *Zea mays* L. (Ленинград, 1997). Согласно этой шкале содержание протеина 8,0–10,4 считается низким, 10,5–12,8 – средним, 12,9–15,2 – высоким, > 15,2 % – очень высоким; масла: 2,2–3,9 – низким, 4,0–5,7 – средним, 5,8–7,5 – высоким, > 7,5% – очень высоким [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Гетерозисная селекция определяется наличием и созданием исходного материала, самоопыленных линий, отвечающих современным требованиям по хозяйственно полезным признакам (продуктивность, раннеспелость, устойчивость к вредителям и болезням др.) и обладающих высокой комбинационной способностью.

Рабочая коллекция лопающейся кукурузы в количестве 22 линии была изучена по хозяйственно полезным признакам, в которую входили линии разных групп спелости ФАО, в том числе среднеранние – 5, среднеспелые – 7, среднепоздние – 4 и позднеспелые – 6.

Результаты оценки рабочей коллекции 22 линий лопающейся кукурузы по основным хозяйственно полезным признакам представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика самоопыленных линий лопающейся кукурузы по основным хозяйственно полезным признакам (2022–2023 гг.).

Table 1. Characteristics of self-pollinated popcorn lines according to the main economically valuable traits (2022–2023)

ФАО	Количество образцов	Высота, см		Длина початка, см	Масса 1000 зерен	Количество рядов зерен	Окраска зерна	Разновидность
		растения	початка					
200	5	150–165	40–63	11,0–14,8	106–150	12–16	Бел-желт.	Перловая
300	7	140–163	45–63	11,6–15,6	136–160	12–14	Желт.	Перловая
400	4	145–175	55–70	13,0–15,8	136–165	14–16	Желт.	Перловая
500	6	146–200	50–94	13,2–16,0	140–200	14–18	Желт.	Перловая

Как видно из таблицы, показатели высоты растений и высоты прикрепления початка существенно не менялись в группах спелости ФАО 200 и ФАО 300. Однако в среднепоздней и позднеспелой группах имеются различия в сторону увеличения данных значений. Высота растений находилась в пределах от 140 см в ранних группах спелости и до 200 см в поздних группах спелости. Высота прикрепления початка варьировала от 40 и до 94 см соответственно. Исходный материал различается по цвету – белый и желтый. Значительное варьирование наблюдалось по признаку «масса 1000 зерен» по всем группам ФАО (106–200 г). Различия наблюдались и по длине початка при увеличении группы ФАО. Параметры варьирования данного показателя (11,0–16,0 см).

В 2023 году проведены исследования по химическому составу изучаемых лопающихся линий кукурузы, которые были проанализированы на содержание протеина и масла в зерне кукурузы (табл. 2).

Из приведенных данных видно, что содержание протеина у самоопыленных линий колеблется в пределах от 8,3 до 15,3 %. Лучшими по химическому составу оказались 18 линий с высоким и средним процентом содержания протеина (10,5–15,3 %) и масла (4,0–5,7 %) в зерне. Большой процент содержания протеина в зерне линий был в среднеранней и среднепоздней группах ФАО. По содержанию жира высокий процент отмечен у линий среднеранней, среднеспелой и среднепоздней групп. Низкие показатели по протеину были в среднеспелой группе – 8,3–9,0 %. В позднеспелой группе замечено снижение процента показателей протеина и жира. Максимальный процент протеина (15,3 %)

был у среднепоздней линии RD 0686 (ФАО 400). Данный показатель характеризуется как очень высокий. С высоким содержанием протеина (12,9 %) оказалась среднеранняя линия RD 1666. Большая часть линий (77 %) отличились средним содержанием протеина и всего 14 % имели низкие показатели. По содержанию масла большинство линий (95 %) со средним содержанием и всего 4,5 % с низким.

На основе самоопыленных линий кукурузы созданы простые гибридные комбинации, сочетающие высокую урожайность с высоким содержанием протеина и масла.

Таблица 2. Содержание протеина и масла в зерне самоопыленных линий лопающейся кукурузы селекции ВНИИК, 2023 г.

Table 2. Protein and oil content of grain in self-pollinated popcorn lines bred by the All-Russian Scientific Research Institute of Corn, 2023.

№	Название линии	Содержание, %	
		протеина	масла
среднеранние			
1	RD1672	12,7	4,7
2	RD1665	12,1	4,6
3	RD1666	12,9	4,3
4	RD0672	11,2	4,5
5	RD8604	12,5	4,8
среднеспелые			
6	Л 168	11,9	4,2
7	Л 268	11,7	5,0
8	Л 261	8,3	4,5
9	RD0669	9,0	4,1
10	RD0677	11,6	5,0
11	RD0669	11,4	4,6
12	Л 260	11,8	4,0
среднепоздние			
13	RD0673	12,3	4,1
14	RD8602	12,5	4,7
15	RD0611	12,6	4,2
16	RD0686	15,3	4,5
позднеспелые			
17	RD0684	11,3	4,2
18	RD0614	11,7	4,4
19	RD0680	11,4	4,2
20	RD0612	10,5	3,6
21	RD1604	10,1	4,1
22	RD8601	11,4	4,8
	Диапазон данных	8,3–15,3	3,6–5,0

Лучшие линии с высокими химическими показателями протеина и масла изучались в технологическом анализе (табл. 3).

Технологические качества зерна линий лопающейся кукурузы определяли путем соотношения объема, взятого до переработки, к взорванному посредством использования коэффициента увеличения объема (КУО). Взорванную кукурузу оценивали также по внешнему виду, форме взорванных зерен, цвету и вкусу. У изученных линий в основном форма раскрытого зерна – бабочка, только у РД8604 – шаровидная. Показатель КУО линий варьировал на уровне 1:15–1:22. Влажность зерна в момент взрывания находилась в пределах 12,9–14,0 %. Качество полученных хлопьев оценивалось как хорошее у 5 линий и у 2 – среднее.

Таблица 3. Технологические качества зерна линий лопающейся кукурузы (2023 г).

Table 3. The technological qualities of popcorn grains (2023)

Название линии	Влажность в момент взрывания, %	Форма взрывания	КУО	Качество хлопьев
РД 8601	13,6	Бабочка	1:17	Хорошее
РД 1665	12,9	Бабочка	1:15	Хорошее
РД 8604	13,1	Шаровидная	1:17	Хорошее
РД 0677	13,3	Бабочка	1: 22	Хорошее
РД 0673	14,0	Бабочка	1: 15	Среднее
РД 8602	13,6	Бабочка	1:18	Хорошее
РД 0614	13,8	Бабочка	1:16	Среднее

Характеристика выделенных гибридов с использованием лучших линий представлена в таблице 4.

Таблица 4. Характеристика гибридов лопающейся кукурузы, 2023 г.

Table 4. Popcorn hybrids characteristics, 2023

Название	Урожай при 14 % влажности, т/га	Уборочная влажность, %	Отклонение от стандарта	КУО	Процент взорванных зерен	Высота, см		Количество дней от всходов до цветения початка
						растений	початка	
Янтарный, стандарт	2,3	13,2	0	1:22	98,0	210	80	74
Ехр 281-7	3,1	14,0	+0,8	1:20	98,7	235	80	74
Ехр 281-16	3,2	14,5	+0,9	1:17	98,8	210	95	74
Ехр 283-20	3,4	14,7	+1,1	1:22	98,5	230	102	74
НСР	0,7							

Оценка гибридов по урожайности проведена в сравнении со стандартом Янтарный. Урожай зерна лучших гибридов в опыте варьировал в пределах от 3,1 до 3,4 т/га. Отклонение от стандарта по урожаю зерна у экспериментальных гибридов +0,8 +1,1 т/га. По высоте растений и прикрепления початка самые высокие показатели имел гибрид Ехр 283-20 (230 см и 102 см). При анализе технологических качеств зерна лопающейся кукурузы лучший результат по коэффициенту увеличения объема зерна при поджаривании был у гибридов Янтарный и Ехр 283-20. Процент взорванных зерен у всех гибридов был выше, чем у стандарта Янтарный (98,5–98,8).

ВЫВОДЫ

Для оценки исходного материала, предназначенного для селекции лопающейся кукурузы, необходимо проводить отбор по хозяйственно ценным признакам, таким как урожайность и уборочная влажность зерна; технологическому качеству зерна – коэффициенту увеличения объема зерна при поджаривании и проценту взорванных зерен. В результате изучения рабочей коллекции лопающейся кукурузы селекции ВНИИ кукурузы выделены линии различных групп спелости с повышенным содержанием протеина и масла, что дает возможность улучшить химический состав зерна в создании лопающихся гибридов. Ряд выделенных линий являются родительскими формами лучших экспериментальных гибридов лопающейся кукурузы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барсуков А. Д. Создание новых сортов и гибридов пищевой кукурузы // Кукуруза. 1965. № 12. С. 33–34.
2. Бурлай Г. К. Лопающаяся кукуруза и ее селекция в условиях полусасушливой зоны степи УССР: автореф. дис... канд. с-х наук. Харьков, 1967. С. 11, 19.
3. Ключко Н. Ф. Улучшение лопающейся кукурузы методами селекции и некоторые вопросы оценки качества зерна: автореф. дис... канд. с-х наук. Одесса, 1972. С. 7–9.
4. Котерняк В. В., Каравайнов Г. П. Селекция гибридов лопающейся кукурузы: сборник научных статей КНИИСХ. Краснодар, 1973. С. 169.
5. Матвеева Г. В. Новые самоопыленные линии лопающейся кукурузы и их селекционная ценность: автореф. дис... канд. с-х наук. Ленинград, 1982. С. 3–22.
6. Резвицкий Т. Х., Тикиджан Р. А., Позднякова А. В. Изучение продуктивности и технологических качеств гибридов лопающейся кукурузы // The Scientific Heritage. 2020. № 49-4(49). С. 7–9.
7. Сотченко Ю. В., Галговская Л. А., Теркина О. В., Жиркова Е. В. Оценка белозерных линий кукурузы по химическим показателям зерна // Кукуруза и сорго. 2018. № 2. С. 9–13.
8. Сотченко Ю. В., Галговская Л. А., Теркина О. В. и др. Селекция лопающейся кукурузы в предгорной зоне Ставропольского края // Кукуруза и сорго. 2019. № 4. С. 17–21.
9. Скурихин И. М., Тутельяна В. А. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / Под редакцией И. М. Скурихина и В. А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.
10. Супрунов А. И., Новичихин А. Л., Бондаренко Е. В., Терещенко А. В. Селекция гибридов кукурузы лопающейся // Рисоводство. 2024. Т. 23. № 2(63). С. 18–23.
11. Шмараев Г. Е. Генофонд и селекция кукурузы. СПб.: ВИР, 1999. С. 246–290.

REFERENCES

1. Barsukov A.D. Creation of new varieties and hybrids of food corn. *Kukuruza* [Corn]. 1965. No. 12. Pp. 33–34. (In Russian)
2. Burlai G.K. Popping corn and its selection in the conditions of the semi-arid steppe zone of the Ukrainian SSR: author's abstract. diss. ... candidate of agricultural sciences. Kharkov, 1967. Pp. 11, 19. (In Russian)
3. Klyuchko N.F. Improvement of popping corn by selection methods and some issues of grain quality assessment: author's abstract. diss. ... candidate of agricultural sciences. Odessa, 1972. Pp. 7–9. (In Russian)
4. Koternyak V.V., Karavaynov G.P. Selection of popping corn hybrids: *Sb. nauch. st. KNIISKH* [Coll. of sci. art. of the Krasnodar Research Institute of Agriculture]. Krasnodar, 1973. P. 169. (In Russian)

5. Matveeva G.V. New self-pollinated lines of popcorn and their breeding value: author's abstract. diss. ... candidate of agricultural sciences. Leningrad, 1982. Pp. 3–22. (In Russian)
6. Rezvitsky T.Kh., Tikidzhan R.A., Pozdnyakova A.V. Study of the productivity and technological qualities of popcorn hybrids. *The Scientific Heritage*. 2020. No. 49-4(49). Pp. 7–9. (In Russian)
7. Sotchenko Yu.V., Galgovskaya L.A., Terkina O.V., Zhirkova E.V. Evaluation of white-grained corn lines based on chemical parameters of grain. *Kukuruzha i sorgo* [Corn and Sorghum]. 2018. No. 2. Pp. 9–13. (In Russian)
8. Sotchenko Yu.V., Galgovskaya L.A., Terkina O.V. et al. Breeding of popcorn in the foothill zone of Stavropol Krai. *Kukuruzha i sorgo* [Corn and Sorghum]. 2019. No. 4. Pp. 17–21. (In Russian)
9. Skurikhin I.M., Tutelyan V.A. Chemical composition of Russian food products: Handbook / Edited by I.M. Skurikhin and V.A. Tutelyan. Moscow: DeLi print, 2002. 236 p. (In Russian)
10. Suprunov A.I., Novichikhin A.L., Bondarenko E.V., Tereshchenko A.V. Breeding of popcorn hybrids. *Risovodstvo* [Rice Growing]. 2024. Vol. 23. No. 2(63). Pp. 18–23. (In Russian)
11. Shmaraev G.E. Gene pool and selection of corn. St. Petersburg: VIR, 1999. Pp. 246–290. (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

Теркина Ольга Валентиновна, ст. науч. сотр. отдела селекции, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;

357528, Россия, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14о;

kukuruzha.ekologiya.14@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4733-5719>, SPIN-код: 9426-6185

Романова Анна Николаевна, мл. науч. сотр. отдела селекции, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;

357528, Россия, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14о;

selektsiya.kukuruzha@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7337-7093>, SPIN-код: 3005-8930

Information about the authors

Olga V. Terkina, Senior Researcher, Department of Selection, All-Russian Research Institute of Corn; 14o Yermolova street, Pyatigorsk, 357528, Russia;

kukuruzha.ekologiya.14@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4733-5719>, SPIN-code: 9426-6185

Anna N. Romanova, Junior Researcher, Department of Breeding, All-Russian Research Institute of Corn; 14o Yermolova street, Pyatigorsk, 357528, Russia;

selektsiya.kukuruzha@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7337-7093>, SPIN-code: 3005-8930

Моделирование динамики площадей виноградников и производства винодельческих хозяйств Республики Дагестан

Д. А. Максимов, Ю. В. Морозова[✉]

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

Аннотация. В статье рассматривается история виноградарства на территории сначала Дагестанской области, затем ДАССР и сейчас Республики Дагестан. Виноградарство и виноделие в Республике Дагестан всегда имело второстепенное место в развитии региона. Литературная база данных представляет собой тщательно отобранные и систематизированные статистические материалы, в том числе извлеченные из изданий конца XIX века.

Цель исследования – анализ и моделирование динамики площадей виноградников и производства винодельческих хозяйств Республики Дагестан.

Методы исследования. В работе используется экономико-статистический инструментарий в части анализа площадей виноградников. Также проводится эконометрический анализ взаимосвязи урожайности с площадями виноградников. На основе полученных данных делаются обобщения и систематизация, что позволяет сформулировать выводы о значении виноградных насаждений для экономики и общества Республики Дагестан.

Результаты. В работе проведен всесторонний анализ динамики площадей виноградников и ключевых производственных показателей винодельческих хозяйств Республики Дагестан. Исследование включает в себя детальное изучение текущего состояния площадей виноградников региона, а также оценку урожайности на этих территориях. В рамках анализа выявлены и систематизированы основные тенденции изменения площадей виноградников и показателей урожайности винограда в Республике Дагестан в период с 1870 г. по настоящее время.

Заключение. Анализ показывает отсутствие прямой зависимости валового сбора от площади насаждений. Ключевой тренд – значительное повышение эффективности: в 2020-х годах объемы урожая, аналогичные тем, что были в 1970–80-х годах, получены с площади, меньшей в 2,5 раза, что свидетельствует о переходе к более интенсивному виноградарству. Разработанная эконометрическая модель ARIMA(1,1,0) подтверждает умеренную положительную динамику урожайности и пригодна для краткосрочного прогнозирования, что создает основу для научно обоснованного планирования в отрасли с учетом как агротехнических, так и климатических факторов.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, моделирование урожайности, динамика винодельческих хозяйств, виноградарство, Республика Дагестан

Поступила 18.02.2026, одобрена после рецензирования 17.03.2026, принята к публикации 25.03.2026

Для цитирования. Максимов Д. А., Морозова Ю. В. Моделирование динамики площадей виноградников и производства винодельческих хозяйств Республики Дагестан // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 2. С. 75–90. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-75-90

Modeling vineyard and wineries dynamic in the Republic of Dagestan

D.A. Maksimov, Yu.V. Morozova[✉]

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

Abstract. The article examines in detail the history of viticulture in the territory of first Dagestan region, then Dagestan and now the Republic of Dagestan. Viticulture and winemaking have not been a priority for the development in this region. The literary database contains carefully selected and organized statistical materials, including data extracted from publications from the late 19th century.

Aim. The study is to consider the prospects and trends in the dynamics of vineyard areas and production of wineries in the Republic of Dagestan.

Research methods. The work uses economic and statistical techniques in the areas analysis. An econometric analysis is also carried out to study the relationship between yield and area. Based on the data collected, generalizations and systematizations are made, allowing us to draw conclusions about the significance of grape plantations for the economy and society of the Republic of Dagestan.

Results. The work carried out a comprehensive analysis for the vineyard areas and key production indicators for wineries in the Republic of Dagestan. The study includes a thorough examination of the current situation in the region's vineyards, as well as the yields assessment. As part of our analysis, we identified and systematized the main trends in changes in vineyard areas and grape yields in the Republic of Dagestan from 1870 to the present.

Conclusion. The analysis shows that there is no direct correlation between the gross harvest and the area of plantings. The key trend is a significant increase in efficiency: in the 2020s, similar harvest volumes to those of the 1970s and 1980s from an area that is 2.5 times smaller, which indicates to transition to more intensive viticulture. The developed econometric model ARIMA(1,1,0) confirms the moderate positive dynamics in yields and is suitable for short-term forecasting, creating the basis for scientifically sound planning in the industry, considering both agrotechnical and climatic factors.

Keywords: agro-industrial complex, yield modeling, dynamics of wineries, viticulture, Republic of Dagestan

Submitted 18.02.2026,

approved after reviewing 17.03.2026,

accepted for publication 25.03.2026

For citation. Maksimov D.A., Morozova Yu.V. Modeling vineyard and wineries dynamic in the Republic of Dagestan. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 2. Pp. 75–90. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-75-90

ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственная отрасль занимает первостепенное место в экономической стабильности Республики Дагестан. В контексте глобальных изменений, вызванных цифровизацией, данная отрасль сталкивается с необходимостью модернизации. Важно подчеркнуть, что любые изменения требуют тщательного исторического анализа и выявления как поверхностных, так и глубинных проблем.

Целью исследования является анализ и моделирование динамики площадей виноградников и производства винодельческих хозяйств Республики Дагестан. Для достижения обозначенной цели требуется решить ряд задач:



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

- анализ динамики площадей виноградников и производства винодельческих хозяйств Республики Дагестан;
- оценка текущего состояния площадей виноградников Республики Дагестан и их урожайности;
- выявление и моделирование динамики площадей виноградников Республики Дагестан и урожайности винограда.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

История виноградарства в Республике Дагестан насчитывает множество веков, что подтверждается археологическими находками и историческими документами. В 1722 г., во время Персидского похода, Петр I посетил Дагестан и, осознавая стратегическое значение региона для Российской империи, принял решение о создании дворцового хозяйства в городе Дербент. В рамках этой инициативы были построены винодельня и винохранилище. Все это стало важным шагом в развитии виноградарства и виноделия в регионе.

Стоит отметить, что в периоды правления Петра I, Екатерины II, Павла I Дагестанская область не была подданной Российской империи, хотя на протяжении долгих десятилетий владельцы Дагестана обращались к России с просьбой принять их в подданство. Долгое время Дагестан был «союзом под верховным покровительством» России. В 1813 г. между Россией и Ираном был подписан мирный договор, который юридически оформил вхождение Дагестана в состав России. Вхождение Дагестана в многонациональное централизованное русское государство было единственно возможным путем для обеспечения внешней безопасности, ликвидации экономической и политической раздробленности, для выхода из застойного положения, в котором пребывали народы Дагестана на протяжении многих веков.

Что касается деятельности местных жителей на территории Дагестанской области, то преобладало сельское хозяйство – выращивание зерновых культур, марены, хлопка и, конечно же, винограда. В первом томе «Истории Дагестана» говорится, что «в XIII в. довольно широкое развитие получило садоводство, особенно виноградарство. Виноградарство было распространено в равнинной, предгорной и горнодолинной зонах». «Садоводство и виноградарство были более развиты на плоскости и в предгорье, особенно около Дербента и резиденций крупных феодалов» [7].

Согласно краткому обзору виноградарства и виноделия в Дагестанской области первые цифровые данные о Дагестанских виноградниках относятся к 1830-м г., когда в г. Дербенте насчитывалось до 860 виноградных садов и выделялось вина до 30 тыс. ведер. В 1850-х гг. при управлении краем кн. Воронцовым началось усиленное поощрение виноделия, и тогда в 1846 г. был заложен Дербентский образцовый сад. К началу 1860-х гг. в низменной полосе Дагестанской области насчитывалось уже 1910 виноградных садов с общей производительностью до 50 тыс. ведер вина ежегодно.

Во втором томе «Истории Дагестана» подтверждается, что к 1851 г. виноградарство продолжает достигать заметных успехов. Русское правительство, заинтересованное в развитии отечественного виноделия, проявляло заботу об увеличении в Дагестане площадей под виноградники и улучшении сортов винограда. В этот период наиболее крупными центрами виноделия остаются Дербент и Кизляр как равнинная и предгорная части Дагестанской области [7].

М. В. Хашаев в своей монографии [15] пишет, что «точного учета пахотных земель и садов по округам Дагестанской области не существовало. Площади садов определялись

числом корзин собираемых плодов. В 1890-х гг. в Темир-Хан-Шуринском (ныне г. Буйнакск) под виноградниками считалось 660 десятин земли. Виноделием из местного винограда занимаются торговцы слободки Хунзах (соврем. село Хунзах) и г. Темир-Хан-Шуры. По пригодности к выделке вина считаются лучшими сортами виноград из садов селений Тлох, Гимры, Б. Амуши, из которого при среднем урожае выделяется до 2000 ведер вина. Мусульманское население округа вследствие своих религиозных воззрений виноделием не занимается».

Кавказское общество сельского хозяйства существует с 1850 г. Общество издает записки с 1855 г. В записках за 1874 г. есть краткая заметка о виноградниках и виноделии в г. Кизляре, что в Дагестанской области, где говорится, что «для виноградника в 1 десятина (современная величина – 1,09 га), кроме сторожа, требуется рабочих: на поднятие сада 5 на неделю, на сухую подвязку тоже 5, на зеленую подвязку 10, на уборку винограда и закрытие виноградника 20 в продолжении 10 дней, на полоть три раза по 5 на неделю; всего 410 рабочих в лето» [9]. Также в этой записке указаны и другие нормативные показатели, которые интересны для ознакомления, такие как «считаю, что десятина виноградника дает 500 ведер вина. Самому хозяину сушло обходится ведро в 20–35 к., а вино в 50 к. Цена десятины виноградника около 800 р., она теперь ниже; прежде платилось за землю по 2 р. от ведра вина, сколько давал его виноградник» [9]. В записках данного общества в основном содержались заметки для агрономов, всяческие советы для сельскохозяйственных деятелей, статистическая информация касательно Дагестанской области отсутствует.

Кавказский календарь, издаваемый в период с 1845 по 1917 г., впервые упоминает о виноделии и винокурении в Кавказском наместничестве в издании за 1873 г., где говорится, что виноделие составляет одну из главнейших статей производительности Закавказского края, «предназначенного, как кажется, самую природою быть обширным виноградником». В этом издании [8] указывается, что «иноделием не занимаются только в тех местностях Закавказья, которые населены исключительно мусульманами, непьющими вина по завету своего пророка, но и из них иные, как, на примере жителей некоторых мест Дагестанской области, прельщаясь великолепными гроздьями винограда, зреющими в их садах, ходят религиозные запрещения и вместо вина, выделяют из виноградного сока особый спиртуозный напиток (джаба), которого они ежегодно приготавливают, единственно для собственного потребления не менее 10 000 ведер» [8].

Согласно Кавказскому календарю за 1894 г. «по величине занимаемой площади и по производительности особенного внимания в городах области заслуживают только Дербентские сады и огороды. Разведением новых виноградников в г. Дербенте занимаются армяне и евреи, которые также скупают и виноградные сады у обедневшего, вследствие падения мареноводства, мусульманского населения города» [8]. Интересно отметить, что стоимость сырого винограда в 1894 г. варьировала от 20 до 60 коп. за пуд. Места, годные для развития виноградарства, находятся в низменных частях области, вдоль берега Каспийского моря и в некоторых глубоких ущельях нагорных округов.

По данным за 1898 г., винограда в Закавказье собрано до 14 млн пудов, в том числе 533 пуда винограда собрано в Дагестанской области, что составляет 4 % от общего объема. В том же году выделано вина 170 тыс. ведер, что составляет 2 % от общего объема производства Закавказья.

По данным 1890 г., пространство, занятое под виноградниками, и количество добываемого вина определяется в Дагестанской области как 3500 десятин и 140 тыс. ведер вина

соответственно. В то время как на территории всего Кавказа добывается более 10 млн ведер вина, что составляет более половины всего вина, добываемого в империи.

Согласно данным, опубликованным в журнале Кавказский календарь за 1891 г., на территории Закавказья предприятия по производству винодельческой продукции были зарегистрированы исключительно в Дагестанской области. Общее количество таких предприятий составляло 60, а их совокупный доход достиг приблизительно 60 тысяч рублей. На всех этих производствах было занято 720 человек. Доходы от винодельческой промышленности составляли 20 % от общего финансового результата по Дагестанской области. В регионе также функционировали табачные, виноградо-фруктово-водочные, пивоваренные, винодельные и пиво-медо-восковые предприятия [8].

Далее представлены данные о Дагестанской области, собранные из Кавказского календаря за период с 1870 по 1916 г. В данном издании информация о земельных участках представлена в десятинах, о добываемом вине – в ведрах, о собранном винограде – в пудах. Для обеспечения корректного сопоставления с актуальными данными авторы перевели величины соответственно в гектары, литры, тонны (табл. 1).

Таблица 1. Площади виноградников, количество добываемого вина/винограда в Дагестанской области с 1870 по 1916 г.

Table 1. Vineyard land area, amount of wine/grapes produced in Dagestan region from 1870 to 1916

	Земли под виноградники		Добываемое вино		Собрано винограда	
	десятина	га	тыс. ведер	тыс. л	пуд	т
1870	1 697	1 854		–		–
1890	3 500	3 824	140	1 680		–
1893		–	163	1 956		–
1894		–	145	1 740		–
1898		–	170	2 040	–	–
1899	2 630	2 873	146	1 758	1 334 399	1 334
1901	3 509	3 834	–	–	553 266	553
1902	3 450	3 769	138	1 656	1 147 269	1 147
1903	3 487	3 810		–	1 192 735	1 193
1906	3 493	3 816	–	–	649 354	649
1916	7 265	7 937		–		–

Источник: составлено авторами по данным Ежегодного издания «Кавказский календарь» (1853–1917)

Также на основе данных Кавказского календаря за период с 1898 по 1917 г. авторы составили таблицу динамики количества винокуренных и виноградо-фруктово-водочных фабрик по сравнению со всеми другими фабриками на территории Дагестанской области. На основе подобранных данных наблюдается стремительное снижение винокуренных фабрик к 1917 г. Снижение производственных показателей винокуренных предприятий в период первой революции 1905 г. и до Октябрьской революции может быть обусловлено революционными событиями и нестабильностью в сельскохозяйственном секторе (табл. 2).

Как было отмечено ранее, с конца XIX века в Дагестанской области Российской империи активизировалось развитие виноградарства. Одним из наиболее значимых в данной сфере стал проект, инициированный наместником царя на Кавказе графом И. И. Ворон-

цовым-Дашковым. В 1890 г. в местности Дарвагчайская долина (современный Геджух, Дагестан) были приобретены обширные земельные участки (2100 десятин земли), на которых был заложен виноградник площадью около 100 десятин (современное значение – 110 гектаров). Винодельческое хозяйство Геджух в 1900 г. представило свои вина на Всемирной выставке в Париже. Каберне из Геджуха было признано основным брендом хозяйства и удостоено медали на выставке. Это хозяйство стало эталонным в области виноградарства не только на Кавказе, но и на всей территории Российской империи. Самыми грандиозными сооружениями в имении являются подвалы для выдержки и хранения вина. Вместимость подвалов – 250 тыс. ведер вина.

Таблица 2. Количество винокуренных и виноградо-фруктово-водочных фабрик и заводов в Дагестанской области с 1898 по 1915 г.

Table 2. The number of distilleries and grape-fruit-vodka factories and plants in the Dagestan region from 1898 to 1915

Дагестанская область									
Винокуренные и виноградо-фруктово-водочные фабрики и заводы	1898	1901	1902	1903	1906	1907	1911	1912	1915
фабрики и заводы	22	25	2	21	3	3	2	2	3
<i>% от общего числа</i>	58	39	4	31	5	5	1	4	4
в тыс. руб.	95	291	14	17	10	10	0	24	43,6
<i>% от общего числа</i>	39	22	1	1	1	2	0	141	2
рабочих	142	416	10	168	70	70	0	10	15
<i>% от общего числа</i>	50	19	1	10	5	12	0	1	1

Источник: составлено авторами по данным Ежегодного издания «Кавказский календарь» (1853–1917)

Земельные органы Дербентского совнаркома в 1918 г., экспроприировав имение «Геджух», передали управление им рабочему комитету. На территории данного имения было организовано первое в Дагестане сельскохозяйственное предприятие советского типа, что свидетельствует о его высокой степени развития и производственной эффективности.

На основе данных краткого статистического справочника о Всероссийской сельскохозяйственной переписи Дагестанской области учет земельных участков измеряется в десятинах, учет виноградных насаждений – в корнях. По данным этого статистического справочника, в 1917 г. на территории 8 округов Дагестанской области было зафиксировано 2950 десятин виноградников, 61667 корней. Стоит отметить, что по другим источникам площадь составляла 7265 десятин. Можно предположить, что перепись проводилась формально. Также в данном справочнике приведены данные за 2006 г., однако выделить из представленного массива данных площадь именно виноградников не представляется возможным [2, 4].

Большой ущерб виноградарству и виноделию страны, и в частности Дагестана, был нанесен первой мировой войной, а затем в годы гражданской войны и иностранной интервенции. За 7 лет империалистической и гражданской войн в Дагестане погибло 3 тысячи десятин виноградников (современные 3277 га), их урожайность снизилась в 3–4 раза, выработка вина сократилась в 4–5 раз.

Как написано в третьем томе «Истории Дагестана», «к 1926–1927 гг. посевные площади восстановлены в среднем на 60 % по сравнению с довоенным уровнем, более быстрыми темпами восстанавливались сады и виноградники (85,2 %)» [7].

Высший орган гражданской и военной власти в Дагестане (сокращенно «Дагревком»), признавая важное место виноградарства и виноделия в экономической жизни, 18 ноября 1920 г. принимает решение об образовании отдела виноградарства и виноделия под названием «Дагвино». Отдел занимался организацией, управлением и переработкой винограда на вино и коньяк. В 1921–1922 гг. в Дагестане создали 15 винсовхозов, из них 14 в Дербенте [11].

На основе данных комитета «Дагвино» [10], с 1934 г. происходит заметный перелом в восстановлении виноградарства в Дагестане, связанный с ростом экономической мощи страны. С 30-х годов Дербентская опытная станция занималась отбором, классификацией и распространением местных и европейских сортов винограда по зонам Дагестана. В 1935–1937 гг. сотрудники станции провели апробацию виноградников по всему региону.

Великая Отечественная война нанесла удар виноградарству и виноделию Дагестана: за 4 года площадь виноградников сократилась на 28 %, валовой сбор упал в 4 раза, урожайность снизилась на 60 %. В результате производство виноматериалов сократилось в 3,7 раза, а вина – в 2,5 раза. В целом можно отметить, что с 1930 по 1960 г. развитие виноградарства шло медленно.

Согласно данным из монографии Г. А. Искендерова «Совхозное строительство в Дагестане», в 1941 г. с виноградных плантаций было собрано 6,34 т винограда. Однако в дальнейшем из-за недостатка минеральных удобрений, невыполненных агротехнических мероприятий, нехватки рабочей силы, потравы и повреждения виноградников значительно снизилась урожайность, сократились производство и сдача государству продуктов виноградарства. Так, в 1943 г. было сдано государству 1,675 тонн винограда [6].

По данным комитета Дагвино, за 1960–1974 гг. площади виноградников выросли почти вдвое (с 28,4 до 49,5 тысячи га, в том числе в плодоносящем возрасте с 8,9 до 33,3 тысячи га), валовой сбор винограда увеличился с 46,2 до 193,4 тысячи тонн, возросла урожайность с 52,1 до 55,3 ц/га.

Далее с 1974 по 1979 г. площадь виноградников в республике расширилась на 18,9 тысячи га (с 49,5 до 68,4 тысячи га), валовой сбор винограда увеличился с 193,4 до 334,0 тыс. тонн, а урожайность возросла с 55–60 до 82 ц/га.

Как констатирует комитет «Дагвино», к 1984 г. площади виноградников в республике достигли 71,2 тысячи гектаров, а в 1984 г. было произведено рекордное количество винограда – 380 тысяч тонн [10].

На основе приведенных данных до 1985 г. можно наблюдать, что в Дагестане наблюдалось активное развитие виноградарства и виноделия.

С 1985 г. началось значительное снижение показателей отрасли, обусловленное проведением антиалкогольной кампании, введением новых налоговых обязательств и отсутствием бюджетного финансирования мероприятий по закладке и уходу за виноградниками. Антиалкогольная кампания началась с принятия постановления о борьбе с пьянством и алкоголизмом, включая искоренение самогонварения, и продолжалась в 1985–1987 гг. В тексте постановления не содержалось прямых указаний на вырубку виноградников. Однако на местах, в регионах, руководители принимали самостоятельные решения относительно сокращения объемов производства винодельческой продукции. В результате за указанный период площадь виноградников по всей стране сократилась с 200 до 168 тыс. гектаров. Особенно значительным негативным фактором стало отсутствие закладки новых виноградников в этот же временной отрезок.

Рассматриваемая отрасль характеризуется значительной капиталоемкостью, что подразумевает период окупаемости инвестиций 10–12 лет. В случае прекращения финансирования мероприятий по закладке новых виноградников отрасль может столкнуться с серьезными экономическими трудностями и снижением производственных мощностей.

По данным о площадях виноградников в 1985–1990 гг. в ДАССР, площадь виноградников снизилась с 71,2 до 59,4 тыс. га, что составляет 16 %. Данный показатель намного ниже показателя по всей стране – 30 %. Можно заключить, что антиалкогольная программа оказала незначительное влияние на площадь виноградных насаждений по сравнению с отсутствием инвестиционных вложений. Тем не менее необходимо подчеркнуть, что тенденция к сокращению площадей под виноградниками начала демонстрировать отчетливую динамику.

В 1990–2000 гг. на территории всей современной России площадь виноградников уменьшились с 212,2 до 69,4 тыс. гектаров [5]. В Республике Дагестан также произошло сокращение площади виноградников – с 59,4 до 20,7 тыс. гектаров. Данный факт свидетельствует о том, что процесс распада Советского Союза оказал разрушительное влияние на объемы виноградарства в регионе. Тренд на отрицательную динамику площадей виноградников в России в целом и на территории Республики Дагестан продолжился.

С начала 2000-х годов в винодельческой отрасли Республики Дагестан наблюдается определенная положительная динамика [1]. По данным статистического сборника «Основные показатели развития сельского хозяйства Дагестана за 1961–1995 гг.» [13], площади виноградников в Дагестане сократились в 2001–2005 гг. по сравнению с 1981–1985 гг. в 3,4 раза, валовые сборы винограда за тот же период – в 3,7 раза, урожайность снизилась на 1/3 [3, 17].

Согласно данным, предоставленным комитетом по виноградарству и алкогольному регулированию Республики Дагестан [3, 10], с 2020 г. площадь виноградных насаждений увеличилась на 1,3 тысячи гектаров. Общая площадь виноградников на территории Российской Федерации составляет 110,2 тыс. га на август 2025 г. согласно данным федерального реестра виноградных насаждений. Второе место по общей площади виноградных насаждений занимает Республика Дагестан – 27,6 тыс. га.

Одной из причин роста в данной отрасли начиная с 2020 г. является вступление в силу закона «О виноградарстве и виноделии», который запрещает использование импортного винограда в производстве [12, 14]. Предыдущий закон, который регламентировал деятельность виноделов, был издан в 1995 г., – Федеральный закон № 171 «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции». Однако он регулировал не только винодельческое производство, но и все спиртосодержащие напитки, а также пиво. Отдельного закона о регулировании винодельческой продукции не существовало.

Анализ данных позволяет сделать вывод, что объем валового сбора винограда не находится в прямой зависимости от площади виноградников. Это обусловлено значительным влиянием на процесс выращивания и урожайность винограда климатических факторов.

В целях количественной оценки факторов, влияющих на урожайность винограда, была построена множественная регрессионная модель по методу наименьших квадратов на основе годовых данных за период с 1998 до 2025 г. Объем выборки составил 28 наблюдений.

В качестве зависимой переменной выступает урожайность винограда, в качестве объясняющих переменных – площадь виноградников и сумма атмосферных осадков¹:

$$Y = -183,06 + 10,12x^1 + 0,08x^2,$$

где Y – урожайность (ц/га), x^1 – площадь виноградников (тыс. га), x^2 – годовая сумма выпавших осадков (мм).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что модель в целом является статистически значимой (p -value F-критерия $< 0,01$) и объясняет около 74 % вариации урожайности ($R^2 = 0,738$). Это позволяет говорить о достаточно высоком качестве аппроксимации исследуемой зависимости.

Анализ коэффициентов показывает, что площадь виноградников оказывает статистически значимое положительное влияние на урожайность ($p < 0,01$). В частности, увеличение площади на 1 тыс. га сопровождается ростом урожайности в среднем на 10,12 ц/га при прочих равных условиях. Данный результат требует содержательной интерпретации. В отличие от традиционного предположения об убывающей отдаче земли полученный эффект может отражать структурные особенности развития отрасли в рассматриваемом регионе. Расширение площадей, вероятно, сопровождалось внедрением более современных агротехнологий, обновлением сортового состава и концентрацией производства, что в совокупности обеспечивало рост продуктивности. Кроме того, увеличение площади может выступать прокси-показателем инвестиционной активности в отрасли, что также положительно влияет на урожайность.

Коэффициент при переменной, отражающей сумму осадков, имеет положительный знак, что соответствует теоретическим ожиданиям, однако не является статистически значимым на общепринятых уровнях ($p = 0,115$). Это может быть связано с рядом факторов. Во-первых, использование агрегированных годовых данных по осадкам не позволяет учесть сезонное распределение влаги, критически важное для вегетационного периода винограда. Во-вторых, влияние осадков может носить нелинейный характер (например, существование оптимального уровня влагообеспеченности), что не отражено в линейной спецификации модели. В-третьих, возможна корреляция климатических показателей с другими, не включенными в модель факторами.

Свободный член модели также является статистически значимым и отражает условный базовый уровень урожайности при нулевых значениях объясняющих переменных, выполняя роль корректирующего параметра спецификации.

Качество построенной модели подтверждается высоким значением коэффициента детерминации, а также статистической значимостью модели в целом. Для проверки корректности предпосылок метода наименьших квадратов был проведен ряд диагностических тестов. В частности, тест Бройша-Пагана не выявил статистически значимой гетероскедастичности остатков, что подтверждает состоятельность полученных оценок.

Вместе с тем анализ остатков выявляет наличие сильной положительной автокорреляции, что указывает на динамический характер процессов формирования урожайности и нарушение классической предпосылки независимости ошибок. Это обстоятельство не искажает сами оценки коэффициентов, однако может приводить к занижению стандартных ошибок и требует учета при дальнейшей спецификации модели.

¹Данные для построения моделей были взяты из «Кавказского календаря», ЕМИСС, летопись погоды <https://www.fedstat.ru/indicator/31319>; <https://www.fedstat.ru/indicator/30950>, https://www.pogodaiklimat.ru/history/37472_2.htm

В целом полученные результаты позволяют сделать вывод, что динамика урожайности винограда в 1998–2025 гг. определяется в доминирующей степени структурными факторами, прежде всего площадью виноградников, при этом для более корректного эконометрического анализа целесообразно использовать модели с учетом временной зависимости.

После анализа динамических свойств временного ряда урожайности была оценена модель временного ряда класса ARIMA, построенная по годичным данным за период 1996–2025 гг. (30 наблюдений) [16]. В качестве зависимой переменной использовалась первая разность урожайности, что указывает на предварительное устранение тренда и приведение ряда к стационарному виду (рис. 1).

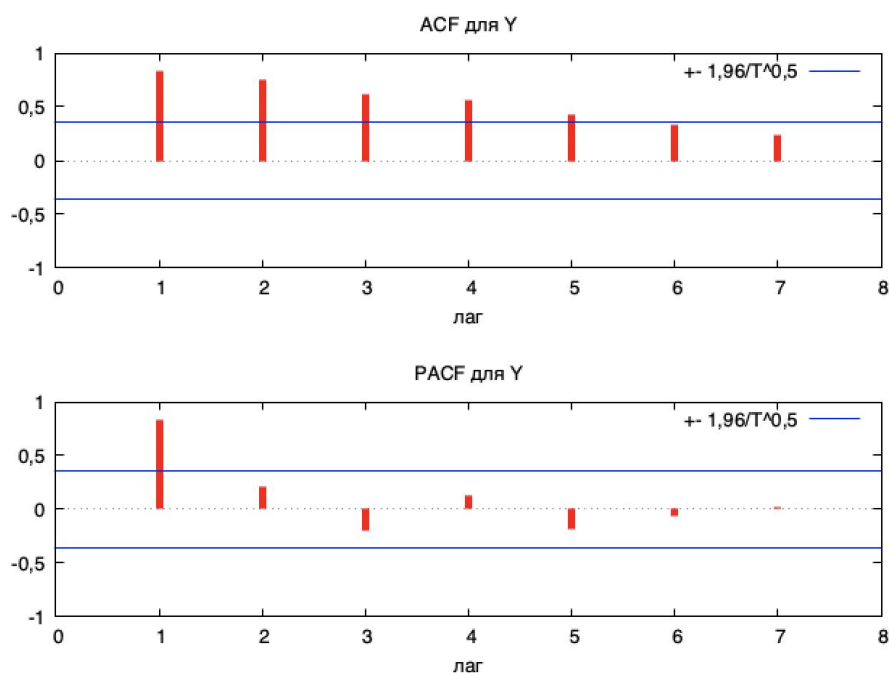


Рис. 1. Выборочная и частная автокорреляционные функции

Fig. 1. Sample and partial autocorrelation functions

Анализ выборочной автокорреляционной функции показал наличие устойчивой положительной автокорреляции на нескольких первых лагах с медленным затуханием, что свидетельствует о нестационарности исходного ряда и наличии трендовой компоненты. Частная автокорреляционная функция в свою очередь характеризуется единственным статистически значимым пиком на первом лаге, тогда как последующие лаги не выходят за пределы доверительных интервалов. Такая конфигурация ACF и PACF является характерной для авторегрессионного процесса первого порядка после применения операции дифференцирования, что обосновывает выбор модели класса ARIMA с параметрами (1, 1, 0). Это означает, что изменения урожайности в текущем году зависят от изменений в предыдущем году и случайных инноваций.

$$Y_t = 3,07 - 0,47Y_{t-1} + u_t,$$

где Y_t – урожайность винограда в году t (ц/га), u_t – случайная ошибка типа белого шума.

Оценка константы в уравнении для первой разности составляет около 3,07 и является слабо статистически значимой (на 10 %-м уровне). Экономически данный параметр мо-

жет интерпретироваться как средний ежегодный прирост урожайности в рассматриваемом периоде после устранения трендовой компоненты. Положительное значение константы указывает на наличие устойчивой тенденции роста урожайности во времени.

Коэффициент авторегрессии первого порядка равен $-0,47$ и статистически значим на 1 %-м уровне. Отрицательный знак коэффициента свидетельствует о наличии корректирующего механизма: ускоренный рост урожайности в одном году, как правило, сопровождается замедлением роста или снижением в следующем году, и наоборот. Это отражает колебательный характер динамики урожайности вокруг долгосрочной траектории, что типично для сельскохозяйственных показателей, чувствительных к погодным и технологическим факторам.

Анализ корней характеристического уравнения показывает, что модуль корня превышает единицу ($\approx 2,13$), что подтверждает устойчивость и стационарность авторегрессионной части модели. Среднее значение инноваций близко к нулю, а их стандартное отклонение сопоставимо с дисперсией исходного ряда в разностях, что указывает на корректное описание случайной компоненты.

Информационные критерии (AIC, BIC и HQ) могут быть использованы для сопоставления данной модели с альтернативными спецификациями, однако уже в текущем виде модель адекватно отражает краткосрочную динамику изменений урожайности и может применяться для краткосрочного прогнозирования.

В целом ARIMA-модель дополняет ранее построенную регрессионную модель, позволяя описать внутреннюю временную структуру урожайности без привлечения объясняющих факторов. Она подтверждает наличие положительного долгосрочного тренда при одновременном существовании краткосрочных колебаний, обусловленных инерционными и корректирующими эффектами во временном ряду.

На основе разработанной модели ARIMA (1,1,0) был построен пятилетний прогноз урожайности винограда на период с 2026 до 2030 гг. Прогноз представлен как точечными значениями, так и 95-процентными доверительными интервалами, что позволяет оценить не только ожидаемую динамику показателя, но и степень неопределенности прогнозных оценок.

Согласно точечному прогнозу в рассматриваемом периоде ожидается устойчивый рост урожайности. Прогнозируемое значение урожайности составляет около 130,5 в 2026 г. и последовательно увеличивается до 142,4 к 2030 г. Таким образом, модель указывает на продолжение положительного тренда, наблюдавшегося в последние годы выборочного периода, без признаков резкого замедления или перелома динамики.

Таблица 3. Прогноз урожайности винограда на 2026–2030 гг.

Table 3. Forecast of grape yield for 2026–2030

Годы	Предсказанная урожайность, ц/га	95 %-й доверительный интервал	
2026	130,5	103,6	157,4
2027	132,9	102,5	163,4
2028	136,3	99,8	172,8
2029	139,2	98,7	179,8
2030	142,4	97,8	187

Вместе с тем анализ доверительных интервалов показывает, что неопределенность прогноза возрастает по мере увеличения горизонта прогнозирования. Если в 2026 г. 95-процентный доверительный интервал составляет приблизительно от 103,6 до 157,4,

то к 2030 г. он расширяется до интервала 97,8–187,0. Это расширение интервалов отражает накопление ошибок прогноза и влияние неучтенных факторов, которые могут проявиться в более отдаленной перспективе (рис. 2).

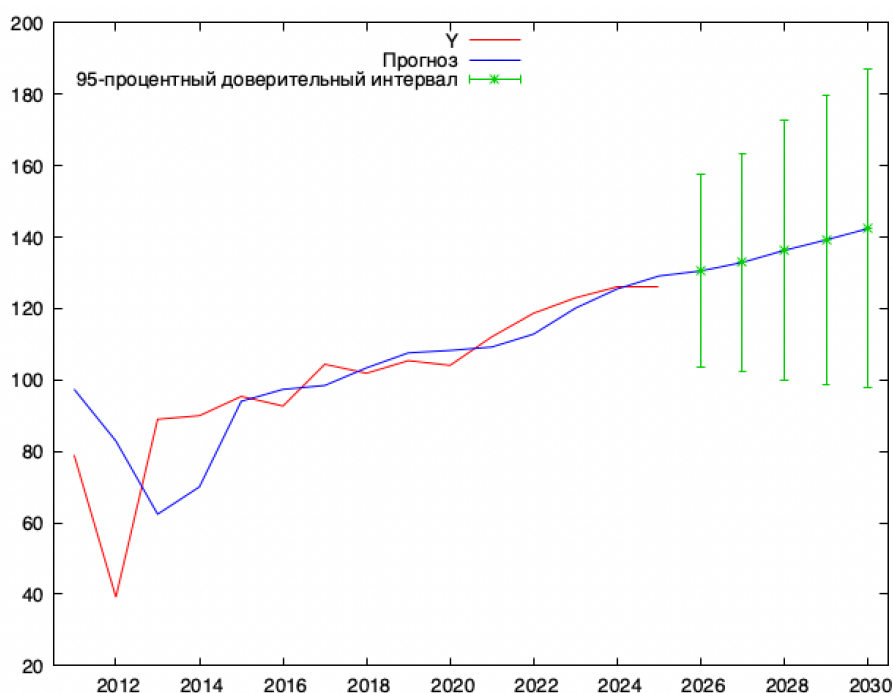


Рис. 2. График динамики урожайности

Fig. 2. Graph of yield dynamics

Графическое представление прогноза демонстрирует, что прогнозная траектория органично продолжает фактическую динамику урожайности в предыдущие годы, что свидетельствует о согласованности модели с историческими данными. Однако значительная ширина доверительных интервалов, особенно на последних прогнозных шагах, указывает на то, что полученные значения следует интерпретировать как ориентировочные сценарные оценки.

ВЫВОДЫ

Стоит отметить, что в рассматриваемый период с 1870 по 2025 г. политические и географические условия на исследуемых территориях изменялись. В период с 1860 по 1917 г. данная территория носила топографическое название Дагестанская область. С 1917 по 1991 г. она была известна как Дагестанская Автономная Советская Социалистическая Республика (ДАССР). С 1991 г. по настоящее время регион официально именуется Республика Дагестан. Однако площади, отведенные под сельскохозяйственные нужды, в частности под виноградники, изменились незначительно. Это связано с ограниченным количеством земли, пригодной для возделывания. Основные зоны, где выращиваются виноградники, расположены вдоль Каспийского моря, а именно в окрестностях г. Дербента, Кайтаго-Табасаранском округе, Темир-Хан-Шуринском округе, г. Петровское (современный г. Махачкала), Аварском округе, Андийском округе. Таким образом, данные о территориях виноградников за период с 1870 г. до наших дней вполне уместны для сравнения, так как фактически менялись названия территорий, а сами территории под виноградники оставались относительно в тех же границах.

Объем валового сбора винограда не находится в прямой зависимости от площади виноградников, так как климатические условия, заболевание саженцев и другие внешние факторы могут значительно уменьшить валовый сбор урожая на той же площади, что и годом ранее.

Рассмотрим два года – 1985 и 2024 гг. В 1985 г. было собрано 302 тыс. тонн с территорий 68 тыс. га, в 2024 г. было собрано 302 тыс. тонн с территории, намного меньшей – 28 тыс. га. В 1975 г. было собрано 231 тыс. тонн с территории 64 тыс. га, а в 2021 г. – 238 тыс. тонн с меньшей территории 26,5 тыс. га. Фактически можно говорить, что такой же объем урожая в настоящее время собирается с площади, в 2,5 раза меньшей, чем 45 лет назад.

В результате исследования динамики урожайности виноградников за период 1995–2025 гг. были выявлены нестационарность временного ряда и наличие устойчивой авторегрессионной зависимости первого порядка после дифференцирования. На основе анализа выборочных автокорреляционных и частных автокорреляционных функций была построена и оценена модель ARIMA(1,1,0), продемонстрировавшая статистическую значимость параметров и устойчивость. Полученные прогнозные значения на 2026–2030 гг. указывают на сохранение умеренного роста урожайности при увеличении неопределенности на более длинных горизонтах, что делает модель пригодной для кратко- и среднесрочного прогнозирования и аналитической поддержки аграрных решений.

Для анализа взаимодействия различных факторов, влияющих на сельское хозяйство, необходимо рассмотреть такие аспекты, как климатические условия, агротехнические мероприятия, генетические особенности культур и экономические стимулы. Важно уделить особое внимание инновационным методам управления агропромышленными процессами, которые могут значительно повысить производительность труда и качество продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алхасов З. М.* Оценка инвестиционной привлекательности муниципальных образований Республики Дагестан // Ценности личности и общества в условиях геополитической турбулентности и постглобализационного мира: традиции и новации: сборник научных трудов I Международного конгресса социально-политических исследователей тюркского мира, Казань, 26–27 октября 2023 года. Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2023. С. 83–90.

2. Виноградарство и виноделие в Бакинской губернии с градоначальством и Дагестанской области / Г.У.З. и З. Бакинско-Дагестанский комитет виноградарства и виноделия. Баку: Типография Сегаль, 1913. 102 с.

3. *Ворокова Н. Х., Аврамова М. В., Ротарь Я. С.* Экономико-статистический анализ валового сбора винограда в динамике 2019–2023 гг. // Естественно-гуманитарные исследования. 2025. № 5(61). С. 123–126. EDN: FZNAUO

4. Всероссийские сельскохозяйственные переписи 1917 г. в Дагестанской области и 2006 г. в Республике Дагестан. Махачкала, 2010.

5. *Загиров Н. Г., Ахмедов Ф. Б., Керимханов Ш. М.* Анализ состояния и перспективы стратегического развития виноградарства и виноделия в Республике Дагестан // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022. № 73(1). С. 149–171. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-1-73-149-171

6. *Искендеров Г. А.* История совхозного строительства в Дагестане. М.: Наука, 1982.

7. Магомедов Р. М. История Дагестана: с древнейших времен до конца XIX в. 2-е изд. Махачкала: Дагучпедгиз, 1968. 340 с.
8. Кавказский календарь / Сост. И. Н. Березин и др. Тифлис: Тип. Кавказского учебного округа, 1845–1917.
9. Кавказское общество сельского хозяйства (Тифлис). Труды Императорского Кавказского общества сельского хозяйства. Тифлис: Типография Главного управления наместника Кавказского, 1855–1893. 1874.
10. Комитет по виноградарству и алкогольному регулированию Республики Дагестан. Официальный сайт. URL: <https://комитетдагвино.рф/> (дата обращения: 21.08.2025).
11. Народное хозяйство Дагестанской АССР. Ростов-на-Дону: Северный Кавказ, 1932. 102 с.
12. Программа экономического и социального развития Республики Дагестан на период до 2010 года. Махачкала, 2004.
13. Статистический сборник «Основные показатели развития сельского хозяйства Дагестана за 1961–1995 гг.». Махачкала: Госкомстат РД, 1996.
14. Федеральный закон от 27 декабря 2019 года № 468-ФЗ «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации» (с изменениями от 29 декабря 2025 года № 579-ФЗ). (дата обращения: 10.11.2025).
15. Хашаев Х. М. Занятия населения Дагестана в XIX веке. Академия наук СССР, Дагестанский филиал. Махачкала, 1959. 116 с.
16. Цытин А. П. Ретроспективный анализ динамики валового сбора винограда в Республике Молдова // Менеджмент в АПК. 2024. № 4. С. 11–18. DOI 10.35244/2782-3776-2024-4-4-11-18
17. Шарипов Ш. И., Рыкова И. Н., Юрьева А. А. Стратегические приоритеты развития отрасли виноградарства на примере Республики Дагестан // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 2. С. 154–172. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-2-154-172

REFERENCES

1. Alkhasov Z.M. *Otsenka investitsionnoy privlekatel'nosti munitsipal'nykh obrazovaniy Respubliki Dagestan* [Assessment of investment attractiveness of municipalities in Republic of Dagestan]. Values of personality and society in the context of geopolitical turbulence and the post-globalization world: traditions and innovations: Proceedings of the I International Congress of Socio-Political Researchers of the Turkic World, Kazan, October 26–27, 2023. Kazan: Kazan (Volga Region) Federal University, 2023. Pp. 83–90. (In Russian)
2. *Vinogradarstvo i vinodeliye v Bakinskoy gubernii s gradonachal'stvom i Dagestanskoy oblasti* [Viticulture and winemaking in the Baku province with city government and Dagestan region] / G.U.Z. and Z. Baku-Dagestan Committee of Viticulture and Winemaking. Baku: Tipografiya Segal', 1913. 102 p. (In Russian)
3. Vorokova N.Kh., Avramova M.V., Rotar Ya.S. Economic and statistical analysis of the gross grape harvest in the dynamics of 2019–2023. *Yestestvenno-gumanitarnyye issledovaniya* [Natural Sciences and Humanities Research]. 2025. No. 5(61). Pp. 123–126. EDN: FZNAUO. (In Russian)
4. *Vserossiyskie sel'skohozyajstvennyye perepisi 1917 g. v Dagestanskoy oblasti i 2006 g. v Respublike Dagestan* [All-Russian Agricultural Censuses of 1917 in Dagestan Region and 2006. in Republic of Dagestan]. Makhachkala, 2010. (In Russian)
5. Zagirov N.G., Akhmedov F.B., Kerimkhanov Sh.M. Analysis of the state and prospects of strategic development of viticulture and winemaking in the Republic of Dagestan. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* [Fruit Growing and Viticulture in the South of Russia]. 2022. No. 73(1). Pp. 149–171. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-1-73-149-171. (In Russian)

6. Iskenderov G.A. *Analiz sostoyaniya i perspektivy strategicheskogo razvitiya vinogradarstva i vinodeliya v Respublike Dagestan* [The history of state farm construction in Dagestan]. Moscow: Nauka, 1982. (In Russian)

7. Magomedov R.M. *Istoriya Dagestana: s drevneyshikh vremen do kontsa XIX v.* [History of Dagestan: from ancient times to the end of the 19th century]. 2nd ed. Makhachkala: Daguchpedgiz, 1968. 340 p. (In Russian)

8. *Kavkazskiy kalendar'* [Caucasian Calendar], comp. I. N. Berezin et al. Tiflis: Tip. Kavkazskogo uchebnogo okruga, 1845–1917. (In Russian)

9. *Kavkazskoye obshchestvo sel'skogo khozyaystva (Tiflis)* [Caucasian society of agriculture (Tiflis)]. *Proceedings of the Imperial Caucasian Society of Agriculture*. Tiflis: Tipografiya Glavnogo upravleniya namestnika Kavkazskogo, 1855–1893. 1874. (In Russian)

10. *Komitet po vinogradarstvu i alkohol'nomu regulirovaniyu Respubliki Dagestan* [Committee on viticulture and alcohol regulation of the Republic of Dagestan]. Official website. URL: <https://комитетдагвино. Russian Federation/> (accessed: 21/08/2025). (In Russian)

11. *Narodnoye khozyaystvo Dagestanskoy ASSR* [National economy of Dagestan ASSR]. Rostov-on-Don: Severnyi Kavkaz, 1932. 102 p. (In Russian)

12. *Programma ekonomicheskogo i sotsial'nogo razvitiya Respubliki Dagestan na period do 2010 goda* [Program of economic and social development of Republic Of Dagestan for period up to 2010]. Makhachkala, 2004. (In Russian)

13. *Statisticheskii sbornik «Osnovnyye pokazateli razvitiya sel'skogo khozyaystva Dagestana za 1961–1995 gg.»* [Statistical collection “Basic Indicators of Agricultural Development in Dagestan for 1961–1995”]. Makhachkala: Goskomstat Rd., 1996. (In Russian)

14. *Federal'nyy zakon ot 27 dekabrya 2019 goda № 468-FZ «O vinogradarstve i vinodelii v Rossiyskoy Federatsii» (s izmeneniyami ot 29 dekabrya 2025 goda № 579-FZ)* [Federal Law No. 468-FZ of December 27, 2019 "On Viticulture and Winemaking in the Russian Federation" (as amended on December 29, 2025. No. 579-FZ)]. (accessed: 10/11/2025). (In Russian)

15. Khashaev Kh.M. *Zanyatiya naseleniya Dagestana v XIX veke* [Occupation of Dagestan's population in the 19th century]. USSR Academy of Sciences, Dagestan branch. Makhachkala, 1959. 116 p. (In Russian)

16. Tsy-pin A.P. Retrospective analysis of the dynamics of gross grape harvest in the Republic of Moldova. *Menedzhment v APK* [Management in Agriculture]. 2024. No. 4. Pp. 11–18. DOI: 10.35244/2782-3776-2024-4-4-11-18. (In Russian)

17. Sharipov Sh.I., Rykova I.N., Yuryeva A.A. *Strategicheskie priority razvitiya otrasli vinogradarstva na primere Respubliki Dagestan* [Strategic priorities for development of viticulture industry on example of the Republic of Dagestan]. *Proceedings of the Timiryazevskaya Agricultural Academy*. 2023. No. 2. Pp. 154–172. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-2-154-172. (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

Максимов Денис Алексеевич, д-р экон. наук, проф., заведующий кафедрой математических методов в экономике, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова;

115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

Maksimov.DA@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8316-8359>, SPIN-код: 6104-5875

Морозова Юлия Владимировна, студент магистратуры, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова;

115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

morozova.vladimirovna@gmail.com, SPIN-код: 9519-2755

Information about the authors

Denis A. Maksimov, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Mathematical Methods in Economics, Plekhanov Russian University of Economics;

36, Stremyanny lane, Moscow, 115054, Russia;

Maksimov.DA@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8316-8359>, SPIN-code: 6104-5875


Yulia V. Morozova, Master Student, Plekhanov Russian University of Economics;


36, Stremyanny lane, Moscow, 115054, Russia;

morozova.vladimirovna@gmail.com, SPIN-code: 9519-2755

УДК 658.7

Научная статья

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-2-91-103>

 SWXFRD

Разработка методики комплексной оценки платформенного взаимодействия розничных торговых предприятий

С. Е. Барыкин, О. В. Воронова, Г. Ю. Митяшин, И. В. Сонц

Высшая школа сервиса и торговли
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 50

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена изменением характера взаимодействия предприятий розничной торговли в условиях развития платформенной экономики. Цифровые платформы начинают выполнять роль институциональных посредников, координирующих взаимодействие большого числа участников рынка. В этих условиях возрастает значение платформенных механизмов координации обмена, включая использование смешанных форм расчетов. Вместе с тем методическое обеспечение выбора вариантов платформенного взаимодействия и обоснования траекторий платформенного развития торговых предприятий остается недостаточно разработанным, что и обусловило постановку цели и задач данного исследования.

Цель исследования заключается в разработке методики комплексной оценки вариантов платформенного взаимодействия для розничных торговых предприятий.

Материалы и методы исследования. Оценка экономической целесообразности перехода на платформенную модель с использованием пороговых значений показателей прироста чистой прибыли, рентабельности активов и темпов роста выручки, сравнительный анализ альтернативных вариантов взаимодействия (полный бартер, денежные расчеты, смешанная модель) с применением метода анализа сетей (АНР) по четырем критериям: экономическая эффективность, технологическое обеспечение, надежность и социальный эффект.

Результаты. Разработана методика комплексной оценки платформенного взаимодействия розничных торговых предприятий с учетом возможности бартерного процесса по критерию максимума полезности, позволяющая учитывать ограничения финансовых потоков на платформах обмена товарами и услугами, что развивает теоретические положения в области платформенной экономики и теории транзакционных издержек.

Заключение. Для оценки платформенного взаимодействия характерны взаимозависимости критериев и альтернатив (например, технологическое обеспечение влияет на экономический эффект, надежность информационно-аналитического центра (ИАЦ) влияет на устойчивость процессов обмена и на возможность масштабирования, социальные эффекты зависят от конфигурации платформы). Применение метода АНР позволяет учесть взаимозависимости между критериями и обратные связи от вариантов, что делает выводы более обоснованными по сравнению с традиционным методом анализа иерархий (АНР).

Ключевые слова: платформенное взаимодействие, розничная торговля, комплексная оценка, метод анализа сетей (АНР), экономическая эффективность, цифровая трансформация, бартерный обмен, аналитические сети

Поступила 17.11.2025, одобрена после рецензирования 09.12.2025, принята к публикации 25.03.2026

Для цитирования. Барыкин С. Е., Воронова О. В., Митяшин Г. Ю., Сонц И. В. Разработка методики комплексной оценки платформенного взаимодействия розничных торговых предприятий // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 2. С. 91–103. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-91-103

© Барыкин С. Е., Воронова О. В., Митяшин Г. Ю., Сонц И. В., 2026



Контент доступен под лицензией [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Development of a comprehensive assessment methodology for platform interaction of retail enterprises

S.E. Barykin, O.V. Voronova, G.Yu. Mityashin, I.V. Sonts

Graduate School of Service and Trade
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
50, Novorossiyskaya street, Saint Petersburg, 195251, Russia

Abstract. The relevance of this study stems from the changing nature of interactions between retailers in the context of the emerging platform economy. Digital platforms are beginning to act as institutional intermediaries, coordinating interactions between a large number of market participants. Under these conditions, the importance of platform mechanisms for coordinating exchanges, including the use of mixed payment methods, is increasing. However, methodological support for selecting platform interaction options and substantiating platform development trajectories for retailers remains underdeveloped, which motivated the goal and objectives of this study.

Aim. The study is to develop a methodology for a comprehensive assessment of platform interaction options for retail enterprises.

Research materials and methods. An assessment of the economic feasibility of transitioning to a platform model using threshold values for net profit growth, return on assets, and revenue growth rates. A comparative analysis of alternative interaction options (full barter, cash settlements, and a mixed model) was conducted using the analytical network process (ANP) method across four criteria: economic efficiency, technological support, reliability, and social impact.

Results. A methodology for a comprehensive assessment of platform interactions between retailers has been developed, taking into account the potential for bartering based on the criterion of maximum utility. This methodology allows for accounting for limitations in financial flows on platforms for the exchange of goods and services, thereby advancing theoretical frameworks in the field of platform economics and transaction cost theory.

Conclusion. Assessing platform interactions is characterized by interdependencies between criteria and alternatives (e.g., technological support influences economic impact, the reliability of an information and analytical center (IAC) influences the sustainability of exchange processes and the possibility of scalability, and social effects depend on the platform configuration). Using the ANP method allows for consideration of interdependencies between criteria and feedback from alternatives, making conclusions more substantiated than with the traditional analytic hierarchy process (AHP).

Keywords: platform interaction, retail trade, comprehensive assessment, Analytic Network Process (ANP), economic efficiency, digital transformation, barter exchange, analytical networks

Submitted 17.11.2025,

approved after reviewing 09.12.2025,

accepted for publication 25.03.2026

For citation. Barykin S.E., Voronova O.V., Mityashin G.Yu., Sonts I.V. Development of a comprehensive assessment methodology for platform interaction of retail enterprises. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 2. Pp. 91–103. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-91-103

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность платформенного развития в розничной торговле усиливается в условиях внешнеэкономических ограничений, санкционного давления и нестабильного доступа к финансовым ресурсам. Для многих предприятий малого и среднего бизнеса платформенные инструменты становятся возможностью выхода на рынок, масштабирования продаж и



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

цифровой интеграции без значительных капитальных затрат. Вместе с тем степень вовлеченности торговых предприятий в платформенные процессы существенно варьируется. Переход к новым формам ведения бизнеса требует комплексной трансформации, включая адаптацию организационных, экономических и институциональных механизмов, что необходимо для обеспечения устойчивости и расширения участия в платформенной среде.

Рассмотрим основные понятия, используемые в статье.

«Платформенное взаимодействие» – это совокупность организационно-экономических отношений и процедур торгового предприятия с внешней или собственной платформой и контрагентами, опосредованных платформой; характеризуется степенью зависимости от платформы, уровнем и направлениями использования платформенных инструментов, типом используемых ресурсов и уровнем самостоятельности; служит объектом классификации и фактором выбора стратегии развития.

Принятый в 2025 году Федеральный закон № 289-ФЗ закрепляет основы регулирования платформенной экономики (вступит в силу с 1 октября 2026 года), в том числе моделей, соответствующих исследуемым в работе торговым платформам, что подтверждает актуальность темы. Закон № 289-ФЗ вводит понятие посреднической цифровой платформы как вида цифровой платформы, признаваемо таковой после включения в реестр (ст. 4 ч. 2–4 289-ФЗ). **«Цифровая платформа»** – это информационная система или сайт в информационно-телекоммуникационной сети Интернет или программы для электронных вычислительных машин, обеспечивающие технические, организационные, информационные и иные возможности для взаимодействия неограниченного круга лиц, в том числе в целях обмена информацией и ее распространения, продажи товаров, выполнения работ, оказания услуг [1] **(вступит в силу с 1 октября 2026 года).**

«Платформенная экономика (правовая дефиниция Закона № 289-ФЗ)» – это совокупность организационных и имущественных отношений, складывающихся в результате взаимодействия неограниченного круга лиц посредством цифровых платформ для осуществления предпринимательской деятельности или в иных целях, в том числе не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности [1] **(вступит в силу с 1 октября 2026 года).**

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ПЛАТФОРМЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОЗНИЧНЫХ ТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Проблематика цифровой трансформации, платформенного развития и взаимодействия в сфере торговли в последние годы получила широкое освещение в научных публикациях. С позиций теории трансакционных издержек (родоначальниками которой выступили Р. Коуз [2], О. Уильямсон [3]) обосновывается, что платформенные модели заменяют классические рыночные механизмы в тех случаях, когда затраты на заключение, исполнение и контроль сделок становятся чрезмерными. Платформа в этом контексте выступает как институт, снижающий трансакционные издержки за счет стандартизации взаимодействий, цифровой верификации, автоматизации поиска партнеров и предоставления инфраструктурной поддержки. В исследовании используется термин «трансакционные издержки» в соответствии с институциональной традицией, восходящей к работам Р. Коуза и О. Уильямсона. Понятие отражает затраты, возникающие при осуществлении экономических обменов, включая поиск информации, ведение переговоров, контроль за исполнением соглашений. В дальнейшем используется термин «трансакционные издержки», тогда как «финансовые транзакции» относится к платежам и банковским операциям.

Существенный вклад в теоретическую разработку вопросов, связанных с функционированием платформенных бизнес-моделей, внесли Ж. Тироль [4], А. Хагиу [5], Г. Паркер и М. ван Альстайн [6]. В их работах раскрыта специфика многосторонних платформ (multisided platforms), включая механизмы сетевых эффектов, особенности ценообразования и роль цифровых посредников в трансформации рыночной архитектуры. Одним из ключевых теоретических оснований для анализа платформенной модели является концепция двухсторонних рынков, разработанная Ж.-Ш. Роше и Ж. Тиролем [7] и показавшая, что цифровые платформы координируют взаимодействие между двумя (или более) группами пользователей, формируя сеть с перекрестной зависимостью спроса. Модель учитывает как сетевые эффекты, так и ценовую архитектуру, основанную на асимметричном распределении издержек между сторонами. Эти положения позволяют интерпретировать платформу как институциональную форму, минимизирующую трансакционные издержки между участниками, что делает концепцию Роше и Тироля применимой к оценке платформенного развития торговых предприятий.

В трудах С. Б. Авдашевой, Г. Ф. Юсуповой и Д. В. Корнеевой [8], А. В. Трачука и Н. В. Линдер [9], С. Ю. Глазьева [10], И. И. Елисеевой [11], В. П. Бауэра, В. В. Еремина и В. В. Смирнова [12], О. В. Вороновой [13] анализируются процессы институционального оформления цифровых платформ в экономике, поднимаются вопросы конкурентной политики, сходства деятельности потенциальных участников платформенного взаимодействия, инфраструктурной трансформации торговли, включая внедрение технологий распределенного реестра в розничную торговлю, и стратегий государственной поддержки.

Рассмотрим разработку методики комплексной оценки платформенного взаимодействия розничных торговых предприятий как инструмента их инновационного развития.

Можно использовать для оценки экономической эффективности мероприятий по платформенному развитию следующий набор показателей:

- ПЧП – прирост чистой прибыли (млн руб.):

$$\text{ПЧП} = \text{ЧП}_\text{П} - \text{ЧП}_\text{НП},$$

где

$\text{ЧП}_\text{П}$ – чистая прибыль торгового предприятия после проведения платформенного развития;

$\text{ЧП}_\text{НП}$ – предполагаемая чистая прибыль торгового предприятия в случае отказа от проведения платформенного развития;

- ПРА – прирост рентабельности активов:

$$\text{ПРА} = \frac{1 + \text{РА}_\text{П}}{1 + \text{РА}_\text{НП}} - 1,$$

где

$\text{РА}_\text{П}$ – рентабельность активов после проведения платформенного развития;

$\text{РА}_\text{НП}$ – предполагаемая рентабельность активов в случае отказа от проведения платформенного развития;

- ПТР – прирост темпов роста. Мы предлагаем использовать прирост темпов роста выручки, но можно применять и другие показатели (например, темпы роста посещаемости сайта компании):

$$\text{ПТР} = \frac{\text{ТР}_\text{П}}{\text{ТР}_\text{НП}} - 1,$$

где

TR_{Π} – темпы роста совокупной выручки после проведения платформенного развития;

$TR_{\Pi\Pi}$ – предполагаемые темпы роста совокупной выручки в случае отказа торгового предприятия от проведения платформенного развития.

Для всех приведенных выше показателей целесообразно установить минимальные пороговые значения ($ПЧП_{\min}$, $ПРА_{\min}$ и $ПТР_{\min}$ соответственно). Таким образом, проведение мероприятий по платформенному развитию компании целесообразно с экономической точки зрения только в том случае, если выполняется следующее условие:

$$\begin{cases} ПЧП_{\text{пр}} \geq ПЧП_{\min} \\ ПРА_{\text{пр}} \geq ПРА_{\min} \\ ПТР_{\text{пр}} \geq ПТР_{\min} \end{cases},$$

где $ПЧП_{\text{пр}}$, $ПРА_{\text{пр}}$ и $ПТР_{\text{пр}}$ – прогнозные значения прироста чистой прибыли, прироста рентабельности активов и прироста темпов роста совокупной выручки соответственно после проведения мероприятий по платформенному развитию. Если это условие не выполняется, то руководство торгового предприятия может либо полностью отказаться от дальнейшего платформенного развития, либо рассмотреть альтернативные варианты его реализации.

Можно предложить методику комплексной оценки платформенного взаимодействия розничных торговых предприятий из шести этапов.

Этап 1. Формирование альтернатив платформенного взаимодействия и проверка выполнения условия целесообразности платформенной трансформации.

Формируются альтернативы платформенного взаимодействия:

вариант 1 – с включением бартерного механизма;

вариант 2 – без включения бартерного обмена;

вариант 3 – смешанный вариант частичного бартера (например, взаимное покрытие затрат на услуги).

Если одновременно выполняется условие

$$\begin{cases} ПЧП_{\text{пр}} \geq ПЧП_{\min} \\ ПРА_{\text{пр}} \geq ПРА_{\min} \\ ПТР_{\text{пр}} \geq ПТР_{\min} \end{cases},$$

то процесс платформенного развития признается экономически целесообразным.

При выполнении условия переходят к сравнению вариантов платформенного взаимодействия. Можно предложить сетевое представление процесса оценки альтернатив платформенного взаимодействия с учетом прослеживаемой эволюции подхода Т. Саати к решению сложных проблем [14–16].

Этап 2. Выбор критериев сравнения и построение аналитической сети для сопоставления вариантов платформенного взаимодействия.

В качестве критериев многокритериальной оценки можно выбрать:

- 1) максимальный вклад в достижение экономических результатов;
- 2) максимальный уровень технологического обеспечения;
- 3) максимальная надежность функционирования информационно-аналитического центра (ИАЦ) платформы;
- 4) максимум социального эффекта (например, уровень инклюзивности).

Тогда математически задача состоит в оценке трех вариантов платформенного взаимодействия по 4 критериям на основании методологии анализа сетей, разработанной Т. Саати. Задача сопоставления вариантов может быть формализована следующим образом (рис. 1).

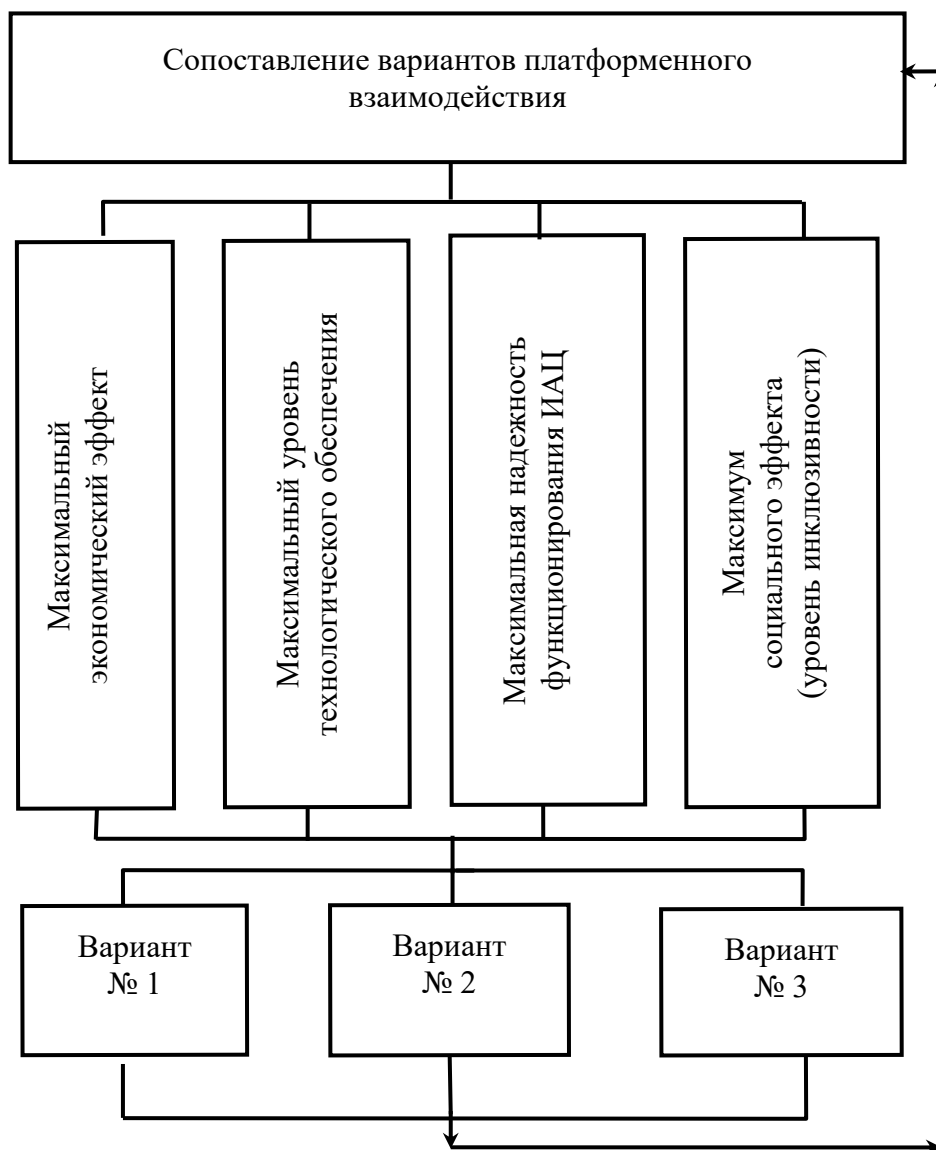


Рис. 1. Аналитическая сеть сравнения вариантов платформенного взаимодействия с замкнутой обратной связью

Fig. 1. Analytical network for comparing platform interaction options with closed-loop feedback

Этап 3. Определение значений собственных векторов значимости критериев и величин характеристик вариантов платформенного взаимодействия по каждому критерию по методологии Т. Саати. Сначала вносятся экспертом в матрицу результаты парных сравнений по критериям и вычисляются значимости весов. Затем по такому же принципу сравниваются варианты платформенного взаимодействия по критериям. Затем с учетом значимости критериев рассчитываются величины характеристик вариантов платформенного взаимодействия.

Этап 4. По результатам этапа 3 заполняется суперматрица P (табл. 1).

Таблица 1. Таблица ввода данных (исходная P)

Table 1. Data entry table (original P)

Параметр		Цель	Критерии				Варианты платформенного взаимодействия		
Узел		Цель	Максимальный экономический эффект	Максимальное технологическое обеспечение	Максимальная надежность ИАЦ	Максимум социального эффекта	№ 1	№ 2	№ 3
	Цель	0,5	0	0	0	0	0	0	0
Критерии	Максимальный экономический эффект	x_1	0,5	0	0	0	0	0	0
	Максимальное технологическое обеспечение	x_2	0	0,5	0	0	0	0	0
	Максимальная надежность ИАЦ	x_3	0	0	0,5	0	0	0	0
	Максимум социального эффекта	x_4	0	0	0	0,5	0	0	0
Варианты	№ 1	0	$y_{1,1}$	$y_{1,2}$	$y_{1,3}$	$y_{1,4}$	0,5	0	0
	№ 2	0	$y_{2,1}$	$y_{2,2}$	$y_{2,3}$	$y_{2,4}$	0	0,5	0
	№ 3	0	$y_{3,1}$	$y_{3,2}$	$y_{3,3}$	$y_{3,4}$	0	0	0,5

Этап 5. Расчет итоговой таблицы с неизвестными ранее приоритетами вариантов платформенного взаимодействия Z_1, Z_2, Z_3 в столбце внизу и справа от номеров вариантов платформенного взаимодействия (табл. 2).

Таблица 2. Таблица расчета показателей (предельная P)

Table 2. Calculation table of indicators (maximum P)

Параметр		Цель	Критерии				Варианты платформенного взаимодействия		
Узел		Цель	Максимальный экономический эффект	Максимальное технологическое обеспечение	Максимальная надежность ИАЦ	Максимум социального эффекта	№ 1	№ 2	№ 3
	Цель	0	0	0	0	0	0	0	0
Критерии	Максимальный экономический эффект	x_1	0	0	0	0	0	0	0
	Максимальное технологическое обеспечение	x_2	0	0	0	0	0	0	0
	Максимальная надежность ИАЦ	x_3	0	0	0	0	0	0	0
	Максимум социального эффекта	x_4	0	0	0	0	0	0	0
Варианты	№ 1	Z_1	$f_{1,1}$	$f_{1,2}$	$f_{1,3}$	$f_{1,4}$	1	0	0
	№ 2	Z_2	$f_{2,1}$	$f_{2,2}$	$f_{2,3}$	$f_{2,4}$	0	1	0
	№ 3	Z_3	$f_{3,1}$	$f_{3,2}$	$f_{3,3}$	$f_{3,4}$	0	0	1

Этап 6. Ранжирование вариантов платформенного взаимодействия в соответствии с их оценками Z_1, Z_2, Z_3 .

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Примем в качестве исходных данных значения показателей вариантов для прохождения пороговых значений для этапа 1 (табл. 3).

Таблица 3. Результаты расчета по методике комплексной оценки платформенного взаимодействия
Table 3. Results of calculations using the comprehensive assessment methodology for platform interaction

Вариант	ПЧПпр (млн руб.)	ПРАпр (%)	ПТРпр (%)
Вариант 1 (бартер)	90	2,5	6
Вариант 2 (без бартера)	70	2,1	5,2
Вариант 3 (смешанный)	135	3,6	9,2
Пороговые значения	50	2	5

Апробация методики представлена в виде пошагового алгоритма на языке Python (Google Colab), который может быть предоставлен авторами по запросу заинтересованных лиц. Python-код комплексной оценки платформенного взаимодействия розничных торговых предприятий от проверки условия на первом этапе, формирования исходной суперматрицы, расчета глобальных приоритетов на основе расчета глобальных приоритетов с использованием метода анализа сети (*ANP*) на шестом этапе. В рамках апробации этапов 1–6 по методу анализа сетей (*ANP*) проведены сравнения и построена суперматрица, отражающая взаимосвязи между целью исследования, критериями оценки платформенного взаимодействия и возможными вариантами реализации. Сетевая модель (рис. 1) сопоставления вариантов платформенного взаимодействия: реализованы связи «цель → критерии» и «критерии → варианты» при учете самовлияния, а также обратная связь «варианты → цель», что обеспечивает замкнутость сети и позволяет определить глобальные приоритеты вариантов по *ANP*.

Процедура проведения расчета:

- 1) построена исходная суперматрица взаимозависимостей (размером 8×8), включающая цель, критерии и варианты;
- 2) выполнена нормализация по столбцам, в результате чего каждая колонка суммирована до 1;
- 3) полученная нормированная матрица возведена в квадрат, что обеспечило учет непрямых (вторичных) взаимосвязей;
- 4) из итоговой матрицы были извлечены глобальные приоритеты вариантов как агрегированные веса строк, соответствующих вариантам.

Результаты расчетов приоритетов вариантов:

Вариант 1 $Z_1 = 0,2695$;

Вариант 2 $Z_2 = 0,2773$;

Вариант 3 $Z_3 = 0,4531$.

Наивысший приоритет получен у варианта 3 (табл. 4), что подтверждает его наибольшее соответствие заданным критериям. Варианты 1 и 2 уступают по совокупной оценке.

Таблица 4. Результаты расчета приоритета по методике комплексной оценки платформенного взаимодействия

Table 4. Results of priority calculation using the comprehensive assessment methodology for platform interaction

Вариант	Глобальный приоритет
Вариант 1 (бартер)	0,2695
Вариант 2 (без бартера)	0,2773
Вариант 3 (смешанный)	0,4531

Вариант 1 (бартер) – ограниченный оборот, так как сделки жестко увязаны в бартерные цепочки, что снижает общую прибыльность системы, несмотря на отсутствие денежных транзакций.

Вариант 2 (без бартера) – система работает только на основе денежных расчетов, что дает больше гибкости, но требует ликвидности и повышает транзакционные издержки. Прибыль выше, чем в бартерной схеме, но не максимальная.

Вариант 3 (смешанный) – комбинация бартера и денежных расчетов. Именно он демонстрирует **наибольшую прибыль**, так как объединяет гибкость денежной модели и компенсирует дефицит ликвидности через бартерные цепочки.

НАУЧНАЯ ДИСКУССИЯ

Авторы предлагают провести дискуссию о перспективах использования предлагаемой методики. По мнению авторов, кросс-отраслевой характер исследования и платформа с многосторонним обменом соотносятся со следующими рамками национальных проектов (<http://government.ru/rugovclassifier/section/2641/>).

1. Национальный проект: «Экономика данных и цифровая трансформация государства». Исследование направлено на платформенное взаимодействие субъектов и организацию обмена на основе данных, что соотносится с целями нацпроекта по созданию цифровых платформ и цифровой инфраструктуры для экономики и управления.

2. Национальный проект по обеспечению технологического лидерства: «Средства производства и автоматизации». Результаты могут использоваться как организационно-экономический механизм для внедрения промышленных цифровых платформ, интеграции цепей поставок и повышения эффективности межфирменных обменов, что подпадает под задачи проекта по роботизации, автоматизации и российским средствам производства.

Результаты исследования применимы при решении задач в сфере логистики и B2B-транспортных цепей при решении задач национального проекта по обеспечению технологического лидерства «Промышленное обеспечение транспортной мобильности».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании исследования можно сделать следующие выводы:

- предварительная оценка экономической целесообразности мероприятий по платформенному взаимодействию торгового предприятия должна осуществляться с использованием пороговых значений показателей: прирост чистой прибыли, прирост рентабельности активов, прирост темпов роста совокупной выручки;

- разработанная методика комплексной оценки платформенного взаимодействия розничных торговых предприятий учитывает возможности бартерного процесса на основе расчета оптимального числа бартерных сделок по критерию максимума полезности при ограничениях финансовых потоков на платформах обмена товарами и услугами с возможностью масштабирования на евразийском пространстве, что развивает теоретические положения в области теории транзакционных издержек;

- применение метода *ANP* позволяет учесть взаимозависимости между критериями и обратные связи от вариантов, что делает выводы более обоснованными по сравнению с традиционным методом анализа иерархий (*AHP*).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Федеральный закон от 31 июля 2025 г. № 289-ФЗ «Об отдельных вопросах регулирования платформенной экономики в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/52331/page/1> (дата обращения: 19.09.2025).

Federal Law No. 289-FZ of July 31, 2025 “*Ob otdel'nykh voprosakh regulirovaniya platformennoy ekonomiki v Rossiyskoy Federatsii*” [On certain Issues of regulation of the platform economy in the Russian Federation]. Access mode: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/52331/page/1> (accessed: 19/09/2025). (In Russian)

2. Coase R. The Nature of the Firm. *Economica*. 1937. Vol. 4. No. 16. Pp. 386–405. DOI: 10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x

3. Williamson O.E. Markets and hierarchies, analysis and antitrust implications: a study in the economics of internal organization. New York: Free Press, 1975. 286 p. ISBN: 0-02-935360-2

4. Tirole J. The Theory of industrial organization. Cambridge, MA: MIT Press, 1988. 479 p.

5. Hagiu A., Wright J. Multi-sided platforms. *International Journal of Industrial Organization*. 2015. Vol. 43. Pp. 162–174. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijindorg.2015.03.003>

6. Parker G., Van Alstyne M., Choudary S. Platform Revolution: How networked markets are transforming the economy – and how to make them work for you. New York: W. W. Norton & Company, 2016. 336 p.

7. Rochet J.-C., Tirole J. Platform competition in two-sided markets. *Journal of the European Economic Association*. 2003. Vol. 1. No. 4. Pp. 990–1029. DOI: 10.1162/154247603322493212

8. Авдашева С. Б., Юсупова Г. Ф., Корнеева Д. В. Конкурентное законодательство в отношении цифровых платформ: между антitrustом и регулированием // Вопросы государственного и муниципального управления. 2022. № 3. С. 61–86. DOI: 10.17323/1999-5431-2022-0-3-61-86 (дата обращения: 07.04.2025).

Avdasheva S.B., Yusupova G.F., Korneeva D.V. Competition law regarding digital platforms: between antitrust and regulation. *Voprosy gosudarstvennogo i municipal'nogo upravleniya* [State and Municipal Administration Issues] 2022. No. 3. Pp. 61–86. DOI: 10.17323/1999-5431-2022-0-3-61-86 (accessed: 07/04/2025). (In Russian)

9. Трачук А. В., Линдер Н. В. Внедрение цифровых платформ промышленными компаниями как источник конкурентных преимуществ // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2023. Т. 14. № 1. С. 18–32. DOI: 10.17747/2618-947X-2023-1-18-32 (дата обращения: 07.04.2025).

Trachuk A.V., Linder N.V. Implementation of digital platforms by industrial companies as a source of competitive advantages. *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment* [Strategic Decisions and Risk Management]. 2023. Vol. 14. No. 1. Pp. 18–32. DOI: 10.17747/2618-947X-2023-1-18-32 (accessed: 07/04/2025). (In Russian)

10. Глазьев С. Ю. Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса. М.: Экономика, 2010. 255 с. ISBN: 978-5-282-03056-3. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18180349> (дата обращения: 07.04.2025).

Glaz'ev S.Yu. *Strategiya operezhayushchego razvitiya Rossii v usloviyah global'nogo krizisa* [Strategy of Russia's advanced development in the context of global crisis]. Moscow: Economy. 2010. 255 p. ISBN: 978-5-282-03056-3. EDN: QUGVQF. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18180349> (accessed: 07/04/2025). (In Russian)

11. Елисеева И. И., Рукавишников В. О. Группировка, корреляция, распознавание образов: статистические методы классификации и измерения связей. М.: Статистика, 1977. 143 с. (Математическая статистика для экономистов).

Eliseeva I.I., Rukavishnikov V.O. *Gruppirovka, korrelyaciya, raspoznavanie obrazov: (statisticheskie metody klassifikacii i izmereniya svyazey)* [Grouping, correlation, pattern recognition: statistical methods of classification and measurement of relationships]. Moscow: Statistika, 1977. 143 p. (Mathematical statistics for economists). (In Russian)

12. Бауэр В. П., Еремин В. В., Смирнов В. В. Цифровые платформы как инструмент трансформации мировой и российской экономики в 2021–2023 годах // Экономика. Налоги. Право. 2021. Т. 14. № 1. С. 41–51. DOI: 10.26794/1999-849X-2021-14-1-41-51 (дата обращения: 07.04.2025)

Bauer V.P., Eremin V.V., Smirnov V.V. Digital platforms as a tool for transforming global and Russian economy in 2021–2023. *Ekonomika. Nalogi. Pravo* [Economy. Taxes. Law.]. 2021. Vol. 14. No. 1. Pp. 41–51. DOI: 10.26794/1999-849X-2021-14-1-41-51 (accessed: 07/04/2025). (In Russian)

13. Voronova O.V., Khnykina T.S., Khareva V.A., Didmanidze I. Blockchain in retail: development prospects and implementation issues. *Global Challenges of Digital Transformation of Markets*. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2022. Pp. 277–284.

14. Саати Т. Л. Математические модели конфликтных ситуаций / Пер. с англ. под ред. И. А. Ушакова. М.: Сов. радио, 1977. 304 с.

Saati T.L. *Matematicheskie modeli konfliktnykh situaciy* [Mathematical models of conflict situations]: translated from English, edited by I. A. Ushakov. Moscow: Sov. radio, 1977. 304 p. (In Russian)

15. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархии: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993. 320 с.

Saati T. *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarhii* [Decision making. The analytic hierarchy process]: translated from English. Moscow: Radio i svyaz', 1993. 320 p. (In Russian)

16. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети: пер. с англ. / Науч. ред. А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. М.: Издательство ЛКИ. 2008. 360 с.

Saati T. *Prinyatie resheniy pri zavisimostyah i obratnykh svyazyah: analiticheskie seti* [Decision making with dependencies and feedback: the analytic network process]: translated from English. Scientific ed. A.V. Andreychikov, O.N. Andreychikova. Moscow: Izdatel'stvo LKI, 2008. 360 p. (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

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

Воронова Ольга Владимировна, канд. экон. наук, доцент, директор Высшей школы сервиса и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;
195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 50;
iliina_ov@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1032-7173>

Митяшин Глеб Юрьевич, ассистент Высшей школы сервиса и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;
195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 50;
gleb.mityashin@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0416-7556>

Сонц Илья Владимирович, соискатель Высшей школы сервиса и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;
195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 50;
systemconcept@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7693-508X>

Information about the authors

Sergey E. Barykin, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Graduate School of Service and Trade, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University;
50, Novorossiyskaya street, Saint Petersburg, 195251, Russia;
sbe@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9048-009X>, SPIN-code: 9382-2074

Olga V. Voronova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Director of the Graduate School of Service and Trade, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University;
50, Novorossiyskaya street, Saint Petersburg, 195251, Russia;
iliina_ov@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1032-7173>

Gleb Yu. Mityashin, Assistant at the Graduate School of Service and Trade, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University;
50, Novorossiyskaya street, Saint Petersburg, 195251, Russia;
gleb.mityashin@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0416-7556>

Ilya V. Sonts, PhD Applicant, School of Service and Trade, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University;
50, Novorossiyskaya street, Saint Petersburg, 195251, Russia;
systemconcept@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7693-508X>

Анализ текущей ситуации на рынке морских экспортных поставок продукции лесопромышленного комплекса

А. А. Тамби¹, О. А. Полянская^{✉1}, В. В. Беспалова¹,
А. Е. Михайлова¹, В. А. Липский²

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова
194021, Россия, Санкт-Петербург, Институтский переулок, 5, литер У;

²ООО «Национальное Лесное Агентство Развития и Инвестиций»
194044, Россия, Санкт-Петербург, Финляндский проспект, 4Б, БЦ «Петровский форт»

Аннотация. Направления экспортных поставок продукции, выпускаемой в Российской Федерации, за последние четыре года претерпели существенные изменения. Авторами определены доли объемов производства основных видов товаров лесопромышленного комплекса (ЛПК) России, поставляемых на экспорт. Выполнен анализ объемов продукции, экспортируемой морским путем. Определены направления поставок продукции ЛПК. Выделены направления отгрузки основных экспортоориентированных видов продукции: пиломатериалов и фанеры. Установлены основные порты, обслуживающие лесные грузы, указана их загрузка. Систематизирована информация о мерах поддержки производителей продукции в сфере ЛПК. Определены предельные объемы поставок продукции ЛПК морским путем при сохранении текущих геополитических условий. Сформулированы основные факторы, сдерживающие развитие экспортных поставок и негативно влияющих на развитие морских экспортных поставок в целом.

Цель исследования – анализ ситуации в области морских поставок продукции лесопромышленного комплекса РФ в санкционный период без учета контейнерных перевозок.

Методы исследования. Исследования проводились на основе абстрактно-логического, аналитического методов и метода анкетирования.

Результаты. Определены основные пути поставок продукции ЛПК морским путем для пиломатериалов и фанеры. Составлен перечень основных портов России, обрабатывающих лесные грузы. Установлены параметры грузооборота в этих портах. Длительное субсидирование морских перевозок может привести к искажению оценки маржинальности продукции ЛПК.

Заключение. Анализ показывает, что в 1 квартале 2024 г. рост отгрузок продукции ЛПК наблюдался только в Арктической зоне. На долю морских перевозок, без учета контейнерных отгрузок, приходится всего около 20 % от общего объема экспортных поставок и начиная с 2018 г. фиксируется снижение грузооборота продукции ЛПК. Существует опасность, что развитие процессов субсидирования морских перевозок лесных грузов может дать обратный эффект, когда маржинальность продукции будет определяться не эффективностью использования сырья на предприятиях, а размером субсидий.

Ключевые слова: экспорт продукции ЛПК, морские перевозки, направления экспорта пиломатериалов и фанеры, емкость рынка морских поставок продукции ЛПК, меры государственной поддержки морских перевозок

Поступила 02.02.2026, одобрена после рецензирования 26.02.2026, принята к публикации 25.03.2026

Для цитирования. Тамби А. А., Полянская О. А., Беспалова В. В., Михайлова А. Е., Липский В. А. Анализ текущей ситуации на рынке морских экспортных поставок продукции лесопромышленного комплекса // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 2. С. 104–118. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-104-118

Analysis of current situation in maritime market for forestry products

A.A. Tambi¹, O.A. Polyanskaya^{✉1}, V.V. Beshpalova¹,
A.E. Mikhailova¹, V.A. Lipsky²

¹S.M. Kirov St. Petersburg State Forestry University,
5, Liter U, Institutsky Lane, Saint Petersburg, 194021, Russia

²National Forestry Development and Investment Agency LLC
4B, Finland Avenue, BC "Petrovsky Fort", Saint-Petersburg, 194044, Russia

Abstract. The destinations of products exports manufactured in the Russian Federation have undergone significant changes over the past four years. The authors have calculated the share of production for the main types of products from the Russian timber industry that are exported. An analysis of maritime export volumes has been carried out. The directions for timber industry product deliveries have been determined. The directions for shipping the main export-oriented products, lumber and plywood, have been identified. The main ports serving timber cargoes have been identified and their loading indicated. Information on support measures for timber industry producers has been systematized. The maximum volumes of timber industry products that can be shipped by sea, while maintaining the current geopolitical situation have been determined. In general, the main factors hindering the growth of export shipments and negatively affecting the development of maritime exports have been identified.

Research objective. The purpose of this study is to analyze the situation in the field of maritime shipping of timber products from Russia during the period of sanctions, with the exception of container transportation.

Research methods. The research was conducted using a combination of abstract-logical and analytical methods, as well as questionnaires.

Research results. The main shipping routes for timber and plywood have been identified. A list of Russia's main ports handling timber cargoes has been compiled. The cargo turnover parameters for these ports have been established. Long-term subsidisation of maritime transport may lead to a distortion in the assessment of the profitability of forest industry products.

Conclusion. The analysis shows that in the first quarter of 2024, the growth of LPP product shipments was observed only in the Arctic zone. Sea transportation, excluding container shipments, accounts for only about 20% of the total volume of export shipments, and since 2018, there has been a decrease in the cargo turnover of LPP products. There is a risk that the development of subsidies for sea transportation of forest products may have the opposite effect, where the profitability of products will be determined not by the efficiency of using raw materials at enterprises, but by the size of the subsidies.

Keywords: timber industry exports, maritime transport, export destinations for sawn timber and plywood, market capacity for maritime transport of timber industry products, measures of state support for maritime transport

Submitted 02.02.2026,

approved after reviewing 26.02.2026,

accepted for publication 25.03.2026

For citation. Tambi A.A., Polyanskaya O.A., Beshpalova V.V., Mikhailova A.E., Lipsky V.A. Analysis of current situation in maritime market for forestry products. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 2. Pp. 104–118. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-104-118



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ВВЕДЕНИЕ

Лесная промышленность Российской Федерации традиционно является экспортоориентированной, поскольку страна обладает существенными лесными запасами, а емкость внутреннего рынка крайне мала. По данным [1], общий запас древесины в России достиг показателя 82,3 млрд м³. Это позволяет ежегодно заготавливать и перерабатывать свыше 800 млн м³ круглых лесоматериалов. По состоянию на 2024 г. объем заготовки круглых лесоматериалов достиг 195 млн м³ [2]. По итогам 2025 г. ожидается, что объем заготовки древесины будет находиться около показателей прошлого года. В целом за последние 15–20 лет объем заготовки древесины в России укрепился в диапазоне 185–220 млн м³, что существенно меньше объема расчетной лесосеки, но соответствует тем объемам продукции, которая может быть реализована на внутреннем и внешних рынках.

В таблице 1 [2, 3, 4, 5] приведены данные о соотношении объема производства и экспорта продукции из России в 2024 г. Поскольку сведения ФТС с 2022 г. доступны только в укрупненном формате, в табл. 1 приведены укрупненные группы по видам продукции.

Таблица 1. Лесопромышленный комплекс. Итоги 2024 г. и января-ноября 2025 г. Производство и экспорт
Table 1. Forestry complex. Results for 2024 and January-November 2025. Production and export

	Произведено в 2024 г.	Произведено за 11 мес. 2025 г.	Физический объем экспорта в 2024 г.	Доля в экспорте (оценочно), % в денежном выражении в 2024 г.
Заготовка круглых лесоматериалов	195 млн м ³	н/д	н/д	н/д
Лесоматериалы, продольно распиленные или расколотые	28,2 млн м ³	24,4* млн м ³	20,7 млн м ³	68%
Фанера	3,425 млн м ³	2,774 млн м ³	1,65 млн м ³	8%
Плиты древесноволокнистые из древесины	712 млн усл. м ²	587 млн усл. м ²	65 млн усл. м ²	10–15%
Плиты древесно-стружечные и аналогичные плиты из древесины	13,9 млн усл. м ³	9,474 млн усл. м ³	2,38 млн усл. м ³	
Гранулы топливные (пеллеты)	1,099 млн тонн	1,068 млн тонн	0,48 млн тонн	
Целлюлоза	8,538 млн тонн	6,977 млн тонн	н/д	35–40%
Бумага и картон	10,658 млн тонн	8,890 млн тонн		

* Росстат учитывает только крупные предприятия, вырабатывающие от 50 тыс. м³ пиломатериалов в год. По экспертным оценкам, объем производства пиломатериалов в России в 2024 г. достиг 32,8 млн м³.

Результаты анализа данных таблицы 1 убедительно доказывают, что без экспортных поставок российский ЛПК ждет системный кризис, при этом в части производства пиломатериалов, которые являются основным по объему продуктом ЛПК, экспортные поставки существенно доминируют над внутренним потреблением, и без них отрасль не сможет существовать в текущем виде.

Цель исследования. Целью настоящего исследования является анализ ситуации в области морских поставок продукции лесопромышленного комплекса РФ в санкционный период без учета контейнерных перевозок.

По сравнению с железнодорожным и автомобильным транспортом морские перевозки традиционно характеризовались меньшей стоимостью, а для СЗФО, где расположены значимые производственные мощности – морские отгрузки продукции в Китай и на новые рынки – являются основой сохранения конкурентоспособности продукции на мировых рынках по критерию конечной цены продукции, определяемой на складе покупателя с учетом всех затрат на транспортировку и сопутствующих платежей.

Несмотря на то, что, по данным российской транспортно-логистической компании Far-Eastern Shipping Company (Fesco), в прошлом году произошло изменение трендов на рынках грузоперевозок и экспортные поставки по многим направлениям переориентировались на железнодорожные пути сообщения, а импортные поставки поступают морскими путями (рис. 1), доля морских и мультимодальных перевозок все еще велика. Для определения стратегий развития промышленных предприятий по выбору наиболее предпочтительных стран для экспорта своей продукции необходимо знать ситуацию с фрахтом и загруженностью основных морских портов.

Исследование не включает информацию о контейнерных перевозках и базируется на данных морских портов о перевалке и отгрузке лесных грузов в явном виде.

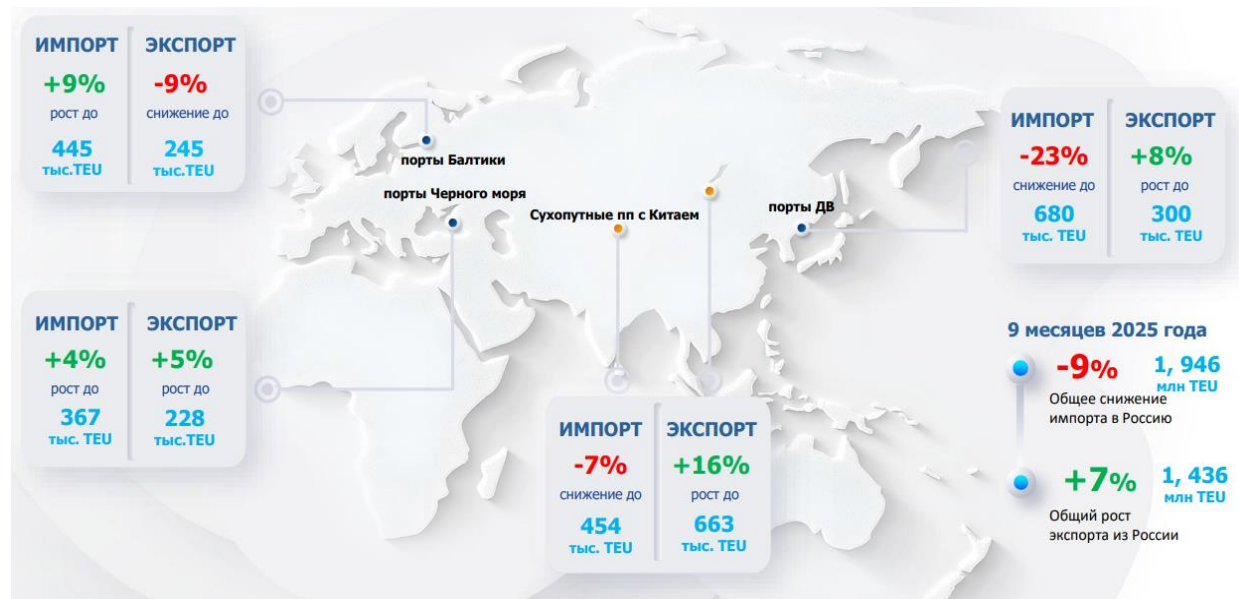


Рис. 1. Изменение предпочтений импортеров и экспортеров по данным Fesco

Fig. 1. Changes in importers-exporters preferences according to Fesco data

Задачи исследования:

- определение основных направлений морского экспорта пиломатериалов и фанеры из России;
- определение емкости морских перевозок продукции ЛПК в явном виде;
- составление перечня основных портов России и выявление их загрузки при обработке лесных грузов;
- определение влияния мер государственной поддержки на развитие морских перевозок.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологической базой послужили результаты аналитических исследований компаний-производителей основных видов продукции лесопромышленного комплекса – пиломатериалов и фанеры. Проведен анализ открытых баз данных таможенных поставок. Собранные, систематизированы и обобщены сведения о загрузке морских портов. Проведен опрос экспертов на крупнейших отраслевых мероприятиях отрасли: Петербургском международном лесопромышленном форуме, конференции «Лесопильное производство» (18 ноября 2025 г., Санкт-Петербург), конференции «Состояние ЛПК и действующие меры поддержки отрасли» (2 декабря 2025, г. Москва).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований нами классифицированы и сведены в единый раздел основные маршруты экспорта продукции ЛПК в целом (рис. 2), пиломатериалов (рис. 3) и фанеры (рис. 4). Данные представлены отраслевыми экспертами и апробированы на ведущих отраслевых конференциях.

Основные транспортные коридоры для перевозки лесных грузов, по данным компании Fesco, приведены на рис. 2.

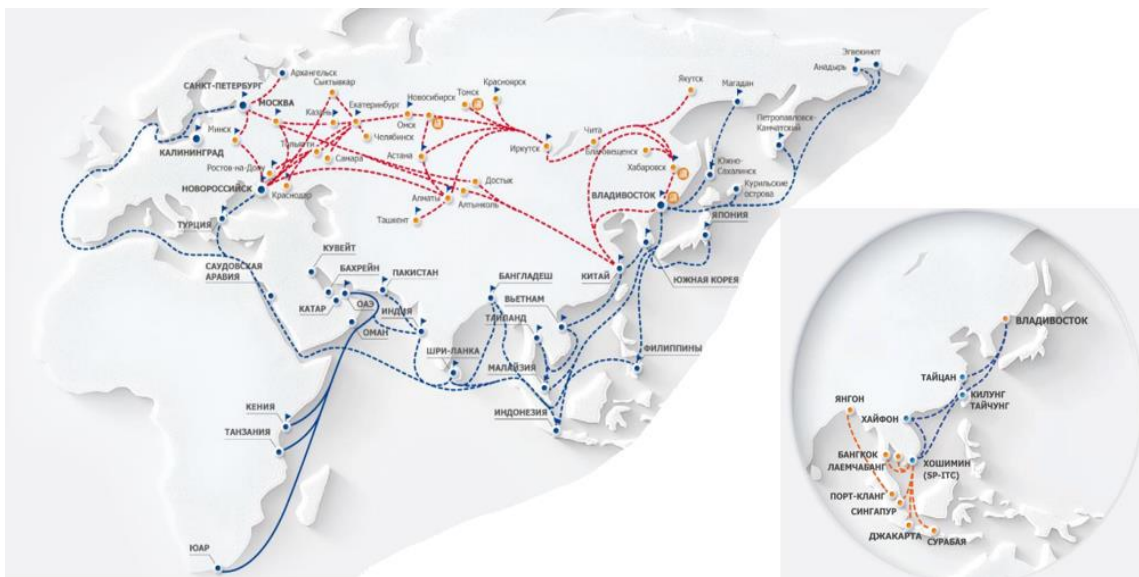


Рис. 2. Основные транспортные маршруты для экспорта продукции ЛПК

Fig. 2. Main export transport routes for forestry products

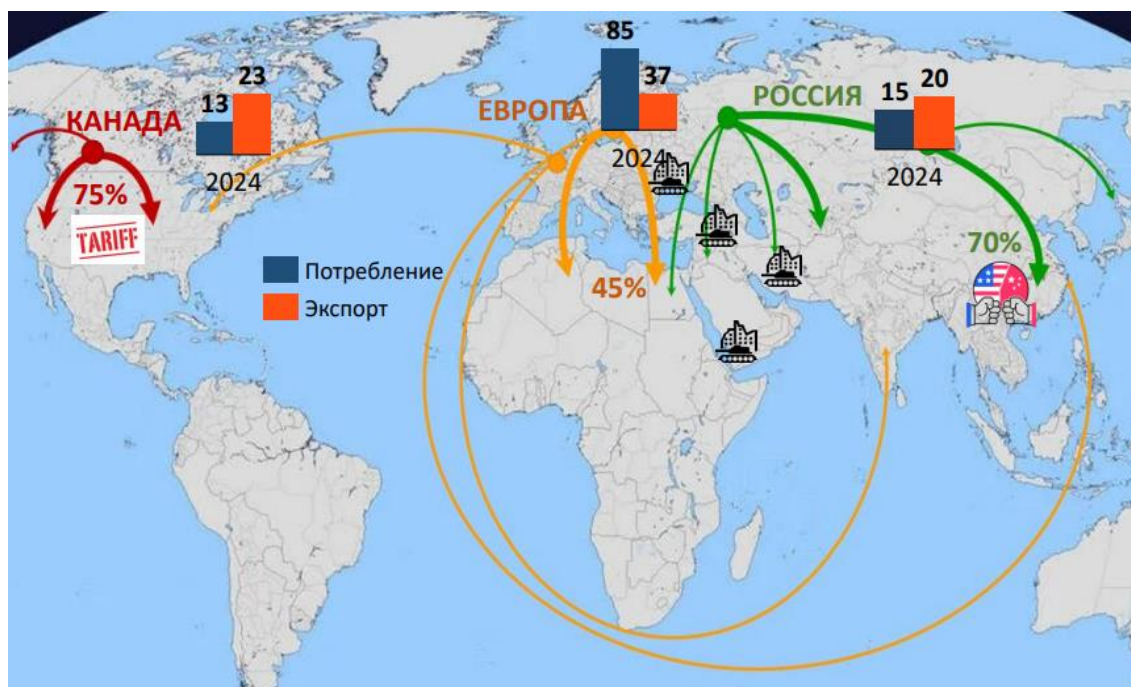


Рис. 3. Основные глобальные направления экспортных поставок хвойных пиломатериалов [6]

Fig. 3. Main global export destinations for softwood lumber [6]

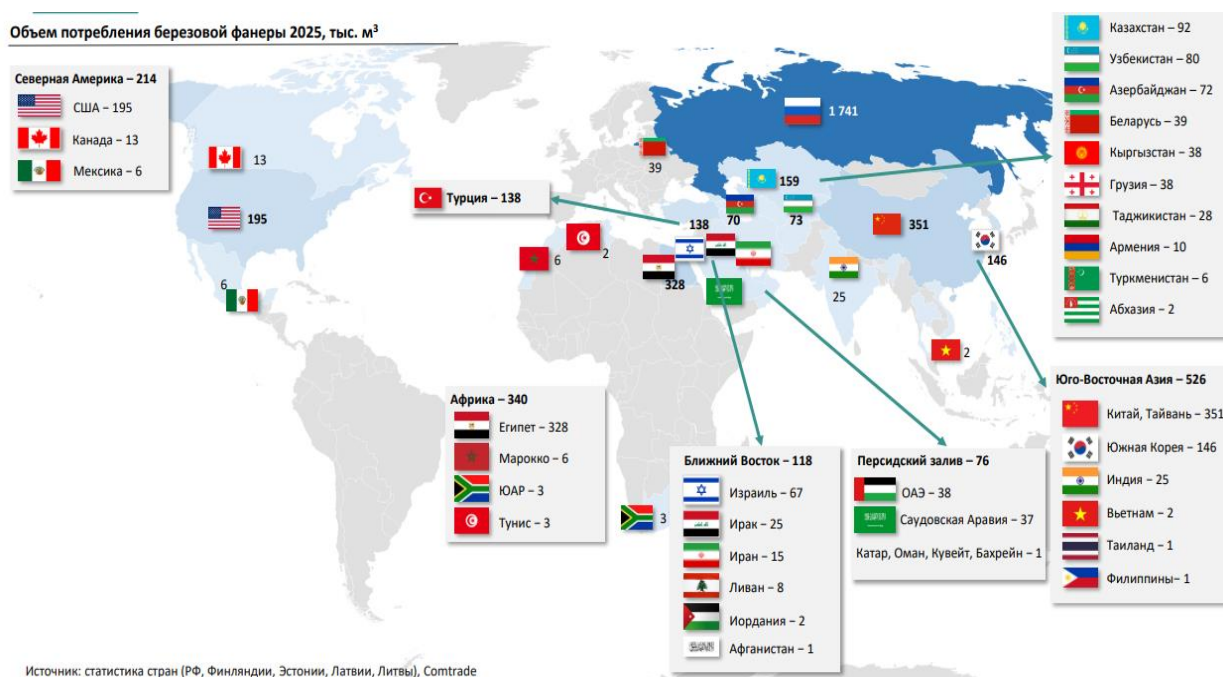


Рис. 4. Основные направления поставок фанеры [7]

Fig. 4. Main directions for plywood supplies [7]

Россия обладает широкой портовой инфраструктурой, включающей 67 портов, расположенных в Балтийском, Арктическом, Дальневосточном, Каспийском и Азово-Черноморском бассейнах, включая 6 портов на Балтике, 12 – в Арктике, 21 – на Дальнем Востоке, три – на Каспии, 12 – на Азовском и Черном морях [8]. Однако при этом большая часть грузов поставляется через следующие морские гавани: через Приморск и Усть-Лугу (расположены в Ленинградской области), Мурманск, Новороссийск, Тамань, Туапсе, Восточный и Находку (Приморский край), Ванино (Хабаровский край) [8].

У каждого из этих портов своя специализация. Предложение портовых услуг на 50–60 % (в зависимости от бассейна) превышает спрос со стороны экспортеров. Профицит мощностей морских портов во многом определяет ограниченная провозная способность железных дорог [8].

По данным на 2023 г., экспортерам древесных грузов была предложена мера государственной поддержки экспорта в виде компенсации понесенных затрат при транспортировке грузов через порты СЗФО. Несмотря на это объемы перевалки лесных грузов в российских портах с 2018 по 2023 г. неуклонно снижались.

До 2022 г. лесные грузы в России обслуживало более 40 стивидорных компаний. К середине 2023 г. их количество сократилось до 28 [9].

Основные объемы морского экспорта лесных грузов отправляются через порты Дальнего Востока, на долю которых в 2023 г. пришлось 47,6 % поставок. На втором месте – порты Каспия с долей 22,6 %, на третьем – порты Азово-Черноморского бассейна – 14,7 %. На долю портов СЗФО пришлось всего – 8,5 %, а арктических портов – 6,4 % лесных грузов, что и обеспечило необходимость применения мер государственной поддержки, поскольку вблизи именно последних двух портов сосредоточены основные объемы производства продукции наиболее пострадавших от санкций предприятий ЛПК. Вместе с тем необходимость использования мультимодальных перевозок для доставки лесных грузов из СЗФО до новых для этого региона рынков существенно удорожает продукцию и фактически делает экспорт невозможным без использования мер государственной поддержки.

В 2022 г. через морские порты было экспортировано 1,5 млн тонн лесных грузов [9]. При средней плотности древесных грузов на уровне 600 кг/м^3 экспортировано всего 2,5 млн м^3 грузов. За 8 мес. 2023 г. было обработано около 1,48 млн тонн. Вместе с тем ряд исследователей отмечают, что до 30 % этого объема – дальневосточный каботаж [9]. Непосредственно на экспорт за это же время было поставлено 1,04 млн тонн лесных грузов, что является крайне низким показателем для объема экспорта ЛПК в целом.

Аналитиками Ассоциации морских торговых портов лесные грузы по причине их малого объема с 2023 г. даже не сводятся в общие таблицы данных (табл. 2). Часть лесных грузов проходит под графой «Контейнерные», но доля «контейнерных» перевозок в целом также существенно снизилась к 2021 г. и находится на уровне 2018–2019 гг., кроме того, выделить среди них долю лесных грузов не представляется возможным.

Таблица 2. Динамика перевалки сухих грузов в морских портах РФ по основным товарным группам, млн тонн [10]

Table 2. Dynamics of dry cargo handling in Russian seaports by main commodity groups, in millions of tons [10]

Вид грузов	Год						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Уголь и кокс	161,4	176,0	188,5	202,8	206,5	208,6	188,1
Зерно	55,8	38,6	50,3	42,4	45,2	70,6	74,8
Контейнерные	53,6	56,5	57,7	61,2	45,3	50,1	55,5
Черные металлы	30,6	26,7	26,9	29,0	24,5	24,6	21,8
Минеральные удобрения	17,8	18,9	19,2	19,3	24,2	36,7	42,5
Паромные	12,2	6,0	5,4	4,1	6,6	8,1	8,0
Накатные	–	–	–	1,8	1,6	4,8	3,7
Руда	6,9	8,9	13,2	11,9	12,7	9,6	12,3
Лесные	5,5	5,1	4,7	4,1	3,2	–	–
Металлолом	4,1	3,0	–	–	–	–	–
Цветные металлы	3,5	4,0	3,5	3,4	3,9	3,2	–

Проведенный анализ открытых данных показал, что по двум видам продукции – пиломатериалам и круглым лесоматериалам (не относящимся к ценным лиственным породам) – экспорт за 2023 г. сократился на 7 % до 25 млн м^3 [11]. Только по этим двум видам продукции – с существенным усреднением влажности и, соответственно, массы древесины, принимая ее на минимальном среднем уровне 600 кг/м^3 , – экспортировано более 15 млн т.

С учетом древесных плит и фанеры, целлюлозы и продуктов лесохимии на долю в чистом виде морских перевозок приходится всего около 20 % от общего объема экспортных поставок. Экспорт только пиломатериалов (без учета круглых лесоматериалов) из России по итогам всего 2024 г. составил около 20,7 млн м^3 (табл. 1). По данным [11], основным транспортным средством для перевозки лесных грузов является железнодорожный. По итогам 2024 г. экспорт лесной продукции по железной дороге снизился на 11 % – до 10,9 млн тонн [12].

По данным [9] (табл. 3), значимыми для морских перевозок являются порты Дальнего Востока, Каспия, а также Азовского и Черного моря, на долю которых в 2023 г. приходилось 85,05 % экспорта. Остальные порты без использования субсидий и до появления линии Torgmoll в 2024 г. не обеспечивали значимых объемов поставок древесины на экспорт.

Таблица 3. Перевалка лесных грузов в портах России на экспорт в январе-июле 2023 г. [9]**Table 3.** Transshipment of timber cargo from Russian ports for export in January-July 2023 [9]

№	Порты	Доля, %	Объем в тыс. т
1	Дальний Восток	47,65	497,3
2	Каспий	22,63	236,9
3	Азовское и Черное море	14,77	154,9
4	Балтика	8,53	89
5	Арктика	6,42	67,3
	Итого по России		1045,5

Данные по загрузке основных лесных портов в январе-июле 2023 г. приведены в таблице 4.

Таблица 4. Загрузка основных лесных портов в январе-июле 2023 г. [9]**Table 4.** Loading of the main timber ports in January-July 2023 [9]

№	Бассейн	Порт	Стивидоры / Поставщики	Загрузка, тыс. т	
				2022	1–7 мес. 2023
1	Дальний Восток	Порт Ольга	ОАО «Тернейлес»	314,7	261,3
		Порт Ванино	АО «Ванинский МТП»	86,1	104,9
		Порт Владивосток		31,4	5,2
		Порт Посъет		13,9	18,6
		Порт Находка		74,9	73,1
		Порт Советская Гавань		71,9	34,3
Итого				592,9	497,4
2	Азовское и Черное море	Порт Новороссийск	АО «НЛЭ»	181,8	106,2
		Ростов-на-Дону	ООО «СК «Барк»		3
		Порт Темрюк	ООО «Газпром Транссервис»	30,1	36,3
			ООО «Порт Мечел Темрюк»		1,6
		Порт Ейск	АО «Ейский морской порт»	8,3	5,9
			ООО «Ейск-Порт-Виста»		1,9
Итого			220,2	154,9	
3	Каспий	Порт Астрахань	АО «Астраханский морской порт»	116,1	98,5
			ПАО «Астраханский порт»	36,8	24,6
			ООО «Альфа-порт»	18,4	37,9
			ООО «Астраханский южный порт»	6,5	15,9
			АО «Волгомост» Филиал «Мостотряд № 83»	3,3	29,9
			ООО «Порт «Зюйд-Вест»	21	22,3
			АО ГК «Армада»	3,4	4,2
			ООО ПКФ «Центральный грузовой порт»	2,7	2,5
Итого			208,2	236,9	
4	Арктика	Порт Архангельск	ЗАО «Лесозавод 25»	217,1	56,7
		Порт Онега	АО «Онежский ЛДК»	5,5	10,6
Итого			222,6	67,3	
5	Балтика	Большой Порт СПб	АО «Морской порт Санкт-Петербург»	294,7	85
			ООО «Терминал Святого Петра»	42,1	4
Итого			336,8	89	
Всего				1580,7	1045,5

Взяв за основу данные 2023 г. и интерполировав их на весь год целиком, получим, что на долю всех видов лесных грузов приходится только 1,79 млн т грузов. При средней плотности продукции 600 кг/м³ морем в 2023 г. было перевезено только около 3 млн м³ лесных грузов (без учета контейнеров). С учетом того, что это включает не только продукцию с высокой добавочной стоимостью, но и круглые лесоматериалы и пиломатериалы транспортной влажности, морские перевозки могут быть интересны ЛПК в целом либо при сохранении высокого уровня субсидий, либо предприятиям, производственные мощности которых расположены вблизи морской инфраструктуры.

По оценкам [13], в январе 2024 г. отгрузки пиломатериалов из России в Китай через порты Северо-Запада достигли 90 тыс. м³, что в 3,5 раза больше, чем в аналогичном периоде 2023 г. По итогам 2023 г. экспорт пиломатериалов из СЗФО в Китай достиг 3,8 млн м³, что на 60 % выше показателя 2022 г.

В 2023 г. принято государственное постановление, о том, что если грузы будут проходить через морские порты на Балтике, в том числе порты Санкт-Петербурга и Ленинградской области, государство покроеет до 80 % затрат (до 50 % от объема поставок) в 2023–2024 гг. В 2025 г. субсидии покрывали уже только:

- до 60 % фактически понесенных затрат – по поставкам продукции, за исключением поставок продукции лесопромышленного комплекса, произведенной на территории Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, за исключением поставок в недружественные страны;

- до 30 % фактически понесенных затрат – по поставкам продукции лесопромышленного комплекса, произведенной на территории Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, за исключением поставок в недружественные страны.

Предельный размер поддержки не должен превышать 11 % стоимости поставленной продукции за период осуществления поставок. Кроме того, предельный размер оказываемой поддержки, предоставляемой одной организации, не должен превышать 200 млн руб. [14].

В 2024 г. запущен новый торговый маршрут из Архангельска в Китай. По Северному морскому пути планируется ежегодно отправлять до 1 млн м³ пиломатериалов. Оператором поставок выступает Китайская логистическая компания Togtmoll, с июня 2024 г. анонсировавшая увеличение судозаходов в Архангельский морской торговый порт до 6–8 раз в месяц [13]. Пилотный проект завершен в сентябре 2023 г. ЗАО «Лесозавод 25» доставило 300 контейнеров с пиломатериалами за 22 дня. Негативными факторами при развитии СевМорПути являются три параметра, характеризующиеся высоким уровнем неопределенности: справится ли железнодорожная сеть с возросшими объемами поставок древесины до значительно увеличившегося возможности по отгрузкам лесных грузов Архангельского порта, а также с продолжительностью низкой стоимости фрахта и длительностью реализации мер поддержки, сохраняющих высокий уровень субсидирования перевозок, без которого, особенно при высоком курсе национальной валюты, поставки древесины в Китай теряют экономическую привлекательность.

В 2024 г. также вернулся к перевалке лесных грузов АО «Махачкалинский морской торговый порт», где выполнена поставка 5 тыс. т лесоматериалов в Иран, но в общем объеме поставок открытие этого порта не сыграло значительной роли.

На рисунке 5 приведены данные о динамике перевалки лесных грузов [15].

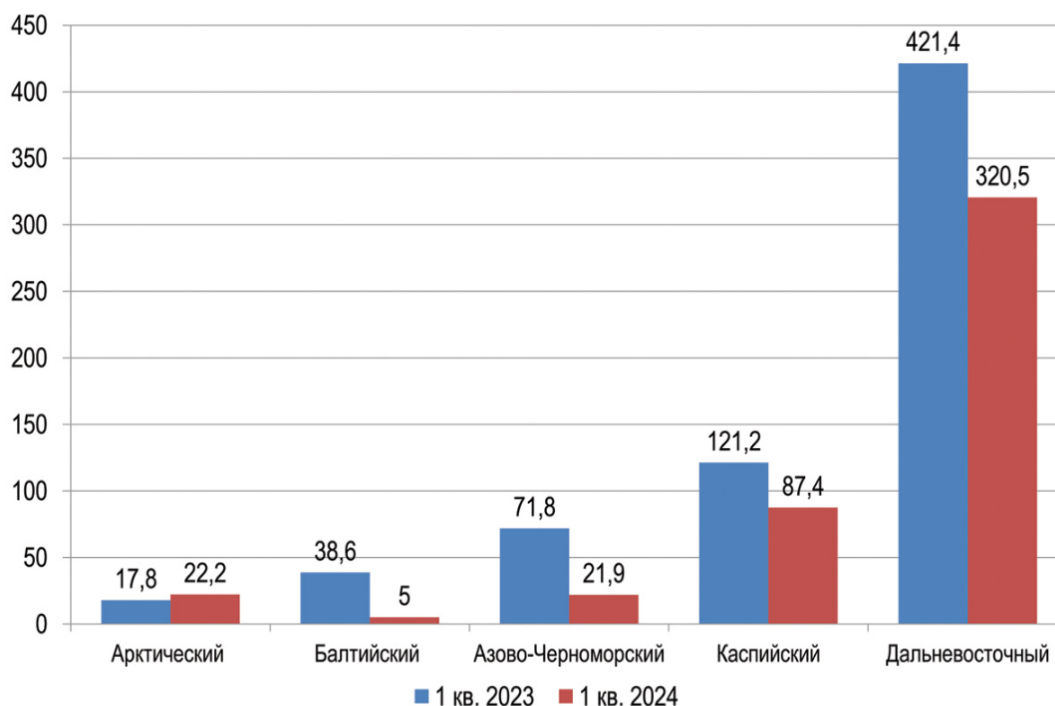


Рис. 5. Динамика перевалки лесных грузов через порты России за I кв. 2024 г. по сравнению с I кварталом 2023 г. (тыс. тонн)

Fig. 5. Dynamics of timber cargo transshipment through Russian ports in the first quarter of 2024 compared to the same period in 2023 (thousand tons)

В статистической отчетности в 2025 г. фактически не выделяются лесные грузы, объем перевалки которых частично учитывается в строке «Грузы в контейнерах»: грузооборот морских портов России в январе-сентябре 2025 г. уменьшился на 2,3% по сравнению с АППГ и составил 653,4 млн тонн [15].

Объем перевалки сухих грузов составил 322,6 млн тонн (-3,2 %), в том числе: угля – 150,8 млн тонн (+5,2 %), грузов в контейнерах – 40,1 млн тонн (-1,9%), минеральных удобрений – 35 млн т (+8,8 %), зерна – 32,1 млн тонн (-44,1 %), черных металлов – 17,4 млн тонн (+24 %), руды – 11,5 млн тонн (+36,6 %), грузов на паромах – 6,1 млн тонн (+1,2 %).

По данным [15], грузооборот морских портов России за 11 месяцев 2025 г. сократился на 0,9 %.

Даже если предположить максимальную загрузку портов Балтики и Арктики, с учетом прогнозов [13] и максимальной теоретической загрузкой Северного морского пути, при сохранении текущей тенденции на сокращение объемов перевалки лесных грузов, вызванной мировым кризисом перепроизводства продукции ЛПК с низкой добавочной стоимостью, дополнительные 1–1,5 млн м³ продукции ЛПК просто не смогут быть вовлечены в оборот ввиду отсутствия спроса со стороны зарубежных потребителей.

С другой стороны, если предприятиям СЗФО удастся локально загрузить Северный морской путь, это приведет к снижению грузопотоков на других транспортных направлениях, поскольку объем потребления продукции ЛПК с низкой добавочной стоимостью на экономически доступном для РФ расстоянии достиг максимума, что усиливает конкуренцию между российскими производителями, но не увеличивает емкость экспортного рынка.

ВЫВОДЫ

1. Определены направления поставок основных видов продукции ЛПК, пиломатериалов и фанеры морским путем.
2. На долю морских перевозок, без учетов контейнерных отгрузок, приходится всего около 20 % от общего объема экспортных поставок.
3. Объем продукции ЛПК, поставляемой морским путем, находится на уровне 1,7 млн т в год.
4. Снижение грузооборота продукции ЛПК началось еще до введения санкций в 2018 г., а введение ограничений лишь ускорило процессы перераспределения логистических маршрутов.
5. Составлен перечень основных портов России. Установлены параметры грузооборота в этих портах.
6. С 2023 г. для развития морских поставок через порты Санкт-Петербурга и Ленинградской области производителям предоставлялась возможность покрытия до 80 % затрат, что косвенно позволяет предположить о резком снижении объемов отгрузки сразу после окончания программы. При таком уровне субсидирования затрат, в условиях рыночной экономики и при высокой стоимости российского рубля относительно мировых валют – лесная продукция с низкой добавочной стоимостью, поставляемая на экспорт морем, в большинстве случаев станет нерентабельной.
7. Существует опасность, что развитие процессов субсидирования морских перевозок лесных грузов может дать обратный эффект, когда маржинальность продукции будет определяться не эффективностью использования сырья на предприятиях, а размером субсидии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рослесхоз: запас древесины в 2024 году вырос на 16 миллионов кубических метров. Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/press/news/rosleskhoz_zapas_drevesiny_v_2024_godu_vyros_na_16_millionov_kubicheskikh_metrov/ Дата публикации – 02 июля 2025 г. (дата обращения: 25.01.2026).
2. Лесопромышленный комплекс. Итоги 2024 г. и 9 мес. 2025 г. // Бюллетень Ассоциации «Лестех». 2025. № 22. С. 16.
3. Деревообрабатывающая промышленность России. Отчет аудиторско-консалтинговой компании «Деловой профиль» от 16 декабря 2025 г. Режим доступа: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/derevoobrabatyvayushchaya-promyshlennost-rossii/> (дата обращения: 25.01.2026).
4. *Литский В. А.* Ситуация на экспортных рынках плитной и фанерной продукции. Материалы презентации, представленной на 26-м Петербургском международном лесопромышленном форуме. Режим доступа: <https://alestech.ru/library/seminar-material?id=340> (дата обращения: 25.01.2026).
5. *Орехов А.* Топливные гранулы не находят сбыта. Коммерсантъ. 22.12.2025 г. Режим доступа <https://www.kommersant.ru/doc/8312191> (дата обращения: 25.01.2026).
6. *Бычков С.* Рынки пиломатериалов: тенденции, глобальное влияние. Материалы презентации. Режим доступа: <https://alestech.ru/library/seminar-material?id=421> (дата обращения: 10.12.2025).
7. *Ермакова Ю.* Состояние рынка березовой фанеры РФ. Материалы презентации. Режим доступа: <https://alestech.ru/library/seminar-material?id=447> (дата обращения: 25.01.2026).

8. Груз ответственности: какие товары и из каких портов экспортирует Россия. Текст: электронный. Деловой журнал «Профиль». 14.08.2024. Режим доступа: <https://profile.ru/economy/gruz-otvetstvennosti-kakie-tovary-i-iz-kakih-portov-eksportiruet-rossiya-1563515/> (дата обращения: 12.12.2025).

9. Калинин А. Скрипят и падают. Топ-7 выживших лесных портов России. Текст: электронный // 47news. Режим доступа: <https://47news.ru/articles/236662/> (дата обращения: 10.12.2025).

10. Сергеев К. Порты России: 2024 год – итоги и уроки. Текст: электронный. Сетевое издание «Корабел.ру». Режим доступа: https://www.korabel.ru/news/comments/porty_rossii_2024_god_-_itogi_i_uroki.html (дата обращения: 12.12.2025).

11. Официальный сайт Рослесинфорг. Россия в 2024 году продолжает снижать объемы экспорта древесины. Режим доступа: <https://roslesinfor.ru/news/in-the-media/rossiya-v-2024-godu-prodolzhaet-snizhat-obemy-eksporta-drevesiny/> (дата обращения: 10.12.2025).

12. Мордюшенко О. Сквозь лес замаячила перспектива. Текст: электронный. Коммерсантъ. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/7499091> (дата обращения: 02.12.2025).

13. Вильде О., Фомичева Е. Доски на волнах. Лесопереработчики получают новый торговый маршрут в Китай. Текст: электронный. Новый проспект. Режим доступа: <https://newprospect.ru/news/articles/doski-na-volnakh-lesopererabotchiki-poluchat-novyyu-torgovyyu-marshrut-v-kitay/> (дата обращения: 12.12.2025).

14. Официальный сайт АО «Российский экспортный центр». Господдержка. Транспортировка промышленных товаров. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.exportcenter.ru/services/spetsialnye-programmy-po-podderzhke-eksporta/transportation/gospodderzhka_transportirovka_promyshlennykh_tovarov_pp_rf/ (дата обращения: 12.12.2025).

15. Грузооборот морских портов России за 9 месяцев сократился на 2,3%. ИА Интерфакс. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.interfax.ru/business/1052041> (дата обращения: 13.12.2025).

REFERENCES

1. Rosleskhoz: zapas drevesiny v 2024 godu vyros na 16 millionov kubicheskikh metrov [Rosleskhoz: timber reserves increased by 16 million cubic meters in 2024]. Available at: https://www.mnr.gov.ru/press/news/rosleskhoz_zapas_drevesiny_v_2024_godu_vyros_na_16_millionov_kubicheskikh_metrov/ Publication date: July 2, 2025 (accessed: 25/01/2026). (In Russian)

2. Forestry complex. Results for 2024 and 9 months of 2025. *Bulletin of the Lestech Association*. 2025. No. 22. p. 16. (In Russian)

3. Derevoobratyvyayushchaya promyshlennost' Rossii. Otchet auditorsko-konsaltingovoy kompanii «Delovoy profil'» ot 16 dekabrya 2025 g [Woodworking industry of Russia. Report of the audit and consulting company “Business Profile” dated December 16, 2025]. Available at: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/derevoobratyvyayushchaya-promyshlennost-rossii/> (accessed: 25/01/2026). (In Russian)

4. Lipskiy V.A. The situation in the export markets of panel and plywood products. *Materialy prezentatsii, predstavlennoy na 26-m Peterburgskom mezhdunarodnom lesopromyshlennom forume* [Presentation materials offered at the 26th St. Petersburg

International Forestry Forum]. Available at: <https://alestech.ru/library/seminar-material?id=340> (accessed: 25/01/2026). (In Russian)

5. Orekhov A. *Toplivnyye granuly ne nakhodyat sbyta* [Fuel pellets are unsold]. Kommersant. December 22, 2025. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/8312191> (accessed: 25/01/2026). (In Russian)

6. Bychkov S. *Rynki pilomaterialov: tendentsii, global'noye vliyaniye* [Lumber markets: trends and global impact]. Presentation materials. Available at: <https://alestech.ru/library/seminar-material?id=421> (accessed: 10/12/2025). (In Russian)

7. Ermakova Yu. *Sostoyaniye rynka berezovoy fanery RF* [State of the Russian birch plywood market]. Presentation Materials. Available at: <https://alestech.ru/library/seminar-material?id=447> (accessed: 25/01/2026). (In Russian)

8. *Gruz otvetstvennosti: kakiye tovary i iz kakikh portov eksportiruyet Rossiya* [The burden of responsibility: What goods and from which ports does Russia export?]. Electronic Text. *Business Journal "Profile"*. August 14, 2024. Available at: <https://profile.ru/economy/gruz-otvetstvennosti-kakie-tovary-i-iz-kakih-portov-eksportiruet-rossiya-1563515/> (accessed: 12/12/2025). (In Russian)

9. Kalinin A. *Skripyat i padayut. Top-7 vyzhivshikh lesnykh portov Rossii* [Creak and fall. top 7 surviving timber ports of Russia]. *47news*. Available at: <https://47news.ru/articles/236662/> (accessed: 10/12/2025). (In Russian)

10. Sergeev K. *Porty Rossii: 2024 god – itogi i uroki* [Russian ports: 2024 – results and lessons]. Online. Korabel.ru. Available at: https://www.korabel.ru/news/comments/porty_rossii_2024_god_-_itogi_i_uroki.html (accessed: 12/12/2025). (In Russian)

11. *Ofitsial'nyy sayt Roslesinforg. Rossiya v 2024 godu prodolzhayet snizhat' ob'yemy eksporta drevesiny* [Official website of Roslesinforg. Russia will continue to decline timber export volumes in 2024]. Available at: <https://roslesinforg.ru/news/in-the-media/rossiya-v-2024-godu-prodolzhaet-snizhat-obemy-eksporta-drevesiny/> (accessed: 10/12/2025). (In Russian)

12. Mordyushenko O. *Skvoz' les zamayachila perspektiva* [A promise looms through the forest]. Text: online. Kommersant. Access mode: <https://www.kommersant.ru/doc/7499091> (accessed: 02/12/2025). (In Russian)

13. Vilde O., Fomicheva E. *Doski na volnakh. Lesopererabotchiki poluchat novyy torgovyy marshrut v Kitay* [Boards on the waves. Timber processors will get a new trade route to China]. Text: electronic. Novy Prospect. Access mode: <https://newprospect.ru/news/articles/doski-na-volnakh-lesopererabotchiki-poluchat-novyy-torgovyy-marshrut-v-kitay/> (accessed: 12/12/2025). (In Russian)

14. *Ofitsial'nyy sayt AO «Rossiyskiy eksportnyy tsentr». Gospodderzhka. Transportirovka promyshlennykh tovarov* [Official website of JSC "Russian Export Center". State support. Transportation of industrial goods]. [Electronic resource]. Available at: https://www.exportcenter.ru/services/spetsialnye-programmy-po-podderzhke-eksporta/transportation/gospodderzhka_transportirovka_promyshlennykh_tovarov_pp_rf/ (accessed: 12/12/2025). (In Russian)

15. *Gruzooborot morskikh portov Rossii za 9 mesyatsev sokratilsya na 2,3%* [Cargo turnover of Russian seaports decreased by 2.3% over 9 months]. Interfax News Agency. [Electronic resource]. Available at: <https://www.interfax.ru/business/1052041> (accessed: 13/12/2025). (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. Статья выполнена в рамках НИР Института лесного бизнеса и инноватики Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С. М. Кирова по направлению исследования «Анализ сегментов лесного комплекса Российской Федерации».

Funding. The article was prepared as part of the research project of the Institute of Forest Business and Innovation at St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov. The research topic is “Analysis of the Forest Complex Segments in the Russian Federation”.

Информация об авторах

Тамби Александр Алексеевич, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры экономики, учета и анализа хозяйственной деятельности, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова;

194021, Россия, Санкт-Петербург, Институтский переулок, 5, литер У;
a_tambi@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4099-3409>

Полянская Ольга Алексеевна, канд. техн. наук, доцент, заведующая кафедрой экономики, учета и анализа хозяйственной деятельности, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова;

194021, Россия, Санкт-Петербург, Институтский переулок, 5, литер У;
polyanskaya_78@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5377-1891>

Беспалова Вероника Валерьевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры экономики, учета и анализа хозяйственной деятельности, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова;

194021, Россия, Санкт-Петербург, Институтский переулок, 5, литер У;
weronika2002@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6139-0899>

Михайлова Анна Евгеньевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры экономики, учета и анализа хозяйственной деятельности Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С. М. Кирова;

194021, Россия, Санкт-Петербург, Институтский переулок, 5, литер У;
79119173494@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0280-7409>

Липский Виталий Андреевич, генеральный директор ООО «Национальное Лесное Агентство Развития и Инвестиций»;

194044, Россия, Санкт-Петербург, Финляндский проспект, 4Б, Бизнес-центр «Петровский форт»;
info@nlari.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7479-4374>

Information about the authors

Alexander A. Tambi, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Economics, Accounting, and Analysis of Economic Activity, S.M. Kirov Saint Petersburg State Forestry University;

5, Liter U, Institutsky Lane, Saint Petersburg, 194021, Russia;
a_tambi@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4099-3409>

Olga A. Polyanskaya, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Economics, Accounting, and Analysis of Economic Activity, S.M. Kirov Saint Petersburg State Forestry University;

5, Liter U, Institutsky Lane, Saint Petersburg, 194021, Russia;
polyanskaya_78@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5377-1891>

Veronika V. Beshpalova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics, Accounting, and Analysis of Economic Activity, S.M. Kirov Saint Petersburg State Forestry University;

5, Liter U, Institutsky Lane, Saint Petersburg, 194021, Russia;

weronika2002@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6139-0899>

Anna E. Mikhailova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics, Accounting, and Analysis of Economic Activity, S.M. Kirov Saint Petersburg State Forestry University;

5, Liter U, Institutsky Lane, Saint Petersburg, 194021, Russia;


79119173494@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0280-7409>

Vitaly A. Lipsky, General Director of National Forest Agency for Development and Investment LLC; 4B, Finland Avenue, Business Center “Petrovsky Fort”, Saint-Petersburg, 194044, Russia

info@nlari.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7479-4374>

JEL: O33

Original article

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-2-119-132>

 UVOLOI

The impact of supply chain disruptions caused by international sanctions on the development of sovereign economies: Difference-in-Difference methods of analysis

A.H. Fikire[✉], E.V. Korchagina

Institute of Industrial Management, Economics and Trade,
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
29 Polytechnicheskaya street, Saint Petersburg, 195251, Russia

Abstract. International sanction highly disrupts the food supply chains by increasing production and transportation costs, reducing trade flows, and affecting macroeconomic performance. Therefore, this study is relevant in addressing the impacts of supply chain disruption caused by international sanctions on the development of sovereign economies to enhance the efficiency of food supply.

Aim. The study is to investigate the impact of supply chain disruption caused by international sanctions on the development of sovereign economies.

Materials and methods. The data were collected from the World Bank database and compiled in the panel dataset. For this purpose, the study employed both descriptive and inferential statistics to analyze the panel dataset.

Result. The findings reveal that international sanctions significantly affect Russia's trade balance, oil rents, foreign direct investment and real effective exchange rate inflows relative to China and Brazil.

Conclusion. This study provides empirical evidence on the supply chain channels through which international sanctions impact sovereign economic development. The results offer insights for policymakers and stakeholders in designing strategies to mitigate supply chain disruptions and enhance economic resilience under sanctions.

Keywords: Supply chain disruption, International sanction, GDP growth, Oil rents, Sovereign economy, trade balance, difference in difference

Submitted 08.08.2025,

approved after reviewing 16.01.2026,

accepted for publication 25.03.2026

For citation. Fikire A.H., Korchagina E.V. The impact of supply chain disruptions caused by international sanctions on the development of sovereign economies: Difference-in-Difference methods of analysis. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 2. Pp. 119–132. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-119-132

© Фикире А. Х., Корчагина Е. В., 2026



Контент доступен под лицензией [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Влияние сбоев в цепочках поставок, вызванных международными санкциями, на развитие суверенных экономик: метод «Difference-in-Differences»

А. Х. Фикире[✉], Е. В. Корчагина

Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29

Аннотация. Международные санкции существенно нарушают цепочки поставок продовольствия, увеличивая производственные и транспортные издержки, сокращая торговые потоки и влияя на макроэкономические показатели. Данное исследование актуально для изучения влияния сбоев в цепочках поставок, вызванных международными санкциями, на развитие суверенных экономик и организацию поставок продовольствия.

Цель исследования – изучение влияния сбоев в цепочках поставок, вызванных международными санкциями, на развитие суверенных экономик.

Материалы и методы. Информация была собрана из базы данных Всемирного банка и объединена в панельный набор данных. В исследовании использовались как описательная, так и инференциальная статистика для анализа панельного набора данных.

Результаты исследования показывают, что международные санкции существенно влияют на торговые связи России и нефтяную ренту, прямые иностранные инвестиции и реальный эффективный валютный курс по сравнению с Китаем и Бразилией.

Заключение. Данное исследование предоставляет эмпирические данные о направлениях влияния сбоев в цепочках поставок, вызванных международными санкциями, на развитие суверенной экономики. Результаты дают представление заинтересованным сторонам о стратегиях смягчения сбоев цепочек поставок и повышения экономической устойчивости в условиях санкций.

Ключевые слова: сбой в цепочке поставок, международные санкции, рост ВВП, нефтяная рента, суверенная экономика, торговый баланс, метод «Разность разностей»

Поступила 08.08.2025, одобрена после рецензирования 16.01.2026, принята к публикации 25.03.2026

Для цитирования. Фикире А. Х., Корчагина Е. В. Влияние сбоев в цепочках поставок, вызванных международными санкциями, на развитие суверенных экономик: метод «Difference-in-Differences» // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 2. С. 119–132. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-119-132

INTRODUCTION

International obligation refers to the duties that states are bound to endorse under international law, such as the obligation not to cause significant harm to other states, particularly in the context of transboundary water resources and environmental protection [1, 2]. Since World War I, international organizations and nations have often applied sanctions as a routine policy tool to react to any nation's actions they oppose. Sanctions had a different success rate, depending on the costs imposed on the targeted nation, their reaction to these costs, and the influence on the economy and public opinion in other countries [3]. International institutions



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

play an important role in establishing global standards and fostering cooperation, smoother logistics, and trade flows [4]. Multinational corporations (MNCs) benefit from these frameworks, as they increase the efficiency and productivity of suppliers [5]. Air transport and logistics improvements can significantly boost economic growth and stability [6]. International sanctions against Russia have led to the closure of EU airspace and ports for Russian companies, severely disrupting logistics networks and increasing travel times and costs for transport companies. Transport operators have faced restrictions that have forced them to seek alternative routes, complicating logistics operations and supply chains [7]. Traffic along alternative logistics corridors with Turkey has increased, which has become a vital route for freight transport due to the disruptions in traditional paths and increased cargo volumes in this corridor [8]. Russian logistics faces challenges due to sanctions and trade blockades, but it maintains flexibility and sustainability, proving highly adaptable to changes in the business environment and operating conditions [9]. Economic sanctions have led to inflation, and reduced access to healthcare and medicines, particularly affecting vulnerable populations [10]. These disruptions directly impact Russia's ability to participate effectively in global supply chains. In the petroleum industry, sanctions limited access to foreign direct investments and crucial technologies from the EU and the US, affecting major Russian companies [11]. However, the sanctions have also created opportunities for import substitution and technological sovereignty. Despite the challenges, Russia has shown resilience in adapting to the new economic reality, with the potential for sustainable development through intensified import substitution policies [12]. The impact of sanctions on Russia's economy and exchange rate has been significant [13]. In this study, supply chain disruptions are defined as interruptions in the flow of goods, services, and capital, including reduced trade flows, increased costs of intermediate inputs, and limitations on foreign investment, which collectively affect production and distribution networks. Key macroeconomic indicators such as trade balance, foreign direct investment inflows, real effective exchange rate, inflation rate, oil rents, and GDP growth serve as proxies to measure the channels through which sanctions disrupt supply chains and affect Russia's economic development. Although prior studies have examined the macroeconomic consequences of sanctions, there is limited empirical evidence quantifying the impact of sanctions specifically on supply chain disruptions in Russia's sovereign economy. This study closes this gap in scientific knowledge. Generally, this study answers the following specific research questions;

- What are the macroeconomic trends in Russia's sovereign economy compared to Brazil and China before and after the imposition of sanctions?
- Which indicator is significantly disrupting the supply chain as a result of international sanctions imposed on Russia's sovereign economy?

This study is practically important to stakeholders in developing strategies to reduce the impacts of supply chain disruption caused by international sanctions and achieve high economic growth and a stable economy. The remainder of this research article is organized into 4 sections. Section 2, materials and methods, offers a straightforward overview of the methods employed. In Section 3, the results and discussion are presented with their implications. Finally, Section 4 presents the conclusion and recommendations.

1. MATERIALS AND METHODS

This study employs panel data from 2014 to 2023. The data was collected from the World Bank databases for Russia, China, and Brazil. These countries were selected based on a combination of economic relevance, geographical contexts, and founding members of BRICS. The collected data were arranged into a comprehensive panel dataset that encompasses variables relating to GDP growth, inflation rate, foreign direct investment net inflow, real effective exchange rate, trade balance, and oil rents. However, not all the data were available in the database for each variable; thus, the study interpolated the missing variables and estimated the results.

1.1. METHOD OF ANALYSIS

This study employed both descriptive and inferential statistics. Descriptive statistics were used to illustrate the trends in GDP growth, inflation, foreign direct investment, unemployment, real effective exchange rate, oil revenue, and trade balance, before and after the implementation of international sanctions against Russia, in comparison with Brazil and China. Inferential statistics include the t-test (mean comparison) and Difference-in-Differences (DiD) estimation methods used to examine the impact of supply chain disruptions caused by international sanctions on GDP growth in the context of the Russian development of sovereign economies.

1.2. MODEL SPECIFICATION

This study examines international economic sanctions against Russia's sovereign economy. Difference in differences compares the changes in outcomes over time between units enrolled in an experiment (the treatment group) and units not enrolled (the control group). This allows us to correct any differences between the control groups and treatment that are constant over time [14]. The period from 2014 to 2021 represents integrated supply chains, whereas the period from 2022 is classified as a period with post-sanctions or disrupted supply chains. Two categories are defined: those directly affected by the imposition of the sanction (Russia) and those not directly affected by the sanction (Brazil and China). Based on these categories, which take a value of 1, if the treated group (Russia) and the value of 0, the control group (Brazil and China) has no international sanctions. This study used the DiD estimation model, which models the GDP growth as a function of the inflation rate, foreign direct investment, real effective exchange rate, oil rents, and trade balance as variables to examine the impacts of supply chain disruption caused by international sanctions on the development of Russia's sovereign economy. The basic (DiD) estimation model with panel data is expressed as follows:

$$GDP_{it} = \alpha_i + \lambda_t + \chi_{it}\gamma + \delta DiD_{it} + \varepsilon_{it}.$$

Where, GDP_{it} : Gross domestic product annual growth rate (i) country and (t) time

χ_{it} : vector of control variables (trade % of GDP), FDI net inflow (% of GDP), oil rents (% of GDP); inflation rate consumer price index (annual %), and real effective exchange rate.

α_i : Country-fixed effects

λ_t : year fixed effect

1.3. DESCRIPTION AND MEASUREMENT OF VARIABLES

Table 1. Variable descriptions and measurements

Variables	Description of the variables	Linkage with supply chains	Measurements
GDP growth	A proxy variable for the development of a sovereign economy, which is calculated annually.	A country's supply chain efficiency significantly affects GDP growth. Strong economies with well-functioning supply chains boost productivity, reduce costs, and improve customer satisfaction, while weak supply chains lead to higher costs, delays, and disruptions that hinder economic growth.	%
Trade balance	It is the difference between exports and imports of goods and services, expressed as a share of gross domestic product.	Trade balance %GDP reflects a country's net trade position and external dependence, while supply chain disruptions such as economic sanctions raise import costs and domestic prices, thereby worsening trade deficits and undermine food supply chain stability.	% of GDP
DiD	An interaction variable (treated*time)	It reflects the impacts of sanctions on the supply chain over time.	time effect
Foreign direct investment, net inflows(FDI)	It refers the net inflows of investment to acquire a lasting management interest in an enterprise operating in an economy other than that of the investor.	FDI inflow offers firms the opportunity to secure inputs, access markets, cut costs, diversify, and adopt new technologies, reshaping global production networks and strengthening local capabilities.	% of GDP
Oil rent	Oil rent is the income received from the sale of oil minus the costs of its production and transportation.	Oil is tightly embedded in global supply chains as a core transport fuel and industrial input. Higher oil prices raise shipping and manufacturing costs, fueling inflation.	% of GDP
Inflation rate	Annual percentages of average consumer prices are year-on-year changes.	High inflation rate can disrupt the supply chain, increase the cost of transport increasing production costs, and raise operating expenses.	%
Real effective exchange rate (REER)	The nominal effective exchange rate is divided by a price deflator or index of costs.	It affects supply chains by influencing costs, competitiveness, and stability. A weaker REER can increase volatility and strain firms' profit margins and liquidity, especially when imported inputs are widely used.	This indicator is an index series where 2010=100.

2. RESULT AND DISCUSSION

This study describes and interprets the findings obtained from secondary sources of data. The result of the study focuses on the impact of supply chain disruption caused by international sanctions on the development of sovereign economies in the context of Russia, compared with China and Brazil.

2.1. DESCRIPTIVE STATISTICS

2.1.1. TREND ANALYSIS BEFORE AND AFTER INTERNATIONAL SANCTIONS ON THE DEVELOPMENT OF SOVEREIGN ECONOMIES

Figure 1 depicts the GDP growth trends for Brazil, China, and Russia. The GDP growth of China shows a relatively flat trend with minimal fluctuations until 2019, a decline onwards in 2020, and again reaching a peak point in 2021. Lastly, between 2021 and 2023, shows a high fluctuation. Russia's GDP growth showed some volatility from 2014 to 2019, peaking in 2021. Russia's GDP growth rate declined in 2022 following the imposition of sanctions. The decline in Russia's GDP growth was due to the imposition of sanctions and potential disruptions to trade,

investment, and supply chain operations. By 2023, the Russian economy began to recover, although its performance was lower than China's and higher than Brazil's. Brazil's GDP growth exhibited periods of contraction and recovery between 2014 and 2023.

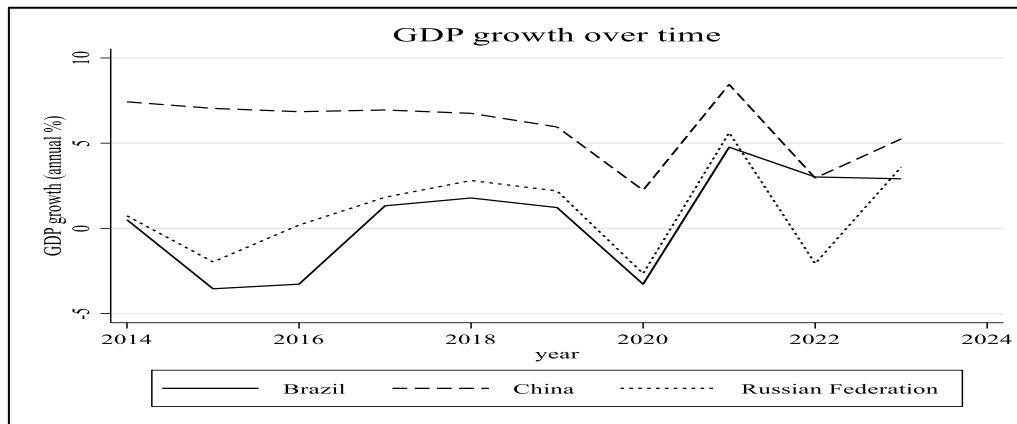


Fig. 1. GDP growth trend of Brazil, China, and Russia from 2014 to 2023[15]

The trade balance for Brazil, China, and Russia is presented in Figure 2. Russia's trade integration was greater than China's and Brazil's, but it fluctuated greatly from 2014 to 2020, reaching a high point in 2022 and then rapidly declining during the disrupted supply chain following the introduction of international sanctions. This implies sanctions, and disruption in trade routes affects trade balance as well as the development of the Russian sovereign economy. This study is consistent with [16]. China's trade balance has experienced stable fluctuation from 2014 to 2023, with little growth over time, but has remained continuously low when compared to Russia. From 2014 to 2023, Brazil's trade balance displayed a trend of high fluctuation.

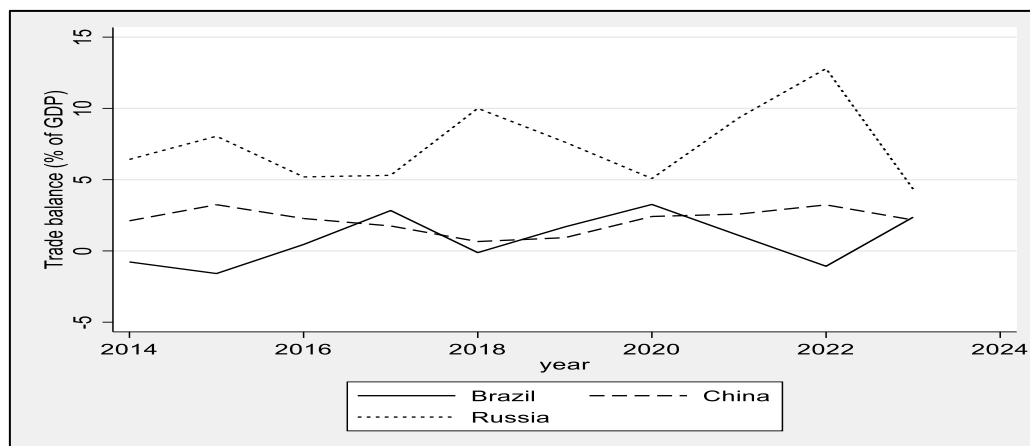


Fig. 2. Trade balance as a percentage of GDP for Brazil, China, and Russia [15]

Russia, China, and Brazil's oil rents are presented in Figure 3. The contribution of oil rents to GDP lays between 4.3% and 10% Russia's revenue from 2014 to 2023, reaching the peak points in 2018 and 2021. The international sanctions created a growing global energy uncertainty. Oil rents were the critical components of the Russian economy, and a net oil exporter, but the trends sharply declined during disrupted supply chain. Therefore, analysis of the dynamics of oil revenues is essential for understanding the conditions of Russia's macroeconomic vulnerability and resilience during disrupted supply chain. Brazil's oil rents

show fluctuation between 2014 and 2020, with slightly increasing trends after 2020. Meanwhile, China constantly showed minimal oil rents from 2014 to 2023 as a net oil importer. This study is consistent with [17].

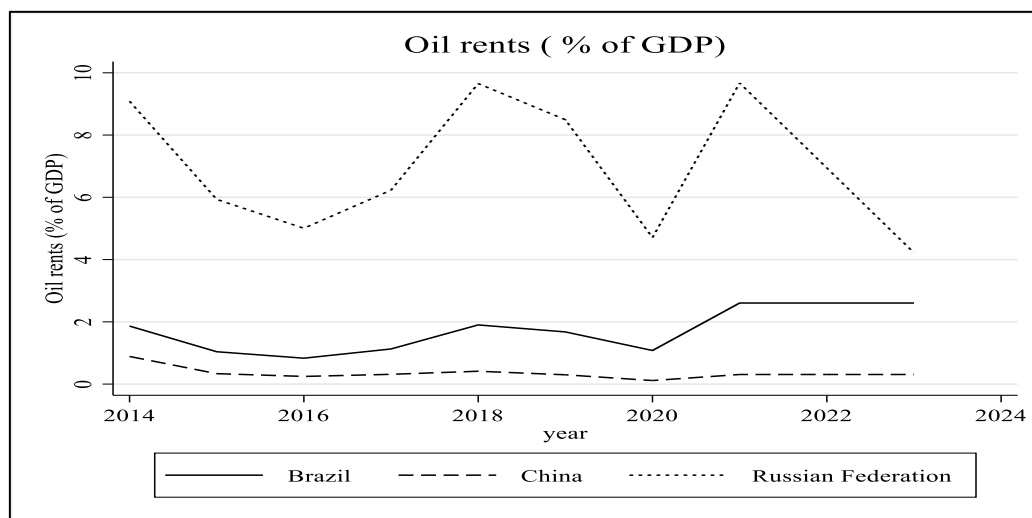


Fig. 3. Oil rent trends for Brazil, China, and Russia (2014-2023) [15]

Figure 4 presents the foreign direct investment (FDI) net inflow trends for three countries from 2014 to 2023. Russia's FDI net inflows trend shows between 0.5% to 2.5% share of GDP growth, but after 2021 to 2022, a sharp decline and below zero. After 2022, a slowdown in the rate of decline in FDI is observed, but the value is still negative. This study is in line with [11]. China's FDI net inflows exhibit a more fluctuating trend between 2014 and 2021. However, it has been declining sharply since 2022. Net FDI inflows to Brazil are higher than to Russia and China, and are characterized by minor ups and downs.

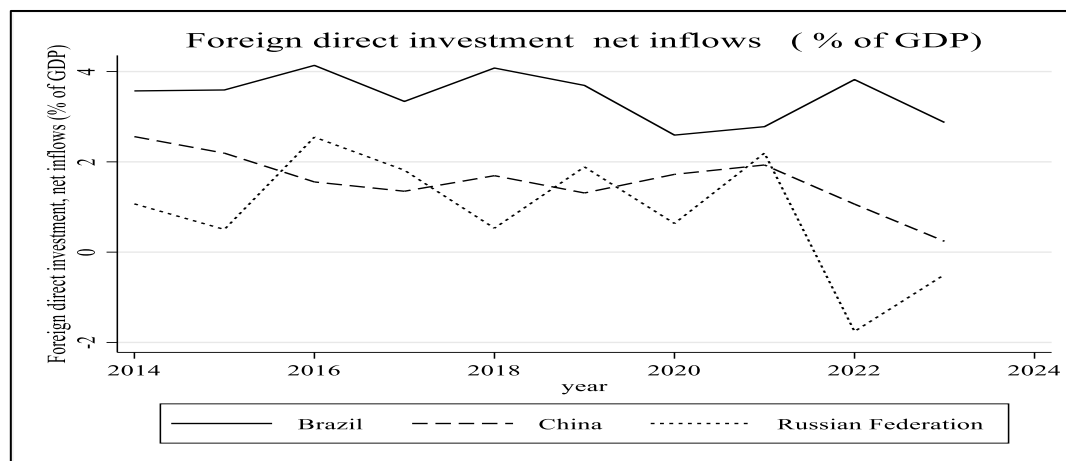


Fig. 4. Foreign direct investment net inflow trends of Brazil, China, and Russia (2014–2023) [15]

The trends of the inflation rate for Brazil, China, and Russia are depicted in Figure 5. The inflation rate in Russia was between 2.8% and 15.5% from 2014 to 2023. However, after international sanctions inflation rate slightly decreased. The trends of the inflation rate in Brazil lie between 3% to 9% from 2014 and 2023. China's inflation rate shows a slight variation between 4% and 5% from 2014 to 2023, which is less than Russia and Brazil. The inflation rates in China, Brazil, and Russia reduced from 2022 to 2023.

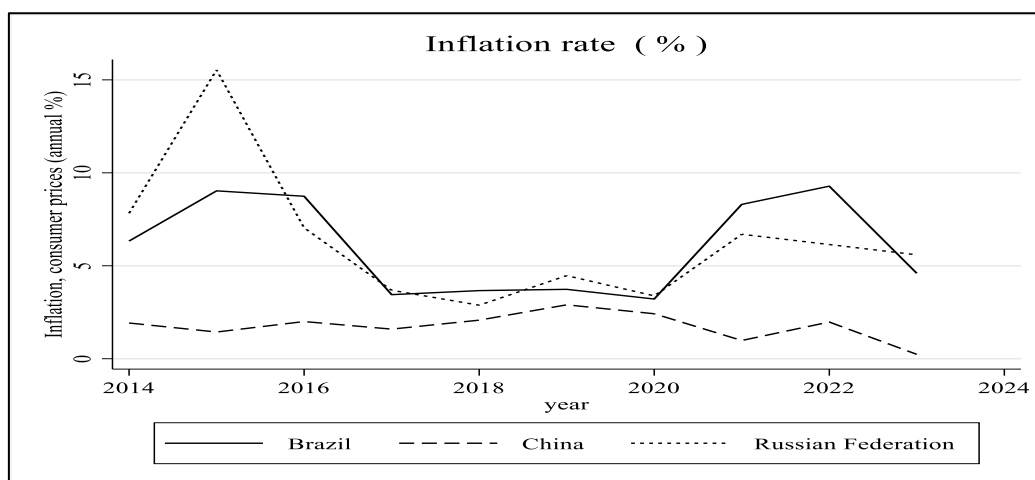


Fig. 5. Inflation rate of China, Brazil, and Russia (2014-2023) [15]

Figure 6 depicts the real effective exchange rates for three countries between 2014 and 2023. China's real effective exchange rate trend lies between 116 and 130 from 2014 to 2023, which means an increase of 16% to 30% more expensive in real terms as compared to the base year. Brazil's real effective exchange rate is between 53 and 84 from 2014 to 2023, which means the Brazilian Real from 47% to 16% weaker in real purchasing power as compared to the base year. Russia's real effective exchange rate ranges between 80 and 100. It means Russian Rubles are 20% weaker and equal to the base year. This study is in line with [18].

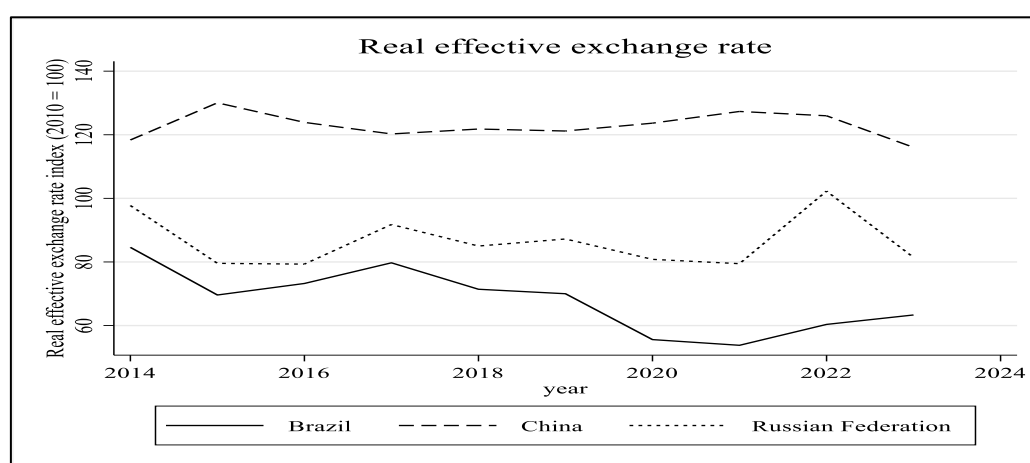


Fig. 6. The real effective exchange rate of Brazil, China, and Russia (2014-2023) [15]

2.2. INFERENCE STATISTICS

2.2.1. PARALLEL TRENDS ASSUMPTION

The null hypothesis should be accepted if the p-value is greater than 0.05, indicating that linear trends are parallel. The parallel trend assumption states that the difference between the treatment and control groups remains constant over time in the absence of treatment. Failure to follow this assumption will result in biased causal effect estimation [14]. Based on the stated parallel trend assumption, the p-value is 0.7927, which is greater than 0.05, implying acceptance of the null hypothesis. As a result, the treated and control groups continue to follow parallel pathways. Figure 7 and Table 2 illustrate a parallel trend.

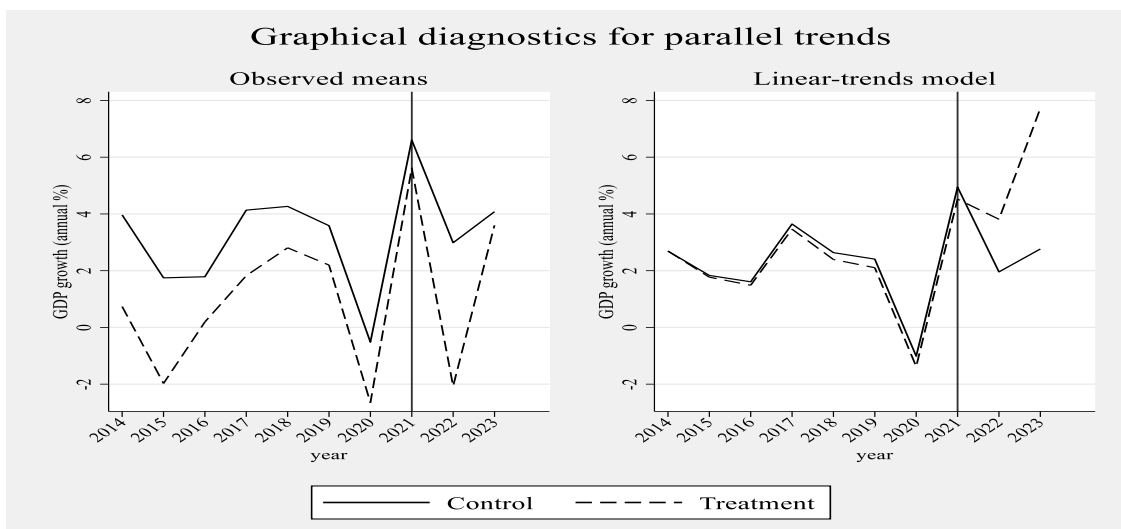


Fig. 7. Graphical representation of parallel trend

Table 2. Parallel-trends test (pretreatment period)

H0: Linear trends are parallel	
F(1, 2)	0.09
Prob > F	0.7927

2.2.2. IMPACTS OF SUPPLY CHAIN DISRUPTIONS CAUSED BY INTERNATIONAL SANCTIONS ON THE DEVELOPMENT OF SOVEREIGN ECONOMIES

Table 3 shows Brazil, China, and Russia's dynamics of macroeconomic indicators. It depicts that Russia's GDP growth has shown a substantial decline during disrupted supply chains. However, the t-test results show that there wasn't a significant difference in GDP growth during integrated supply and disrupted supply chains between the control group (Brazil and China) and the treated group (Russia). The mean trade balance for the control group's integrated food supply chain is 1.43%, and 7.12% for the treated group, and 1.67% and 8.57% for the control and treated groups' disrupted supply chains. The t-test results show there was a significant difference in the trade balance between the control and treated groups during integrated supply chain and disrupted supply chains at a 1% level of significance. This indicates Russia maintains a higher trade balance than China and Brazil, but the international sanctions have decreased imports of goods and services. This study aligns with [19].

The mean of foreign direct investment net inflows during the integrated supply chain was 2.63% and 1.40% for the control and treated groups, and 2.00% and -1.13% for the control and treated groups' disrupted supply chains. A significant decrease in foreign direct investment net inflows for Russia under disrupted supply chains implies a loss of foreign investors' confidence and economic isolation, contrasting with China's and Brazil's stable foreign direct investment net inflow levels. This finding is consistent with [20].

The mean oil rents during the integrated supply chain for the control and treated groups are 0.94% and 7.35%, and for disrupted supply chains, 1.46% and 5.58% for the control and treated groups, respectively. The t-test results show there was a significant difference in oil rent between control and treated groups during integrated supply chain and disrupted supply chains

at a 10% level of significance. Russia had high oil rent but it declined after disrupted supply chains, which implies that sanctions affect the oil sector's profitability and the overall performance of the economy.

Table 3. Pre and post-sanction comparative analysis of the key variables

Variable	Integrated supply chain			Post-sanction/disrupted supply chains			DiD P> t
	Control	Treated	(T-C) p-value)	Control	Treated	(T-C) p-value)	
GDP growth (annual %)	3.20 (1.04)	1.10 (0.940)	0.18	3.53 (0.573)	0.765 (2.83)	0.376	0.85
Trade balance (% of GDP)	1.43 (0.36)	7.13 (0.68)	0.00***	1.67 (0.95)	8.57 (4.23)	0.000***	0.54
Foreign direct investment, net inflows (% of GDP)	2.63 (0.25)	1.40 (0.29)	0.011**	2.00 (0.82)	-1.13 (0.63)	0.002***	0.07*
Oil rents (% of GDP)	0.94 (0.18)	7.35 (0.74)	0.00***	1.46 (0.66)	5.58 (1.36)	0.002***	0.095*
Inflation, consumer prices (annual %)	3.86 (0.68)	6.44 (1.46)	0.079*	4.02 (1.97)	5.87 (0.28)	0.518	0.818
Real effective exchange rate	96.53 (7.18)	85.12 (2.40)	0.304	91.43 (17.21)	91.85 (10.42)	0.985	0.631

Inference: * p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

Note. The standard deviation is in the parentheses.

Source: Authors preparation based on Stata 17

The mean inflation rate during the integrated supply chain for the control and treated groups is 3.86% and 6.44%, and after the sanctions, it is 4.02 % and 5.87 % for the control and treated groups. This result indicates that Russia had a lower real effective exchange rate than the control group of countries before the imposition of sanctions, giving it higher price competitiveness compared to China and Brazil during this period. However, Russia's real effective exchange rate converged with those of China and Brazil in the post-sanctions period. A country with a higher real effective exchange rate has lower international competitiveness, as its goods and services become more expensive [21].

2.2.3. THE INDICATORS OF SUPPLY CHAIN DISRUPTION UNDER SANCTION

Table 4 shows the estimation result of the difference in difference estimation.

The DiD analysis revealed that international sanctions imposed on Russia have significant effects on both macroeconomic outcomes and key supply chain channels. The estimation result shows that the effect of sanction, trade balance (% of GDP) are significant at 1 %, oil rents at 5 %, foreign direct investment net inflows, and real effective exchange rate at 10 % level of significance.

The coefficient of DiD is positive and significant at 1% level of significance. The effect of sanctions has a positive impact on the growth of GDP growth during the period under review.

The Russian GDP growth increased by about 6.42 % more than the control group (Brazil and China), holding other things constant. These findings contrast with [10, 22]. However, Russia offsets the effect of sanctions through import substitution and shifts its trade partners, and increases revenues from commodity exports. This study is consistent with [12] and [23].

Table 4. Fixed effect DiD model estimation result (panel data)

Variables	Variable level	GDP growth	p-value
Difference in difference(DiD)	Effect of sanctions	6.417*** (0.597)	0.009
Trade balance	Trade balance (% of GDP)	-0.349*** (0.0109)	0.001
Oil rent	Oil rents (% of GDP)	1.443** (0.328)	0.048
IR	Inflation rate (%)	-0.221 (0.131)	0.233
FDI	Foreign direct investment net inflows	1.226* (0.361)	0.077
REER	Real effective exchange rate	-0.108* (0.0363)	0.096
Constant	Intercept	7.589 (3.135)	0.137
Observations	Total number of observations	30	–
Number of Id	Number country(Russia,Brzail and China)	3	–
R-squared		0.533	–

Robust standard errors in parentheses

***) $p < 0.01$, **) $p < 0.05$, *) $p < 0.1$

Source: Author preparation based on Stata 17

The coefficient of trade balance is negative and significant at 1%. This indicates that the sanctions restricted import channels and caused logistical breakdown, limiting countries' abilities to import essential inputs and technologies. As a result, imports declined more than exports, artificially improving the trade balance, but hurting GDP growth because domestic production slowed due to the lack of input availability. Sanctions disrupted production and supply chains in the country. Trade surplus under the sanctions hides the real weakness of the economy, creates supply chain disruption, and results contracting domestic economy. This study is consistent with [23], in which sanction-induced trade distortions in Russia challenged production capacity and economic performance, despite the trade surplus. The coefficient of oil rents is positive and significant at a 5% level of significance. The positive sign indicates that even if a country is under sanction, oil rents play a crucial role in generating revenue and supporting the country's GDP growth. A 1% increase in oil rents, and then GDP growth increased by 1.44% more than the control group, while other things remain constant. The Russian economy heavily depends on exporting oil and gas. This study is in line with [24].

In summary, the indicators most closely with supply chain disruption under sanction are trade balance, real effective exchange rate, foreign direct investment inflows and oil rents. Trade and real effective exchange rate capture constraints in the flow and cost of production inputs, while oil rents and foreign direct investment inflows highlight sectoral resilience and targeted investment.

3. CONCLUSION AND RECOMMENDATION

International sanctions significantly disrupt the socioeconomic indicators of sanctioned countries, particularly by affecting trade flows, investment, and key production networks. This study examined the impact of sanctions-induced supply chain disruptions on the development of sovereign economies, using Russia as the sanctioned country and China and

Brazil as control countries. World Bank panel data were analyzed using descriptive statistics, t-tests, and the difference-in-differences fixed effects estimator. The descriptive statistics show that the trade balance declined after the imposition of sanctions; however, net FDI inflows and GDP growth increased. The t-test indicates a significant difference in net FDI inflows, trade balance, and oil rents between the sanctioned countries (Russia) and the control groups (China and Brazil) after the imposition of sanctions. Results from a difference-in-differences fixed-effects approach showed that the trade balance and oil rents have a significant impact on supply chain disruptions caused by international sanctions. Based on these findings, several measures can be proposed to improve supply chain resilience and economic development in sanctioned countries. These include diversifying trading partners and logistics corridors, increasing exports and imports to stimulate domestic production, enhancing export competitiveness, participating in multilateral organizations to mitigate sanctions, and implementing innovative technologies. Efforts should be made to improve the efficiency and sustainability of revenues from the oil sector through infrastructure investment and diversification to ensure the availability of oil supplies to non-sanctioned countries.

REFERENCES

1. Tignino M., Bréthaut C. The role of international case law in implementing the obligation not to cause significant harm. *Int. Environ. Agreem. Polit. Law Econ.* 2020. Vol. 20. No. 4. Pp. 631–648. DOI: 10.1007/s10784-020-09503-6
2. Egbomuche-Okeke L. A critical appraisal of the doctrine of obligation in international law. *J. Law Confl. Resolut.* 2010. Vol. 2. № 6. Pp. 98–102.
3. Davis L., Engerman S. Sanctions: Neither war nor peace. *J. Econ. Perspect.* 2003. Vol. 17. No. 2. Pp. 187–197. DOI: 10.1257/089533003765888502
4. Pauwelyn J., Pelc K. Who guards the guardians of the system? The role of the secretariat in who dispute settlement. *Am. J. Int. Law.* 2022. Vol. 116. No. 3. Pp. 534–566. DOI: 10.1017/ajil.2022.20
5. Alfaro-Ureña A., Manelici I., Vasquez J.P. The effects of joining multinational supply chains: new evidence from firm-to-firm linkages. *Q. J. Econ.* 2022. Vol. 137. No. 3. Pp. 1495–1552. DOI: 10.1093/qje/qjac006
6. Zhang F., Graham D.J. Air transport and economic growth: a review of the impact mechanism and causal relationships. *Transp. Rev.* 2020. Vol. 40. No. 4. Pp. 506–528. DOI: 10.1080/01441647.2020.1738587
7. Cekerevac Z., Bogavac M. Impact of Covid-19 and Ukraine-Russia War on the international trade and logistics. *MEST J.* 2023. Vol. 11. No. 1. Pp. 19–30. DOI: 10.12709/mest.11.11.01.03
8. Cengiz Ö. Rusya-Ukrayna savaşının türkiye’ den geçen ort lojistik koridor etkileri. Kafkas üniversitesi iktisadi ve idari bilim. *Fakültesi Derg.* 2023. Vol. 14. No. 27. Pp. 485–505. DOI: 10.36543/kauibfd.2023.019
9. Chang Y., Iakovou E., Shi W. Blockchain in global supply chains and cross border trade: a critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities *Int. J. Prod. Res.* 2020. Vol. 58. No. 7. Pp. 2082–2099. DOI: 10.1080/00207543.2019.1651946
10. Kokabisaghi F. Assessment of the effects of economic sanctions on Iranians’ right to health by using human rights impact assessment tool: A systematic review. *Int. J. Health Policy Manag.* 2018. Vol. 7. No. 5. Pp. 374–393. DOI: 10.15171/ijhpm.2017.147
11. Saiymova M. et al. Russia’s petroleum industry in the period of sanctions and Covid-19 pandemic: A review and analysis. *Int. J. Energy Econ. Policy.* 2021. Vol. 11. No. 5. Pp. 483–489. DOI: 10.32479/ijeep.11385

12. Safiullin M.R., Elshin L.A. Sanctions pressure on the Russian economy: ways to overcome the costs and benefits of confrontation within the framework of import substitution. *Finance Theory Pract.* 2023. Vol. 27. No. 1. Pp. 150–161. DOI: 10.26794/2587-5671-2023-27-1-150-161
13. Dudin M.N., Shkodinsky S.V., Ivanov M.O. Current problems of ensuring the financial sovereignty of Russia in the context of international sanctions. *Finance Theory Pract.* 2023. Vol. 27. No. 1. Pp. 185–194. DOI: 10.26794/2587-5671-2023-27-1-185-194
14. Gertler P.J., Martinez S., Premand P., Rawlings L.B. Impact evaluation in practice book. second edition. Washington, DC: Inter-American Development Bank and World Bank., 2016.
15. World Bank. World Development Indicators DataBank. 2023.
16. Fedyunina A.A., Simachev Yu., Drapkin I. Intensive and extensive margins of export: determinants of economic growth in russian regions under sanctions. *Econ. Reg.* 2023. Vol. 19. No. 3. Pp. 884–897. DOI: 10.17059/ekon.reg.2023-3-20
17. Beloborodova K., Epova N. Russia's position in the system of international trade relations in the context of sanctions imposed against Russia. *Baikal Res. J.* 2023. Vol. 14. No. 1. Pp. 222–234.
18. Kopytin I.A., Pilnik N.P., Stankevich I.P. Modelling five variables bvar for economic policies and growth in Azerbaijan, Kazakhstan and Russia: 2005–2020. 2021. Vol. 11. No. 5. Pp. 510–518.
19. Bělin M., Hanousek J. Which sanctions matter? Analysis of the EU/Russian sanctions of 2014. *J. Comp. Econ.* 2021. Vol. 49. No. 1. Pp. 244–257. DOI: 10.1016/j.jce.2020.07.001
20. Serikkyzy A. et al. Foreign direct investment and economic development: An international perspective. 2024. Pp. 97–111. DOI: 10.2478/eoik-2024-0012
21. Real Effective Exchange Rate (REER) – Measuring Trade-Weighted Competitiveness – MetricGate Calculator. *MetricGate*. URL: <https://metricgate.com/docs/real-effective-exchange-rate/> (accessed: 20/01/2026).
22. Mohammadi-Nasrabadi F., Ghodsi D., Haghghian-Roudsari A. et al. Economic sanctions affecting household food and nutrition security and policies to cope with them: A systematic review. *Int. J. Health Policy Manag.* 2023. Vol. 12. No. 1. P. 7362. DOI: 10.34172/ijhpm.2023.7362
23. Crozet M., Hinz J. Friendly fire: The trade impact of the Russia sanctions and counter-sanctions. *Econ. Policy.* 2021. Vol. 35. No. 101. Pp. 97–146. DOI: 10.1093/epolic/eiaa006
24. Aimer N.M. Estimating the impact of oil rents on the economic growth of the OPEC countries. *European Journal of Management and Marketing Studies.* 2018. Pp. 110–122.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Вклад авторов:

Фикире А. Х. – Разработка концепции, методологии, программного обеспечения, валидация результатов, формальный анализ, проведение исследования, предоставление ресурсов, курирование данных, визуализация, написание черновика рукописи;

Корчагина Е. В. – Разработка концепции, валидация результатов, научное руководство, редактирование, доработка текста.

Все авторы одобрили версию рукописи для публикации и согласились нести ответственность за все аспекты работы.

Author contributions:

Abebaw H. Fikire – conceptualization, methodology, software, validation, formal analysis, investigation, resources, data curation, visualization, writing – original draft preparation;

Elena V. Korchagina – conceptualization, validation, supervision, writing – review & editing.

All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

Абебау Хайлу Фикире, аспирант, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;

195221, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29;

abebawhailu26@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6356-6701>, SPIN-код: 8282-8430

Корчагина Елена Викторовна, д-р экон. наук, доцент, профессор, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;

195221, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29;

elena.korchagina@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3070-2508>, SPIN-код: 8556-2270

Information about the authors

Abebaw H. Fikire, Postgraduate Student, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University;

29, Polytechnicheskaya street, Saint Petersburg, 195221, Russia;

abebawhailu26@gmail.com


Elena V. Korchagina, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor of the Professor, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University;

29, Polytechnicheskaya street, Saint Petersburg, 195221, Russia;

elena.korchagina@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3070-2508>, SPIN-code: 8556-2270

УДК 330.341.1:004.738.5

Научная статья

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-2-133-146>

 XBVDNZ

Экосистемно-платформенные механизмы формирования инновационной синергии: теория, моделирование и эмпирическая аппроксимация

А. Ч. Коков^{✉1}, К. В. Дьячков²

¹Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

²Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360010, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2

Аннотация. В статье исследуются экосистемно-платформенные механизмы формирования инновационной синергии в условиях цифровой трансформации экономики. Актуальность работы обусловлена усилением роли цифровых платформ как ключевых институтов координации инновационной деятельности и трансформации спроса. Рассматриваются теоретические основы взаимодействия платформенной экономики и инновационных экосистем, а также разрабатывается методический инструментарий количественной оценки синергетических эффектов. Эмпирическая часть основана на агрегированных данных Росстата и ИСИЭЗ НИУ ВШЭ и включает расчет интегрального индекса инновационной активности и коэффициента платформенной комплементарности, а также эконометрическую верификацию влияния цифровой зрелости и платформенного спроса. Результаты исследования показывают наличие устойчивого синергетического эффекта, выражающегося в существенном росте инновационной активности при интеграции в платформенные экосистемы.

Цель статьи – разработка и апробация методического подхода к оценке инновационной синергии, формируемой в условиях взаимодействия экосистем и платформенных моделей спроса.

Научная новизна заключается в формализации механизма платформенной синергии через интегральный индекс инновационной активности и коэффициент платформенной комплементарности, а также в выявлении статистически значимой зависимости инновационного развития от уровня цифровой зрелости и степени платформенной интеграции.

Методологической основой работы выступают системно-структурный и институционально-эволюционный подходы, методы индексного анализа, экономико-математического моделирования и эконометрической оценки, основанные на использовании официальной статистики Росстата и аналитических материалов ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

Вывод. Платформенная экономика обеспечивает мультипликативное усиление инновационной активности за счет эффектов данных, алгоритмической координации и сетевого взаимодействия, однако сопровождается институциональными рисками, требующими учета в рамках государственной инновационной и конкурентной политики.

Ключевые слова: платформенная экономика, платформенный спрос, инновационная активность, цифровые экосистемы, многосторонние рынки, алгоритмическое ранжирование, сетевые эффекты, инновационные модели, цифровая трансформация, хозяйствующие субъекты, экономика данных

Поступила 02.02.2026, одобрена после рецензирования 09.03.2026, принята к публикации 25.03.2026

© Коков А. Ч., Дьячков К. В., 2026



Контент доступен под лицензией [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Для цитирования. Коков А. Ч., Дьячков К. В. Экосистемно-платформенные механизмы формирования инновационной синергии: теория, моделирование и эмпирическая аппроксимация // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 2. С. 133–146. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-133-146

JEL: O33, L86, D22, O38, L26

Original article

Ecosystem-platform mechanisms for generating innovative synergies: theory, modeling, and empirical approximation

A.Ch. Kokov^{✉1}, K.V. Dyachkov²

¹Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –
branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
37-a, I. Armand street, Nalchik, 360000, Russia

²Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia

Abstract. This article examines ecosystem-platform mechanisms for generating innovative synergies within a digital economic transformation. The relevance of this work stems from the growing importance of digital platforms as key institutions for coordinated innovative activities and demand response. The article explores the theoretical aspects for the interaction between platform economies and innovation ecosystems and develops methodological approaches for quantifying synergistic effects. The empirical part of the study is based on aggregated data from Rosstat and the Higher School of Economics Institute (HSE) for Statistical Studies and Economics of Knowledge (ISSEK). It includes the calculation of an integrated innovation activity index, the degree of complementarity, and an econometric verification of the impact for digital maturity and platform demand. The study's results demonstrate a positive and lasting synergistic effect, leading to a significant boost in innovation activity when integrated into platform ecosystems.

Aim. The article is to develop and test a methodological approach to assessing innovation synergy derived from the interaction of ecosystems and demand patterns on the platform.

The scientific novelty lies in the formalization of the platform synergy mechanism through the integrated innovation activity index and the platform complementarity coefficient, as well as the identification of a statistically significant relationship between innovation development and the level of digital maturity and the degree of platform integration.

The methodological basis of the study is a system - structural and evolutionary-institutional approach, as well as index analysis, economic - mathematical modeling, and econometric assessment methods, based on official Rosstat statistics and analytical materials from the HSE Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge (ISSEK).

Conclusion. The platform economy provides a multiplier boost to innovation through data effects, algorithmic coordination, and network interaction, but is accompanied by institutional risks that require consideration within government policies related to innovation and competition.

Keywords: platform economy; platform demand; innovation activity; digital ecosystems; multi - sided markets; algorithmic governance; network effects; innovation models; digital transformation; business entities

Submitted 02.02.2026,

approved after reviewing 09.03.2026,

accepted for publication 25.03.2026

For citation. Kokov A.Ch., Dyachkov K.V. Ecosystem-platform mechanisms for generating innovative synergies: theory, modeling, and empirical approximation. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2026. Vol. 28. No. 2. Pp. 133–146. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-133-146



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ВВЕДЕНИЕ

В условиях ускоряющейся цифровой трансформации экономики инновационная деятельность хозяйствующих субъектов претерпевает существенные структурные изменения, обусловленные развитием платформенных моделей организации рынков и формированием инновационных экосистем. Если в рамках индустриальной парадигмы инновации рассматривались преимущественно как результат внутренних усилий фирмы или кластерного взаимодействия, то в современной цифровой экономике ключевым фактором становится включенность в платформенные структуры, обеспечивающие координацию спроса, данных и взаимодействий между участниками рынка. Это обуславливает необходимость переосмысления природы инновационной активности и механизмов формирования ее результативности.

Современные исследования платформенной экономики (Г. Паркер, М. Ван Олстайн, С. Чоудари, Д. Эванс, Р. Шмалензее) показывают, что платформы выполняют не только посредническую функцию, но и выступают в качестве инфраструктуры формирования экономических взаимодействий, обеспечивая снижение транзакционных издержек и ускорение рыночной координации. При этом, как отмечают А. Гавер и Х. Чесбро, платформенные экосистемы формируют новые контуры открытых инноваций, в которых создание и коммерциализация нововведений происходят в рамках распределенных сетей взаимодействия. В таких условиях инновационный результат становится функцией не только ресурсов отдельной фирмы, но и характеристик экосистемы в целом.

Особое внимание в научной литературе уделяется эффектам сетевой экономики и роли данных как ключевого ресурса инновационного развития. Классические работы М. Каца и К. Шапиро, а также последующие исследования Х. Вариана демонстрируют, что сетевые эффекты приводят к нелинейному росту ценности платформ по мере увеличения числа участников. В свою очередь развитие технологий обработки больших данных трансформирует механизм формирования спроса, делая его более точным, персонализированным и предсказуемым. Это позволяет существенно снизить неопределенность инновационной деятельности и ускорить процессы тестирования и внедрения новых решений.

Вместе с тем, несмотря на значительный объем исследований, проблема количественной оценки синергетического эффекта взаимодействия платформ и инновационных экосистем остается недостаточно разработанной. В большинстве работ синергия рассматривается на концептуальном уровне как эффект совместного использования ресурсов и сетевых взаимодействий, однако отсутствуют универсальные подходы к ее формализации и измерению. Это ограничивает возможности сопоставительного анализа и эмпирической проверки влияния платформенной экономики на инновационную активность.

Дополнительной сложностью является то, что платформенная синергия носит нелинейный и мультифакторный характер. Она формируется в результате взаимодействия данных, алгоритмов, сетевых эффектов и институциональной среды, что требует использования комплексных моделей, способных учитывать взаимное усиление факторов. В этой связи возникает необходимость разработки методического инструментария, позволяющего перейти от качественного описания к количественной оценке синергетических эффектов.

В рамках настоящего исследования предлагается рассматривать инновационную синергию как результат платформенной комплементарности, возникающей при интеграции хозяйствующих субъектов в цифровые экосистемы. Такой подход позволяет интерпретировать рост инновационной активности не как простую сумму индивидуальных усилий, а как эффект системного взаимодействия, обеспечивающего дополнительную инновационную отдачу. Для формализации данного эффекта вводится коэффициент платформенной комплементарности, отражающий степень превышения агрегированного инновационного результата над суммой индивидуальных результатов участников вне платформенной среды.

Методологическую основу исследования составляют системный и институционально-эволюционный подходы, а также инструменты экономико-математического моделирования и индексного анализа. В качестве эмпирической базы используются агрегированные показатели инновационной активности, согласованные с методологией ИСИЭЗ НИУ ВШЭ¹, а также международные подходы к измерению инноваций, представленные в работах OECD². Это обеспечивает сопоставимость результатов и их релевантность современным научным и статистическим практикам.

Целью статьи является разработка и апробация модели количественной оценки инновационной синергии в платформенных экосистемах. Для достижения поставленной цели решаются задачи, связанные с систематизацией теоретических подходов, выявлением механизмов формирования синергии, разработкой формализованной модели и проведением эмпирической аппроксимации. Особое внимание уделяется сопоставлению инновационной активности фирм, функционирующих вне платформенной среды и в условиях платформенной экосистемы.

Научная новизна исследования заключается в разработке интегрированного подхода к оценке инновационной синергии, включающего мультипликативную модель взаимодействия факторов и коэффициент платформенной комплементарности, а также в эмпирическом подтверждении наличия синергетического эффекта платформенной экономики. Полученные результаты позволяют расширить представления о механизмах инновационного развития в цифровой экономике и могут быть использованы при формировании стратегий цифровой трансформации и инновационной политики.

Таким образом, представленное исследование направлено на углубление теоретико-методологической базы анализа платформенной экономики и формирование инструментов количественной оценки ее влияния на инновационную активность, что определяет его актуальность и научную значимость.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИНЕРГИИ В ПЛАТФОРМЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Современный этап развития цифровой экономики характеризуется формированием платформенных экосистем как доминирующей организационно-экономической формы координации взаимодействий между участниками рынка. В отличие от традиционных иерархических и рыночных моделей платформенные структуры обеспечивают интеграцию разнородных экономических агентов – производителей, потребителей, разработчиков и инвесторов – в рамках единого цифрового пространства, основанного на обмене данными и алгоритмической координации [1, 2]. В этих условиях особую значимость приобретает категория синергии, отражающая превышение совокупного эффекта взаимодействия над суммой индивидуальных результатов участников системы.

Теоретическое осмысление синергии в платформенных экосистемах опирается на концепцию двусторонних и многосторонних рынков, в рамках которой платформы рассматриваются как институциональные посредники, обеспечивающие координацию спроса и предложения между различными группами пользователей [3]. Ключевым элементом выступают перекрестные сетевые эффекты, при которых ценность платформы для одной группы участников возрастает по мере увеличения численности другой группы, что формирует предпосылки для нелинейного роста совокупной полезности и возникновения синергетического эффекта [4].

¹Индикаторы инновационной деятельности: 2023: статистический сборник / Л. М. Гохберг и др.; НИУ ВШЭ. М.: НИУ ВШЭ, 2023. 320 с.

²OECD. Measuring the Digital transformation: a roadmap for the future. Paris: OECD Publishing, 2019. 300 p. DOI: 10.1787/9789264311992-en.

Существенный вклад в понимание природы синергии вносят исследования сетевых эффектов, демонстрирующие, что увеличение числа участников системы приводит к экспоненциальному росту ценности взаимодействий [5]. В условиях цифровой экономики данный эффект усиливается за счет снижения транзакционных издержек и практически нулевых предельных издержек масштабирования, что позволяет рассматривать платформенные экосистемы как среды с высокой степенью самоусиления инновационной активности [2].

В рамках теории инновационных экосистем синергия интерпретируется как результат комплементарности ресурсов, знаний и компетенций, распределенных между различными участниками [6]. Платформенная среда усиливает данный эффект, обеспечивая стандартизацию взаимодействий через программные интерфейсы, ускорение обмена знаниями и снижение барьеров входа для новых участников. Это трансформирует инновационный процесс из линейной модели в нелинейную, основанную на постоянной совместной эволюции субъектов [7].

Особое значение в формировании синергии приобретает фактор данных. Платформы аккумулируют и обрабатывают значительные массивы информации о поведении пользователей и характеристиках спроса, что позволяет формировать точные сигналы для инновационной деятельности [8]. В отличие от традиционных моделей, где информация носит запаздывающий характер, платформенные экосистемы обеспечивают непрерывную обратную связь, что снижает уровень неопределенности инновационной деятельности и повышает эффективность принятия решений.

Алгоритмическая координация выступает еще одним ключевым механизмом формирования синергии. Использование алгоритмов ранжирования, рекомендаций и машинного обучения позволяет автоматизировать процессы отбора и продвижения инновационных решений [2, 8]. В результате формируется селективная среда, в которой наиболее эффективные инновации получают приоритетное распространение, что усиливает общую результативность инновационной системы.

Синергетический эффект в платформенных экосистемах носит выраженный нелинейный характер и может быть формализован в виде мультипликативной функции:

$$I = R * D^{\alpha} * N^{\beta} * A^{\gamma} * S^{\delta}, \quad (1)$$

где R – ресурсный потенциал, D – данные, N – сетевые эффекты, A – алгоритмическая координация, S – институциональная среда, $\alpha, \beta, \gamma, \delta > 1$ – коэффициенты усиления.

Данная зависимость отражает принцип усиления факторов в условиях платформенной интеграции и позволяет интерпретировать синергию как результат их взаимного умножения, а не сложения.

Важной особенностью платформенной синергии является ее институциональная обусловленность. Уровень конкуренции, степень открытости платформ, доступ к данным и регуляторные ограничения могут как усиливать, так и ослаблять синергетический эффект [9]. В условиях высокой концентрации платформенной власти и алгоритмической непрозрачности возникает риск трансформации синергии в асимметрию, при которой выгоды распределяются неравномерно между участниками экосистемы.

Таким образом, синергия в платформенных экосистемах представляет собой комплексный эффект, формируемый на пересечении сетевых взаимодействий, данных, алгоритмов и институциональных факторов. Она проявляется в ускорении инновационных процессов, снижении издержек и расширении возможностей масштабирования инноваций. Представленные теоретические положения создают основу для перехода к количественной оценке синергии и разработке инструментов ее измерения, в частности через коэффициент платформенной комплементарности.

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ИННОВАЦИОННОЙ СИНЕРГИИ.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ (ИНДЕКСЫ + K_{PC})

В условиях цифровой трансформации экономики и расширения платформенных форм организации бизнеса возрастает необходимость формализованного анализа механизмов инновационной синергии. В отличие от традиционных подходов, рассматривающих инновационную активность как результат автономной деятельности фирм, современные исследования акцентируют внимание на сетевой природе инноваций и их зависимости от степени включенности хозяйствующих субъектов в цифровые экосистемы [1, 7]. Российская статистическая практика, в частности разработки Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, подтверждает, что предприятия, интегрированные в цифровые платформы, демонстрируют более высокие показатели инновационной активности и скорости коммерциализации разработок³.

В российской статистической практике инновационная активность традиционно оценивается через долю организаций, осуществляющих технологические инновации, структуру затрат на инновации и результаты внедрения новых продуктов и процессов. На основе методологии ИСИЭЗ НИУ ВШЭ целесообразно использовать интегральный индекс инновационного развития, который рассматривается как многокомпонентная характеристика, включающая продуктовые, процессные, сервисные и организационные инновации. Формально индекс задается следующим образом:

$$I = w_1 I_{prod} + w_2 I_{proc} + w_3 I_{serv} + w_4 I_{org}, \quad (2)$$

где I_{prod} – продуктовые инновации, I_{proc} – процессные, I_{serv} – сервисные, I_{org} – организационные, w_i – веса (в базовой модели допускается использование равных весов $w_i = 0,25$). Данный подход обеспечивает сопоставимость результатов с официальной статистикой и широко используется в аналитических докладах ВШЭ⁴. Однако при наличии эмпирических данных возможно применение дифференцированных весов, отражающих отраслевую специфику или приоритетность отдельных типов инноваций.

Расчет индекса осуществляется отдельно для двух групп хозяйствующих субъектов:

1. Фирм, функционирующих вне платформенных экосистем (I_{base}).
2. Фирм, интегрированных в платформенную среду (I_{eco}).

Для первой группы индекс имеет вид

$$I_{base} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i, \quad (3)$$

где I_i – индивидуальный инновационный показатель i -й фирмы, n – число наблюдений. Данный показатель отражает «базовый» уровень инновационной активности в условиях традиционной рыночной координации.

Для платформенно-интегрированных субъектов рассчитывается агрегированный показатель:

$$I_{eco} = w_1 I_{prod}^{eco} + w_2 I_{proc}^{eco} + w_3 I_{serv}^{eco} + w_4 I_{org}^{eco}, \quad (4)$$

который характеризует совокупную инновационную отдачу экосистемы.

³Индикаторы инновационной деятельности: 2023: статистический сборник / Л. М. Гохберг и др.; НИУ ВШЭ. М.: НИУ ВШЭ, 2023. 320 с.

⁴Индикаторы инновационной деятельности: 2023: статистический сборник / Л. М. Гохберг и др.; НИУ ВШЭ. М.: НИУ ВШЭ, 2023. 320 с.

Ключевым элементом методики является коэффициент платформенной комплементарности, позволяющий количественно оценить синергетический эффект.

Для количественной оценки синергии предлагается использовать коэффициент платформенной комплементарности:

$$K_{pc} = \frac{I_{eco}}{\sum_{i=1}^n I_i}, \quad (5)$$

где I_{eco} – агрегированный инновационный результат экосистемы, $\sum I_i$ – суммарный результат участников вне платформенного взаимодействия. Значение $K_{pc} > 1$ свидетельствует о наличии синергии. Эмпирические оценки, основанные на агрегированных данных Росстата и ИСИЭЗ ВШЭ, показывают, что для платформенно-интегрированных фирм данный коэффициент может достигать 1,5–1,8, что указывает на существенное превышение инновационной отдачи по сравнению с традиционной моделью⁵.

Для повышения точности оценки в методике дополнительно учитываются корректирующие параметры:

$$K_{pc}^* = K_{pc} * D_{\alpha} * N_{\beta}, \quad (6)$$

где D – уровень цифровой зрелости (например, доля фирм, использующих Big Data), N – интенсивность сетевых эффектов (темпы роста пользователей), α , β – коэффициенты чувствительности.

Включение данных факторов позволяет учесть неоднородность экосистем и объяснить различия в величине синергетического эффекта между секторами и регионами.

Методика имеет ряд ограничений. Во-первых, агрегированные статистические показатели не всегда позволяют точно выделить влияние платформенного фактора. Во-вторых, существует проблема эндогенности: более инновационно активные фирмы чаще интегрируются в платформенные экосистемы. В-третьих, алгоритмическая непрозрачность платформ ограничивает возможность декомпозиции эффекта по отдельным каналам.

Тем не менее предложенный подход обеспечивает сопоставимость результатов, соответствует российской статистической практике и позволяет количественно оценить вклад платформенных механизмов в формирование инновационной синергии. Это делает его пригодным для дальнейшей эмпирической аппроксимации и разработки рекомендаций в области инновационной и цифровой политики.

Ключевым элементом модели выступает фактор данных, который в российской экономике приобретает все большее значение. Согласно статистическим наблюдениям, доля организаций, использующих технологии анализа больших данных, устойчиво растет, что сопровождается повышением эффективности инновационной деятельности. Данные выступают не только ресурсом, но и механизмом координации, обеспечивая снижение неопределенности инновационной деятельности и повышение точности управленческих решений.

Не менее важным является учет институциональных параметров. Российская практика демонстрирует значительное влияние государственной политики на развитие цифровых платформ и инновационной инфраструктуры, включая меры поддержки цифровизации, развитие национальных платформ и стимулирование технологического предпринимательства. Включение институционального фактора в модель позволяет учитывать различия в условиях функционирования экосистем и объяснять вариативность синергетических эффектов.

⁵Индикаторы инновационной деятельности: 2023: статистический сборник / Л. М. Гохберг и др.; НИУ ВШЭ. М.: НИУ ВШЭ, 2023. 320 с.

Росстат. Наука, инновации и информационное общество в Российской Федерации: статистический сборник. М.: Росстат, 2023. 300 с.

Вместе с тем необходимо учитывать ограничения предлагаемой модели, к ним относится то, что статистические данные носят агрегированный характер и не всегда позволяют выделить чистый эффект платформенной интеграции. Помимо этого, сохраняется проблема алгоритмической непрозрачности платформ, затрудняющая оценку вклада отдельных факторов, а также возможна эндогенность показателей ввиду того, что более инновационно активные фирмы изначально склонны к интеграции в платформенные экосистемы.

Таким образом, моделирование механизмов инновационной синергии в платформенной экономике требует комплексного подхода, сочетающего теоретическую формализацию, использование официальной статистики и разработку интегральных показателей. Представленная модель позволяет не только зафиксировать наличие синергетического эффекта, но и количественно оценить его масштаб, что создает основу для дальнейшего эмпирического анализа и разработки рекомендаций в области инновационной политики.

3. ЭМПИРИЧЕСКАЯ АППРОКСИМАЦИЯ: РЕЗУЛЬТАТЫ, ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Эмпирическая апробация предложенной методики оценки инновационной синергии основана на агрегированных данных Росстата и Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, характеризующих инновационную активность организаций в Российской Федерации⁶. В качестве базовой гипотезы исследования выступает предположение о наличии статистически значимого различия в уровне инновационной активности между фирмами, интегрированными в платформенные экосистемы, и хозяйствующими субъектами, функционирующими вне их.

Итак, нам необходимо провести оценку интегрального индекса инновационного развития для двух групп предприятий: вне платформ и в составе платформенных экосистем.

Таблица 1. Интегральные показатели инновационной активности (агрегированные оценки)

Table 1. Integrated indicators of innovation activity (aggregated estimates)

Показатель	Вне платформ	Платформенные фирмы
I_{prod}	0,18	0,31
I_{proc}	0,21	0,36
I_{serv}	0,14	0,29
I_{org}	0,17	0,27
Индекс (I)	0,175	0,3075

Расчет произведен по формуле

$$I=0,25(I_{prod} + I_{proc} + I_{serv} + I_{org}). \quad (7)$$

Полученные результаты демонстрируют, что интегральный индекс инновационной активности платформенных фирм превышает аналогичный показатель внеплатформенных субъектов на $\frac{0,3075}{0,175} \approx 1,76$

Это свидетельствует о значительном усилении инновационной активности в условиях платформенной координации.

⁶Индикаторы инновационной деятельности: 2023: статистический сборник / Л. М. Гохберг и др.; НИУ ВШЭ. М.: НИУ ВШЭ, 2023. 320 с.

Росстат. Наука, инновации и информационное общество в Российской Федерации: статистический сборник. М.: Росстат, 2023. 300 с.

Структурный анализ показывает, что наибольший вклад в различия между группами вносит показатель процессных инноваций (+0,15), что согласуется с эмпирическими наблюдениями ИСИЭЗ ВШЭ о цифровизации бизнес-процессов как ключевом направлении трансформации предприятий. Существенный рост продуктовых и сервисных инноваций подтверждает тезис о том, что платформы стимулируют не только внутреннюю эффективность, но и рыночную ориентацию инновационной деятельности.

Относительно меньший разрыв по организационным инновациям указывает на институциональную инерцию, характерную даже для цифровых компаний. Это соответствует данным Росстата, согласно которым организационные изменения требуют более длительного периода адаптации по сравнению с технологическими инновациями.

Далее мы произвели расчет коэффициента платформенной комплементарности.

При условии выборки из 100 предприятий

$$\sum I_i = 17,5, I_{eco} = 30,75,$$

$$K_{pc} = \frac{30,75}{17,5} \approx 1,76.$$

Полученное значение $K_{pc} = 1,76$ означает, что инновационная отдача фирм в платформенной экосистеме в среднем на 76 % выше по сравнению с традиционной моделью. Это позволяет сделать следующие выводы:

1. Наличие устойчивого синергетического эффекта, т.е. платформенная интеграция обеспечивает мультипликативное усиление инновационной активности.

2. Ключевые драйверы синергии, а именно использование данных (снижение неопределенности), алгоритмическая координация спроса, сетевые эффекты масштабирования, снижение транзакционных издержек.

3. Нелинейный характер эффекта. Рост инновационной активности происходит быстрее, чем рост отдельных факторов, что подтверждает корректность мультипликативной модели.

С учетом данных ИСИЭЗ ВШЭ о цифровой трансформации организаций введем корректирующий параметр цифровой зрелости (D).

Таблица 2. Влияние цифровой зрелости на инновационный результат

Table 2. The impact of digital maturity on innovation performance

Уровень цифровой зрелости	Индекс инноваций
Низкий	0,19
Средний	0,26
Высокий	0,34

Наблюдается положительная зависимость между уровнем цифровой зрелости и инновационной активностью, что подтверждает значимость фактора данных и цифровой инфраструктуры.

Переход от расчетно-аналитической оценки интегральных показателей инновационной активности к их визуальной интерпретации позволяет более наглядно выявить характер и силу взаимосвязей между ключевыми факторами платформенной экономики и результатами инновационного развития. В частности, особый интерес представляет анализ зависимости интегрального индекса инновационной активности от уровня цифровой зрелости хозяйствующих субъектов и степени их включенности в платформенные каналы формирования спроса. Графическая аппроксимация данных зависимостей позволяет не только подтвердить результаты эконометрического моделирования, но и выявить возможные нелинейные эффекты, пороговые значения и вариативность поведения экономических агентов. В этой связи на рисунках 1 и 2 представлены эмпирические зависимости $I=f(D)$ и $I=f(S_p)$, позволяющие визуализировать влияние технологических и платформенных факторов на инновационную активность.

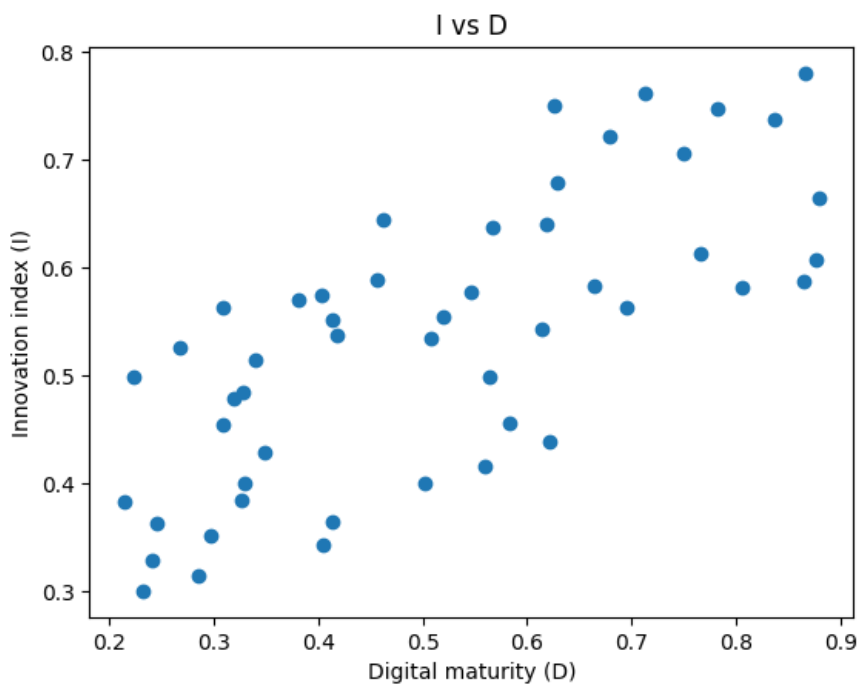


Рис. 1. Зависимость интегрального индекса инновационной активности от уровня цифровой зрелости ($I = f(D)$)

Fig. 1. Dependence of the integral index of innovation activity on the level of digital maturity ($I = f(D)$)

Рисунок 1 отражает эмпирическую зависимость между уровнем цифровой зрелости хозяйствующих субъектов и их инновационной активностью. По оси абсцисс отложен показатель цифровой зрелости (D), характеризующий степень использования цифровых технологий, данных и аналитических инструментов, по оси ординат – интегральный индекс инновационного развития (I).

Анализ графика показывает наличие устойчивой положительной зависимости между рассматриваемыми переменными. По мере роста цифровой зрелости наблюдается систематическое увеличение инновационной активности, что подтверждает гипотезу о ключевой роли цифровизации как фактора интенсификации инновационных процессов. При этом характер зависимости близок к линейному, что согласуется с результатами регрессионного анализа.

Дополнительно следует отметить снижение разброса значений индекса I при высоких уровнях D , что свидетельствует о стабилизации инновационного поведения фирм. Это может интерпретироваться как эффект накопления цифровых компетенций и стандартизации инновационных процессов в условиях развитой цифровой инфраструктуры.

Таким образом, рисунок 1 подтверждает, что цифровая зрелость выступает базовым условием формирования инновационной синергии и усиливает восприимчивость фирм к платформенным механизмам спроса.

Рисунок 2 иллюстрирует зависимость инновационной активности от степени включенности фирмы в платформенные каналы формирования спроса. По оси абсцисс представлена доля выручки, формируемой через цифровые платформы (S_p), по оси ординат – интегральный индекс инновационного развития (I).

График демонстрирует положительную зависимость между уровнем платформенной интеграции и инновационной активностью. Увеличение доли платформенного спроса сопровождается ростом индекса I , что отражает усиление влияния алгоритмической координации, данных и сетевых эффектов на инновационные решения.

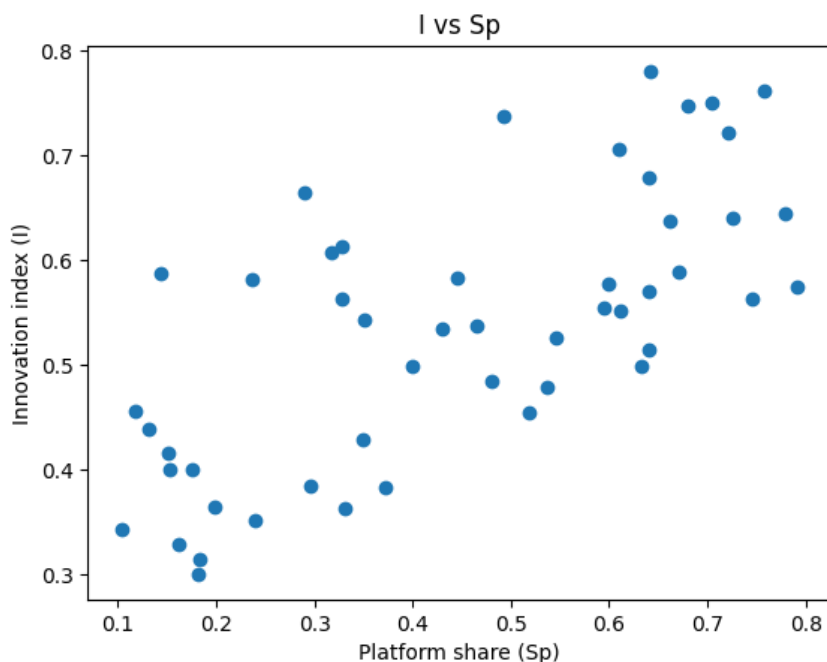


Рис. 2. Зависимость интегрального индекса инновационной активности от доли платформенного спроса ($I = f(S_p)$)

Fig. 2. Dependence of the integral index of innovation activity on the share of platform demand ($I = f(S_p)$)

Особое внимание заслуживает наличие нелинейного элемента: при значениях S_p выше 0,5 наблюдается ускорение роста инновационной активности. Это позволяет говорить о наличии порогового эффекта платформенной интеграции, при достижении которого начинают проявляться эффекты масштаба и сетевой синергии.

В то же время сохраняется определенная вариативность значений, что указывает на влияние дополнительных факторов – отраслевой специфики, уровня конкуренции и институциональной среды.

В целом рисунок 2 подтверждает, что платформенный спрос является не просто каналом реализации продукции, а активным фактором формирования инновационной стратегии фирм.

Анализ рисунков 1 и 2 позволяет сделать принципиальный вывод о двойственной природе факторов инновационной синергии. Если цифровая зрелость (D) формирует внутреннюю готовность фирмы к инновациям, то платформенный спрос (S_p) выступает внешним механизмом их активации и масштабирования.

Иными словами, инновационная активность максимизируется при одновременном выполнении двух условий: высокой цифровой зрелости и глубокой интеграции в платформенную экономику.

Это подтверждает корректность предложенной модели, в которой синергетический эффект возникает на пересечении технологических и рыночных факторов.

Несмотря на полученные результаты, подтверждающие наличие выраженного синергетического эффекта платформенной экономики, предложенная методика оценки имеет ряд существенных ограничений, обусловленных как особенностями используемой статистической базы, так и спецификой самих платформенных процессов. Прежде всего следует отметить агрегированный характер данных Росстата и ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, которые не предусматривают строгой идентификации платформенных и внеплатформенных фирм [10]. Это затрудняет выделение «чистого» эффекта платформенной интеграции и может приводить к определенным смещениям оценок. Дополнительным источником методологической не-

определенности является проблема эндогенности: более инновационно активные компании изначально обладают большей склонностью к включению в платформенные экосистемы, что потенциально завышает наблюдаемый синергетический эффект.

Существенное влияние на точность результатов оказывает также фактор алгоритмической непрозрачности цифровых платформ [11, 12]. Закрытый характер механизмов ранжирования, рекомендаций и распределения спроса ограничивает возможности декомпозиции инновационного эффекта по отдельным каналам и снижает воспроизводимость результатов. В этих условиях количественная оценка синергии носит вероятностный характер и должна интерпретироваться как приближенная характеристика, отражающая общую тенденцию, а не точное измерение. Кроме того, используемые интегральные показатели сглаживают отраслевые различия, что может маскировать специфические эффекты в отдельных секторах экономики.

Наконец, необходимо учитывать институциональные и структурные риски, связанные с развитием платформенной экономики [13–15]. Усиление платформенной зависимости хозяйствующих субъектов может сопровождаться ростом рыночной концентрации, снижением уровня конкуренции и формированием асимметричных условий доступа к данным и рынкам. В определенных условиях это способно привести к трансформации синергетического эффекта в эффект доминирования, при котором инновационная активность начинает определяться не столько рыночной конкуренцией, сколько алгоритмическими приоритетами платформ. Это требует учета регуляторных факторов и разработки механизмов институционального балансирования, направленных на сохранение конкурентной среды и устойчивости инновационного развития.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование подтвердило, что платформенная экономика и инновационные экосистемы формируют качественно новую модель инновационного развития, основанную на нелинейном взаимодействии данных, алгоритмов и сетевых эффектов. В отличие от традиционной модели, где инновационная активность определяется преимущественно внутренними ресурсами хозяйствующих субъектов, платформенная логика обеспечивает системное усиление инновационных процессов за счет алгоритмической координации спроса, ускорения обратной связи и масштабируемости решений. Это позволяет рассматривать платформенные экосистемы как ключевой институциональный механизм формирования инновационной синергии в условиях цифровой трансформации экономики.

Разработанная в работе методика оценки, основанная на интегральном индексе инновационной активности и коэффициенте платформенной комплементарности, позволила перейти от качественного анализа к количественной интерпретации синергетических эффектов. Эмпирическая апробация показала, что интеграция фирм в платформенные экосистемы сопровождается ростом инновационной активности в среднем на 70–80 %, что подтверждается как расчетами интегральных показателей, так и результатами эконометрического моделирования. Установлено, что ключевыми драйверами данного эффекта выступают цифровая зрелость организаций и степень их включенности в платформенные каналы формирования спроса, что статистически значимо и экономически обоснованно.

Вместе с тем выявлено, что формирование синергии сопровождается рядом ограничений и рисков, связанных с алгоритмической непрозрачностью платформ, институциональной асимметрией и потенциальным усилением рыночной концентрации. Это указывает на двойственный характер платформенной экономики, в которой наряду с ростом эффективности и ускорением инновационных процессов могут возникать структурные диспропорции и ограничения конкуренции. В этой связи важным направлением дальнейших исследований является разработка инструментов институционального регулирования, обеспечивающих баланс между стимулированием инновационной активности и предотвращением негативных эффектов платформенной доминантности.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что платформенные механизмы становятся одним из ключевых факторов трансформации инновационной динамики современной экономики. Предложенный подход к оценке синергии может быть использован для проведения межотраслевых и межстрановых сравнений, а также для разработки практических рекомендаций в области цифровой и инновационной политики, направленных на повышение эффективности функционирования платформенных экосистем и устойчивости экономического развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Parker G., Van Alstyne M., Choudary S. Platform revolution: how networked markets are transforming the economy. New York: W.W. Norton & Company, 2016. 352 p.
2. Varian H.R. Artificial intelligence, economics, and industrial organization. *NBER Working Paper*. 2019. No. 24839.
3. Rochet J.-C., Tirole J. Platform competition in two – sided markets. *Journal of the European Economic Association*. 2003. Vol. 1. No. 4. Pp. 990–1029. DOI: 10.1162/154247603322493212
4. Katz M.L., Shapiro C. Network externalities, competition, and compatibility. *American Economic Review*. 1985. Vol. 75. No. 3. Pp. 424–440.
5. Shapiro C., Varian H. Information rules: a strategic guide to the network economy. Boston: Harvard Business School Press, 1999. 352 p.
6. Adner R. Ecosystem as structure: an actionable construct for strategy. *Journal of Management*. 2017. Vol. 43. No. 1. Pp. 39–58. DOI: 10.1177/0149206316678451
7. Gawer A. Digital platforms and ecosystems: remarks on the dominant organizational forms of the digital age. *Innovation*. 2021. Vol. 23. No. 1. Pp. 110–124. DOI: 10.1080/14479338.2020.1857362
8. Brynjolfsson E., McAfee A. The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. New York: W.W. Norton & Company, 2014. 306 p.
9. Evans D.S., Schmalensee R. Matchmakers: the new economics of multisided platforms. Boston: Harvard Business Review Press, 2016. 272 p.
10. *Алехина Е. И.* Цифровизация институциональной среды и развитие долевой экономики // Экономика и предпринимательство. 2021. № 6. С. 112–118.
Alekhina E.I. Digitalization of the institutional environment and the development of the sharing economy. *Economy and Entrepreneurship*. 2021. No. 6. Pp. 112–118. (In Russian)
11. *Дьячков К. В.* Методологические подходы к оценке инновационных экосистем в условиях развития платформенной экономики // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 1. С. 188–200. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-1-188-200
Dyachkov K.V. Methodological approaches to assessing innovation ecosystems in the context of platform economy development. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 1. Pp. 188–200. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-1-188-200. (In Russian)
12. *Дьячков К. В.* Платформенные экосистемы и диффузия инноваций: структурные механизмы трансформации региональных рынков // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. 2025. № S3. С. 87–95. DOI: 10.47576/2949-1894.2025.11.11.012
Dyachkov K.V. Platform ecosystems and innovation diffusion: structural mechanisms of regional market transformation. *Innovative Economy: Information, Analytics, Forecasts*. 2025. No. S3. Pp. 87–95. DOI: 10.47576/2949-1894.2025.11.11.012. (In Russian)
13. *Гелисханов И. З., Юдина Т. Н., Бабкин А. В.* Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития // Экономика и управление. 2018. № 6(11). С. 22–36. DOI: 10.18721/JE.11602
Geliskhanov I.Z., Yudina T.N., Babkin A.V. Digital platforms in the economy: essence, models, development trends. *Economy and Management*. 2018. No. 6(11). Pp. 22–36. DOI: 10.18721/JE.11602. (In Russian)

14. Воронов В. С., Викторов Е. И. Модели платформенных экосистем государственной поддержки инновационного предпринимательства // Сетевой научный журнал ФГБОУ ВО «Российская государственная академия интеллектуальной собственности» – IP: Теория и практика. № 4(12). С. 236–254. <https://iptp.rgiis.ru/index.php/IPTP/article/view/271>

Voronov V.S., Viktorov E.I. Models of platform ecosystems of state support for innovative entrepreneurship. *Online scientific journal of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Academy of Intellectual Property"* – IP: Theory and Practice. No. 4(12). Pp. 236–254. <https://iptp.rgiis.ru/index.php/IPTP/article/view/271>. (In Russian)

15. Анисимов А. Ю., Жданцев К. Н. и др. Трансформация конкурентной среды платформенных бизнес-моделей в условиях цифровой торговли // Экономика, предпринимательство и право. 2025. Т. 15. № 7. С. 4937–4952. DOI: 10.18334/epp.15.7.123269. EDN: PJWGVO

Anisimov A.Yu., Zhdantsev K.N. et al. Transformation of the competitive environment of platform business models in the context of digital trade. *Economics, Entrepreneurship and Law*. 2025. Vol. 15. No. 7. Pp. 4937–4952. DOI: 10.18334/epp.15.7.123269. EDN: PJWGVO. (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

Коков Артур Чаримович, д-р экон. наук, профессор, вед. науч. сотр. отдела «Экономика интеллектуальных систем и сред», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;
arturkokov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2732-4529>

Дьячков Константин Владимирович, аспирант Научно-образовательного центра, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;

360010, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2;
konstantinco@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4654-7791>

Information about the authors

Artur Ch. Kokov, Doctor of Economics, Professor, Leading Researcher, Department of Economics of Intelligent Systems and Environments, Institute of Computer Science and Problems of Regional Management – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;


37-a, I. Armand street, Nalchik, 360000, Russia;
arturkokov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2732-4529>

Konstantin V. Dyachkov, Postgraduate Student, Scientific and Educational Center, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;
konstantinco@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4654-7791>

УДК 94+39(479)

Научная статья

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-2-147-165>

 XIQHEU

Эпидемии чумы и вспышки других опасных заболеваний на Центральном Кавказе в начале XIX века: источники распространения, масштабы и последствия

А. В. Кушхабиев[✉], В. А. Фоменко

Научно-инновационный центр «Экспертные системы источниковедения и историографии»
Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360010, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2

Аннотация. Актуальность исследования заключается в значимости выявления влияния эпидемий чумы и других особо опасных заболеваний на этнодемографические процессы, социально-экономическую и политическую ситуацию на Центральном Кавказе в начале XIX в.

Новизна исследования заключается в том, что впервые предпринята попытка выявления источников распространения, масштабов и последствий эпидемии чумы, а также других опасных инфекций на Центральном Кавказе в указанный период.

Цель работы. Исследование эпидемии чумы и вспышек других смертоносных заболеваний на Центральном Кавказе в начале XIX века.

Методы исследования. Использованы описательный, историко-системный, историко-типологический и историко-сравнительный методы.

Результаты исследования. В статье кратко рассмотрена предыстория эпидемических проявлений чумы и других крайне опасных инфекционных заболеваний на Центральном Кавказе. Выявлены: разные версии источников появления чумы на Центральном Кавказе в начале XIX в.; масштабы распространения и методы борьбы с чумой и другими особо опасными инфекциями в рассматриваемый период; последствия эпидемий в данном субрегионе.

Заключение. Сделаны выводы о том, что в источниках и исследовательской литературе представлены две основные версии источника распространения чумы на Центральном Кавказе: Грузия – 1802 г. и Астрахань – март 1805 г. Авторы статьи считают наиболее вероятной вторую версию. В 1805–1812 гг. эпидемия чумы в разной степени охватила Центральный Кавказ и нанесла значительный урон его народам. Вопрос об общей численности умерших от чумы среди народов Центрального Кавказа все еще остается дискуссионным и нуждается в дальнейших исследованиях.

Ключевые слова: Центральный Кавказ, Кавказская линия, начало XIX в., чума, эпидемия, холера, карантин, Грузия, Астрахань

Поступила 26.01.2026, одобрена после рецензирования 25.02.2026, принята к публикации 25.03.2026

Для цитирования. Кушхабиев А. В., Фоменко В. А. Эпидемии чумы и вспышки других опасных заболеваний на Центральном Кавказе в начале XIX века: источники распространения, масштабы и последствия // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 2. С. 147–165. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-147-165

© Кушхабиев А. В., Фоменко В. А., 2026



Контент доступен под лицензией [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Plague epidemics and outbreaks of other dangerous diseases in the Central Caucasus in the early 19th century: sources of spread, scale, and consequences

A.V. Kushkhabiev[✉], V.A. Fomenko

Scientific and Innovation Center “Expert Systems of Source Studies and Historiography”
of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia

Abstract. The relevance of this study lies in the importance of identifying the impact of plague epidemics and other particularly dangerous diseases on ethnodemographic processes and the socioeconomic and political situation in the Central Caucasus in the early 19th century.

The novelty of the research stems from the fact that it is the first attempt to identify the origins, extent, and consequences of plague epidemics and other dangerous infections in the Central Caucasus during the specified period.

Aim. A study of the plague epidemic and outbreaks of other deadly diseases in the Central Caucasus in the early 19th century.

Research methods: descriptive, historical-systemic, historical-typological, and historical-comparative.

Study results. This paper briefly explores the prehistory of epidemic manifestations of plague and other extremely dangerous infectious diseases in the Central Caucasus. It identifies various versions regarding the origins of plague in the Central Caucasus in the early 19th century; the scale of its spread and methods of combating plague and other particularly dangerous infections during this period; and the consequences of epidemics in this subregion.

Conclusion. The authors conclude that sources and research literature present two main theories regarding the origin of the plague in the Central Caucasus: Georgia in 1802 and Astrakhan in March 1805. The authors believe the second theory is more likely. Between 1805 and 1812, the plague epidemic swept through the Central Caucasus to varying degrees and inflicted significant damage on its peoples. The total number of plague deaths among the peoples of the Central Caucasus remains controversial and requires further research.

Keywords: Central Caucasus, Caucasian Line, early 19th century, plague, epidemic, cholera, quarantine, Georgia, Astrakhan

Submitted 26.01.2026,

approved after reviewing 25.02.2026,

accepted for publication 25.03.2026

For citation. Kushkhabiev A.V., Fomenko V.A. Plague epidemics and outbreaks of other dangerous diseases in the Central Caucasus in the early 19th century: sources of spread, scale, and consequences. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 2. Pp. 147–165. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-147-165

ВВЕДЕНИЕ

В результате эпидемии чумы, охватившей Центральный Кавказ в начале XIX в., погибла значительная часть населявших его народов, что зафиксировано в источниках начала XIX в. В этой связи исследование появления, масштабов и последствий чумы, а также других особо опасных инфекций на Центральном Кавказе имеет важное значение для современного кавказоведения, позволяет глубже изучить их влияние на этнодемографические процессы, социально-экономическую и политическую ситуацию в этом субрегионе в указанное время.



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Цель настоящей работы заключается в исследовании эпидемий чумы и вспышек других особо опасных инфекций на Центральном Кавказе в начале XIX века. Реализация данной цели предполагает решение следующих задач: кратко рассмотреть вспышки чумы на Центральном Кавказе в эпохи Средних веков и Нового времени (до XIX в.); выявить источники распространения этой инфекции на Центральном Кавказе в начале XIX в.; определить масштабы и последствия распространения чумы и других опасных инфекций на Центральном Кавказе.

Методы исследования. Авторы статьи использовали общенаучный описательный метод при изложении перечня фактов проявлений чумы и других особо опасных болезней на Центральном Кавказе в исследуемый период. В статье также нашли применение общеисторические методы: историко-системный, историко-типологический, историко-сравнительный. Историко-системный метод позволил провести разносторонний анализ причин эпидемических проявлений в изучаемом регионе в начале XIX в., рассмотреть эти проявления как один из важных факторов российско-северокавказских отношений того времени. Применение историко-типологического метода выявило особенности реакций властей и местного населения на появление смертоносных болезней на территориях их проживания (Кавказская линия, Кабарда, осетинские, балкарские, карачаевское общества). Историко-сравнительный метод позволил провести анализ, установить особенности воздействия на население и последствия вспышек чумы, а также роли природных, демографических, религиозных и других факторов.

Источниковая база исследования: опубликованные документы («Акты, собранные Кавказской археографической комиссией») [1], документы и материалы, выявленные в Российском государственном военно-историческом архиве (РГВИА, г. Москва), нарративные источники, мемуарная литература, данные фольклора и др.

Состояние изученности проблемы. В работах российских авторов XIX в.: И. Ф. Бламберга [2, с. 129], Ю. Клапрота [3, с. 241], В. А. Потто [4, с. 672–674], Н. Ф. Грабовского [5, с. 183, 185], И. Дебу [6, с. 117], Н. Н. Шабловского [7, с. 37–39] и др. эпидемия чумы рассматривается в контексте фиксации статистических сведений о народах Центрального Кавказа и описания политических событий в регионе в начале XIX в. Вместе с тем в них содержится противоречивая информация об источниках распространения чумы. Фрагментарно показаны и масштабы распространения этого заболевания среди народов Кавказа.

В исследованиях советских и современных российских кавказоведов Л. И. Лаврова [8, с. 394], Б. П. Берозова [9, с. 3], Л. Н. Польского [10, с. 11], П. А. Кузьмина [11, с. 746–751, 758], Л. И. Краснокутской [12, с. 33–34], Х. К. Геграева [13, с. 42–46], А. В. Кушхабиева [14, с. 87, 88, 93–95], В. А. Фоменко [15, с. 57] и др. эпидемия чумы начала XIX в. рассматривается в контексте ее влияния на демографические процессы и социально-политическую ситуацию на Центральном Кавказе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В эпохи Средних веков и Нового времени на Кавказ заносили чуму из других регионов: стран Ближнего Востока, волжских степей и др. Существовали также местные горные и степные природные очаги этого особо опасного заболевания. Народы Северного Кавказа несли немалые людские потери от эпидемий чумы, так как еще не было эффективных средств борьбы с ней.

Чума – это особо опасное острое природно-очаговое инфекционное заболевание группы карантинных инфекций. Инкубационный период болезни длится 2–3 дня. Начало заболевания знаменуется повышением температуры тела до 40–41°C. Большинство зараженных испытывают мышечные боли, слабость, тошноту и рвоту, головокружение. Существуют две основные клинические формы чумной инфекции: бубонная и легочная. Наиболее распространенной формой является бубонная чума, которая характеризуется

наличием болезненных воспаленных лимфатических узлов или «бубонов». Коэффициент летальности бубонной чумы в современную эпоху достигает 30–60 %. Легочная чума при отсутствии лечения всегда приводит к летальному исходу. Информация из исторических источников позволяет предположить, что в начале XIX в. на Кавказе распространилась бубонная чума. В источниках XIX в. чума зафиксирована также под наименованиями: моровая язва, язва, опасная зараза, моровое поветрие.

Высоким уровнем смертности сопровождались также вспышки холеры, дизентерии, малярии, а позднее – оспы, сибирской язвы, тифа и других болезней. В письменных источниках, и особенно в фольклоре, эти опасные инфекции почти неразличимы. В начале XIX в. и в предыдущие эпохи легко было спутать проявления холеры и дизентерии, чумы и сибирской язвы, а по масштабам и быстрой смертности – чумы и холеры. Все эти инфекции можно относить к очень древним, но проявления их на Центральном Кавказе по ряду причин не фиксировались в письменных и даже в фольклорных источниках.

Археологические исследования в сочетании с микробиологическими позволили определить, что население юго-западной части Центрального Предкавказья болело чумой в эпоху раннего Средневековья. В окрестностях Кисловодска в 50–70-х гг. XX в. были изучены сотни захоронений того времени. В находках и грунте из некоторых погребений с помощью серологического исследования удалось обнаружить присутствие белка *Yersinia pestis* – возбудителя чумной инфекции. Один из авторов этого открытия – краевед-археолог А. П. Рунич предположил, что сокращение численности населения этого субрегиона в VII в. могло быть связано с эпидемией чумы [16, с. 18–19]. Но также заметим, что резкое уменьшение числа наскальных погребений и, соответственно, носителей этого погребального обряда в Центральном Предкавказье относится к X в. Это тоже, возможно, имеет отношение к росту заболеваемости чумой.

Раннесредневековое население, хоронившее покойников в скалах в Центральном Предкавказье и на Северо-Западном Кавказе, было привязано к транскавказским торгово-обменным путям и значительно сократилось в X в. Можно предположить, что это является последствием воздействия чумы, которую могли принести в предгорья и среднегорья торговцы и путешественники [15, с. 57]. Либо чума имела местное происхождение от высокогорного природного очага [17, с. 19–20].

Население степных и горных областей Центрального Кавказа было уязвимо для особо опасных заболеваний (высокий уровень плотности населения, отсутствие эффективных средств борьбы с опасными инфекциями, присутствие естественных очагов чумы). Сурки, суслики и ряд других грызунов, при посредничестве определенных видов блох, являлись источниками и переносчиками этой опасной инфекции. Грызуны, особенно хомяки, крысы и мыши, соседствовавшие с людьми, стремились к полям и запасам зерна. Поэтому чума при уменьшении защитных сил человеческого организма (например, при длительном голоде) могла распространяться среди населения субрегиона и из местных очагов. Эти очаги и в наши дни представляют определенную опасность для местных жителей и туристов.

Чума в большей степени все же переносилась и передавалась людьми, перемещавшимися на значительные расстояния (путешественниками, купцами и др.). Известны разрушительные последствия эпидемии чумы в Европе, в т. ч. и на Северном Кавказе, в эпоху Золотой Орды.

В XV–XVIII вв. проявления чумы, холеры и других крайне опасных инфекций в центральной части Северного Кавказа, несомненно, были, но, как указано выше, они почти не фиксировались в письменных источниках и проявились только в данных фольклора, причем без убедительной хронологии. По сведениям российского исследователя местной статистики и краеведа И. В. Бентковского, чума появилась в Кабарде на р. Куме в 1759 г. Она была занесена из Крыма – из г. Кафы. От чумы тогда умерло 7 человек. В 1770 г. чума появилась в Закавказье. От нее в Тифлисе умерло 400 человек. В 1789 г. чума появилась на Дону и на Северном Кавказе [18].

ПОЯВЛЕНИЕ ЧУМЫ НА ЦЕНТРАЛЬНОМ КАВКАЗЕ В НАЧАЛЕ XIX В.

В документах российских военных чиновников и работах российских авторов XIX в. содержатся две основные версии относительно источника распространения чумы на Центральном Кавказе. По первой версии, эта опасная инфекция появилась в Грузии в 1802 г., оттуда перешла на Северный Кавказ. По второй версии, чума была завезена из Астрахани в Георгиевск вместе с почтой в марте 1805 г. В работах некоторых авторов не указаны источник и время появления этой болезни. Рассмотрим информацию, зафиксированную в работах российских авторов XIX в., авторов советской эпохи, современного периода и в документах российских военных чиновников XIX в. (рапорты, предписания, письма, отношения и др.).

По мнению юриста и этнографа Н. Ф. Грабовского, чума появилась в Грузии и перешла на Северный Кавказ в 1803 г. [5, с. 183]. Данная версия зафиксирована в работах Р. У. Туганова (чума ошибочно названа холерой) [19, с. 16], М. М. Блиева [20, с. 294], П. А. Кузьминова [11, с. 750]. Эта версия приведена и в работе кабардинского автора В. Кудашева (1913 г.), но в ней не указан источник чумы [21, с. 88].

В документах российских военных чиновников (декабрь 1802 г.) зафиксировано, что чума появилась в Джавахети (юг Грузии, граничит с Арменией и Турцией) и среди некоторых татар, подвластных Грузии, а также в селе Коды среди служащих Тифлисского мушкетерского полка. К июлю 1803 г. эта болезнь уже распространилась в российских войсках, дислоцированных на территории Грузии. К августу 1804 г. численность погибших от чумы в Грузии составила 1570 человек [1. Т. 2, с. 257, 261, 262].

В рапорте командующего войсками на Кавказской линии в 1806–1811 гг. генерала от инфантерии С. А. Булгакова министру внутренних дел (1807–1811) князю А. Б. Куракину (от 7 апреля 1808 г.) сказано, что чума была занесена на Кавказскую линию в станицу Александровскую служащими Волжского казачьего полка при возвращении из Кабарды в мае 1804 г. «от вещей, добычных казаками». В 1805 г. чума возобновилась в станице Павловской того же казачьего полка, в 1806 г. появилась в Моздоке и в слободе Павлодольской, затем распространилась в Георгиевском и Моздокском уездах. К концу года инфекция достигла станицы Темижбекской на р. Кубани (почти на 400 верст). Летом 1804 г. селения вблизи Бештовых гор, в том числе Бабуков аул, находившийся в 4 верстах от Георгиевска, были охвачены чумой. Летом 1805 г. эпидемия охватила окрестности Горячих Вод вблизи крепости Константиногорской. В 1806 г. в уездах Кавказской губернии произошла новая вспышка чумы, которая продолжалась и в 1807 г. [1. Т. 3, с. 55–57].

В рапорте Георгиевского исправника Водынского генерал-фельдмаршалу И. В. Гудовичу (от 2 декабря 1806 г.) сказано, что в конце ноября 1806 г. чума также появилась в селе Незлобном [1. Т. 3, с. 52].

По данным военного историка генерал-лейтенанта В. А. Потто, чума была завезена на Кавказскую линию из Астрахани вместе с почтой в марте 1805 г. [4, с. 672].

По информации, зафиксированной в предписании Астраханского генерал-губернатора, главнокомандующего на Кавказе и инспектора Кавказской линии генерала от инфантерии П. Д. Цицианова начальнику Кавказской линии (1803–1807) генерал-лейтенанту Г. И. Глазенапу (от 9 июня 1805 г.), в станице Павловской появилась болезнь с бубонами, т. е. бубонная чума [1. Т. 2, с. 945–946].

По сведениям И. В. Бентковского, в 1805 г. чума распространилась на Кавказской линии и в Астрахани, в 1806 г. – в Георгиевской станице и далее почти по всем селениям. Эпидемия длилась в течение полугода и прекратилась в феврале 1807 г. [18].

В высочайшем повелении (повелении императора. – *авт.*) на имя главнокомандующего в Грузии (1806–1809) графа И. В. Гудовича (от 28 января 1808 г.) указаны два региона,

откуда чуму занесли на Кавказскую линию: Астрахань и Малая Кабарда [1. Т. 3, с. 54–55]. Информацию из данного документа можно считать официальной версией царских властей. Этим объясняется то, что в дальнейшем военные чиновники стали указывать в официальных документах данную версию.

Таким образом, наиболее вероятной можно считать версию, согласно которой чума была завезена на Кавказскую линию из Астрахани вместе с почтой в марте 1805 г.

В записке начальника Кабарды (1805–1810) генерал-майора И. П. Дельпоццо сказано, что чума (каб. – емьнэ уз) появилась среди кабардинцев в 1803 г. [22, с. 24]. Однако другие источники, в том числе и рапорты самого И. П. Дельпоццо, опровергают эту версию.

О времени появления этой болезни в Кабарде свидетельствуют рапорты Г. И. Глазенапа П. Д. Цицианову. В рапорте от 12 марта 1804 г. сказано, что в Кабарде нет чумы, и он постоянно следит за ситуацией [23]. Следовательно, в марте 1804 г. в Кабарде еще не было чумы. В данное время Г. И. Глазенап подготовил войска для похода в Кабарду и ожидал сведений о появлении либо отсутствии этой болезни. В рапорте от 11 мая 1804 г., когда российские войска уже находились в Кабарде в районе р. Чегема, сказано, что по слухам в некоторых аулах Большой Кабарды начинается чума, но, может быть, эти слухи распространяются, чтобы не пустить российские войска в земли Кабарды [24].

Отряд царских войск под командованием Г. И. Глазенапа вступил в Кабарду в мае 1804 г. Затем военные действия между царскими войсками и войсками кабардинских князей проходили до весны 1805 г. В марте 1805 г. Г. И. Глазенап снова совершил военный поход в Кабарду [1. Т. 2, с. 962–963.]. Нет сомнений в том, что Г. И. Глазенап не стал бы вводить войска в Кабарду и вести там боевые действия во время эпидемии чумы.

И. П. Дельпоццо в своем рапорте от 14 мая 1805 г. отметил, что признаков чумы в Кабарде не обнаружено [1. Т. 2, с. 966–967.].

На основании вышеуказанных сведений можно заключить, что в мае 1805 г. в Кабарде еще не было чумы. Эпидемия этой болезни в Кабарде зафиксирована в документах российских военных чиновников 1806 г. Следовательно, чума могла появиться в Кабарде не ранее лета 1805 г.

МАСШТАБЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЧУМЫ И ДРУГИХ ОПАСНЫХ ИНФЕКЦИЙ НА ЦЕНТРАЛЬНОМ КАВКАЗЕ

По данным российских источников, в начале XIX в. эпидемия чумы в разной степени охватила весь Центральный Кавказ и нанесла значительный урон его народам. В рассматриваемое время в качестве методов борьбы с этим заболеванием использовались: карантинная изоляция больных, сжигание жилищ и вещей умерших. Военная администрация усилила посты вдоль центральной части Кавказской линии карантинными заставами, запретила жителям российских городов и селений какие-либо контакты с представителями соседних народов. Народам Центрального Кавказа были запрещены торговые поездки за Кавказскую линию, прежде всего за солью (к соленым озерам). Эти меры значительно осложнили хозяйственную деятельность народов субрегиона и послужили причиной обострения политической ситуации.

В. А. Потто и краевед Н. Н. Шабловский опубликовали данные о вспышках чумы в городе-крепости Георгиевске с некоторыми расхождениями в датах. В первые десятилетия XIX в. Георгиевск являлся важным военно-административным центром Северного Кавказа. В нем проживала приблизительно тысяча человек. Непривычный для приезжих из центральных районов России климат и нередкие эпидемии препятствовали значительному приросту численности горожан [7, с. 36–38, 52].

От чумы, завезенной в марте 1805 г., в Георгиевске погибли 292 местных жителя. Годовая смертность в городе составляла около 50 человек. Известно, что раньше всех умерли служащие почты. При разборе пакетов скончались помощник почтмейстера и все, кто помогали ему. Мортусы (служители при больных карантинными заболеваниями. – *авт.*) убрали их тела и вещи в отдельное место, но этого было недостаточно. Чума очень быстро распространилась по небольшому городу. Началась паника. Начальнику Кавказской линии Г. И. Глазенапу с трудом удалось восстановить порядок, создать карантин и больницы. Ежедневно вещи умерших от чумы сжигались. Лейб-эскадрон Нижегородского драгунского полка, подвергшийся заражению, был выведен за пределы города на 2 недели. Генералу помогали полковые врачи Геер и Гинафельд. Они ежедневно ездили по Георгиевску, следили за работой карантинных, заходили в дома больных и оказывали помощь заразившимся на улицах. Для защиты от смертельной инфекции они непрерывно курили табак, нюхали уксус четырех разбойников (средство, приготовленное на основе уксуса и трав. – *авт.*), обмывали им руки и носили белье, пропитанное дегтем [4, с. 672–674; 7, с. 37–38].

В рапорте Кавказского вице-губернатора статского советника Рожнова генерал-фельдмаршалу И. В. Гудовичу (от 25 июля 1806 г.) сказано, что чума в Моздоке и селе Павлодольском, в Георгиевске и в военном селении Тифлиском ослабевает в связи с принятыми мерами. В приложенной ведомости зафиксировано, что с 29 мая по июль 1806 г. заболевших было 239 чел., умерших – 229 чел. [1. Т. 3, с. 52].

В рапорте командующего войсками на Кавказской линии С. А. Булгакова А. Б. Куракину (от 7 апреля 1808 г.) зафиксировано, что чума распространилась на расстоянии 450 верст от Екатеринограда до Усть-Лабы в 20 российских селениях. Она охватила все народы, живущие от истока р. Кубани к левому флангу Линии до р. Сунжи, и станицы гребенских казаков. На основании представления министра внутренних дел В. П. Кочубея (от 14 апреля 1807 г.) об учреждении комитета под его начальством для прекращения чумы на Кавказской линии, получившего одобрение императора, С. А. Булгаков создал комиссию (от 4 июня 1807 г.) по борьбе с эпидемией. Уже к августу наблюдался спад эпидемии, а к декабрю она стихла. С. А. Булгаков предписал прервать сообщение с местами, объятами чумой, и удвоить цепь войск по границе. Он ввел и крайнюю меру: офицерам в редутах было предписано останавливать всех кабардинцев и горцев и в случае неповиновения открывать по ним огонь [1. Т. 3, с. 55–57].

В начале XIX в. потери среди солдат от эпидемии чумы и других опасных болезней в крепостях в районе Кавказских Минеральных Вод были значительными [10, с. 11; 6, с. 95, 188–189]. В этой связи у Константиногорской крепости при Горячих Водах был создан карантин, т. е. контрольно-санитарный пост [25, с. 41].

Кроме того, у Константиногорской крепости у слияния Золотушки и Подкумка находились заболоченные участки (анофелогенные водоемы), где водились малярийные комары. В конце XVIII – середине XIX в. малярия была серьезной болезнью, часто наносившей большой вред российским войскам на Северном Кавказе [26, с. 302–303]. Только в середине XX в. удалось осушить большинство болотистых местностей в этой части долины Подкумка. С тех пор население Пятигорска практически перестало болеть малярией.

По сведениям окружного врача Кабардинского округа А. И. Дроздовского, лихорадочная малярия с различными осложнениями представляла большую опасность для населения округа [27, с. 367].

По данным Бентковского, в 1807 г. чума распространилась в Астрахани и на Кавказской линии. Кавказскому губернатору в 1807 г. было выделено 30 тыс. руб. на уплату жителям за утраченные вещи. Выздоровливающие должны были выдерживать еще шестинедельный карантинный срок. В Ставрополе на некоторое время были закрыты базары.

В 1809 г. чума снова появилась на Кавказской линии. В селении Средний Егорлык был учрежден карантин. Кабардинцам был воспрещен въезд в пределы Кавказской губернии. Им также был прекращен отпуск соли в количестве 50 тыс. пудов в год, без которой они в течение двух лет испытывали крайнюю нужду [18, с. 3].

Осенью 1812 г. эпидемия чумы повторилась в Георгиевске. В этот год умерших было значительно меньше. В Кавказской губернии насчитывалось несколько сот умерших. В октябре 1812 г. в Георгиевске умер (во время борьбы с эпидемией) кавказский гражданский губернатор Я. М. Брискорн. Его похоронили с особыми почестями [7, с. 38–39].

Георгиевск получил репутацию гиблого лихорадочного места и прозвище «кладбище коллежских асессоров» [7, с. 52]. Дело в том, что в годы правления Александра I титулярные советники, не соответствовавшие по образованию продвижению по чиновничьей лестнице, отправлялись на Кавказ, получая чин коллежского асессора. Часто их жизнь завершалась в Георгиевске из-за неприспособленности к местному «нездоровому» климату и от различных болезней (малярия, тиф и др.) [7, с. 52]. Учитывая суровость эпидемиологической ситуации в Георгиевске, командующий войсками на Кавказской линии (1812–1816) генерал Н. Ф. Ртищев в 1815 г. просил центральные власти перевести губернские учреждения в другой город. Однако лишь 2 октября 1824 г. по рапорту командующего Отдельным кавказским корпусом (1816–1827) генерала от инфантерии А. П. Ермолова соответствующие присутственные места были перенесены в Ставрополь указом императора. Георгиевск с того времени стал уездным центром, а с 1830 г. получил еще более низкий статус – заштатного города [7, с. 39–40].

Примером суровой эпидемиологической обстановки на Кавказской линии в начале XIX в. является история шотландских миссионеров, поселившихся в качестве гостей в селении Каррас близ Горячих Вод в 1802 г. Уже в летние месяцы 1804 г. значительная часть шотландцев умерла от дизентерии или холеры [12, с. 33]. Якобы это произошло от зараженности гостевых домов Карраса. Действия властей на линии привели к уходу и смерти в 1811–1812 гг. населения Карраса [12, с. 37] и соседних селений.

В статье Р. У. Туганова и В. М. Аталикова приведен список 27 человек, которых миссионеры купили в 1806–1808 гг. у местных жителей. Авторы работы предположили, что это были дети низших сословий местного населения, тех, кто погиб от болезней в 1804 г. [28, с. 55–56]. Еще 15 человек (5 семей) шотландцев (плотники, печатники, ткачи) прибыли в Каррас летом 1805 г. Из них вскоре умерли 10 взрослых и 3 детей [12, с. 33]. Как отмечено выше, летом 1806 г. в Кавказской губернии произошла еще более сильная вспышка чумы. Выжило небольшое число шотландцев. Но с 1809 г. в Каррас из Сарепты Саратовской губернии стали приезжать приглашенные семьи немцев. В 1813 г. в селении Каррас жили 166 человек (26 шотландцев, 123 немца, 17 человек из местных народов) [12, с. 35–37].

В 1811 г. сын одного из местных ногайских владельцев султан Катты-Гирей (Катте-Гирей), заболевший чумой, был вылечен миссионерами в Каррасе [12, с. 37, 38–39]. Султан Катты-Гирей стал последователем миссионеров; крестился и получил имя Александр. Затем он служил в Грузии, а с 1816 г. стал помогать миссионерам. Император разрешил Катты-Гирею отправиться в Англию и получить духовное образование. В 1820 г. Катты-Гирей вернулся в столицу России, а спустя несколько лет он с семьей поселился в Крыму, где продолжал оказывать помощь миссионерам [29, с. 505–506].

По сведениям И. П. Дельпоццо, особенно острый и масштабный характер чума приобрела в Кабарде в 1805–1807 гг. Начальство (администрация Кавказской линии. – *авт.*) усилило кордонные посты на Линии и приказало военнослужащим ни под какими предлогами не пропускать кабардинцев за Линию. За этим последовали неурожай хлеба и

голод. И. П. Дельпоццо отметил, что кабардинцы, будучи истребляемы язвой и голодом, «... многие распухли и похожи на образ человека, едва имеющие движение» [22, с. 12]. Он также отметил, что вследствие эпидемии чумы выжила только десятая часть кабардинцев [22, с. 14, 24; 1. Т. 4, с. 880]. Объясняя причину столь высокого уровня смертности, И. П. Дельпоццо сообщал, что кабардинцы живут рядом с зараженными, что они не сжигают вещи умерших, а сами их используют, отчего заражаются и также умирают. Такое поведение он объяснял тем, что «... их муллы вложили им в мысль, что все сие их бедствие зависит от провидения Божия» [22, с. 15].

По информации, зафиксированной в рапорте Кавказского вице-губернатора Рожнова главнокомандующему в Грузии И. В. Гудовичу (от 25 ноября 1806 г.), в Малой Кабарде эпидемия чумы продолжалась. Она дошла до одной из ингушских деревень. Часть жителей деревни умерла, остальные покинули ее. Такая же ситуация наблюдалась и в Карабулаке. Царской администрацией были приняты меры – не пропускать жителей указанных регионов через посты, минуя карантинные Кизлярский, Червленский, Моздокский и Прохладненский. В документе также отмечено, что вице-губернатор Рожнов сообщил генерал-лейтенанту Мусину-Пушкину об усилении кордонной стражи напротив Большой и Малой Кабарды и по Тереку, которой отдан приказ: ни под каким предлогом с тех мест людей мимо карантинных застав не пропускать и вещей никаких от них не принимать и не выменивать [1. Т. 3, с. 52].

В рапортах российских военных чиновников за 1807 г. зафиксировано, что от чумы умерло большинство населения Малой Кабарды, в том числе князья и дворяне, которым прежде удавалось избегать эпидемии. В частности, в рапорте С. А. Булгакова И. В. Гудовичу (от 10 сентября 1807 г.) отмечено, что подвластные князей Джилахстановых, живущие по Грузинской дороге, почти все вымерли от свирепствующей там чумы, и их осталось малое число, среди которых только два князя. В Большой Кабарде эпидемия также не прекращалась, и начали умирать в немалом количестве князья и дворяне, которые прежде умирали редко [1. Т. 3, с. 53].

Российский академик Юлиус Клапрот, проводивший в 1807–1808 гг. этнографические и филологические исследования на Кавказе, отметил, что большая часть селений Малой Кабарды была покинута или разрушена в связи с чумой в 1806–1807 гг. [3, с. 241].

В рапорте С. А. Булгакова И. В. Гудовичу (от 2 ноября 1807 г.) сказано, что «кабардинский владелец Адиль-Гирей Атажуков (князь Адиль-Гирей Атажукин, лидер шариатской группировки. – *авт.*) и почетнейший Исак-эфендий (Исхак Абуков. – *авт.*)», препятствовавшие населению принимать меры по борьбе с чумой, сами умерли от нее, как и многие другие знаменитые эфендии [1. Т. 3, с. 657].

Главнокомандующий в Грузии И. В. Гудович вину за массовую смертность кабардинцев от чумы также возложил на мусульманское духовенство. Он отметил, что духовенство по своему произволу удерживает народ в суеверии, чтобы не опасался чумы. От этого происходят отказ от соблюдения предписаний по борьбе с чумой и «беспорядки» [1. Т. 3, с. 658–659].

Эпидемия чумы на Центральном Кавказе вызвала серьезную обеспокоенность правительства. И. В. Гудович получил высочайшее повеление (от 28 января 1808 г.): предписать С. А. Булгакову и всему губернскому начальству принять все возможные средства для прекращения чумы, под их ответственность. В документе также сказано, чтобы и по прекращении чумы на Кавказской линии сообщение с Кабардой и другими местами, откуда она может появиться, впредь осуществлялось только посредством карантинного очищения [1. Т. 3, с. 54–55].

В высочайшем повелении на имя И. В. Гудовича (от 29 мая 1808 г.) отмечено, что чума снова появилась в Александровском уезде и в ногайских аулах [1. Т. 3, с. 58–59].

Летом 1808 г. чума снова появилась в абазинских селениях, в связи с чем С. А. Булгакову было приказано усилить военные посты и сблизить их между собой, за нарушение же абазинами предписанных правил подвергать их военному суду по всей строгости закона [1. Т. 3, с. 58–59].

С. А. Булгаков получил высочайший рескрипт (от 16 февраля 1809 г.), в котором содержится повеление: пресечь сообщение жителей селения Кизляр с окрестными местами; отменить ранее данное губернатором позволение отлучаться как на р. Терек для рыболовства, так и в Астраханскую губернию и в другие места вплоть до повеления после окончания чумы; усилить военные кордоны как по Тереку, так и в других местах, где может быть сообщение жителей Кизляра с другими [1. Т. 3, с. 60–61].

По поручению И. П. Дельпоццо поручик Суздальского мушкетерского полка Таганов, имевший родственные связи в Кабарде, 19 мая 1809 г. посетил селения верховий рек Подкумка и Кумы, селения карачаевцев в верховьях Кубани. Оттуда он отправился в верховья рр. Малки, Баксана, Чегема, Шалушки и посетил Черекское ущелье, затем (6 июня) прибыл в Прохладненскую карантинную заставу. Он сообщил, что во многих местах Кабарды есть чума. Чума оказалась на р. Череке в ауле Казаншева в 50 верстах от Прохладной [1. Т. 4, с. 843].

В выписке из донесения поручика Таганова (1809 г.) сказано, что на местах абазинских аулов он обнаружил пепел от жилищ. Их жители удалились от мест, зараженных чумой, и основали небольшие поселения. Их вещи, вызывавшие опасения, были сожжены под контролем медицинского чиновника Саратовской врачебной управы Гринфельда. Абазины утверждали, что зараженных чумой среди них нет и все они прошли через карантин. Большая часть их скота разбредлась во время чумы. В выписке также отмечено, что чума «свирепствует» в Чегемских горах [1. Т. 4, с. 844–845].

В выписке сказано, что Таганов объездил всю Кабарду, обнаружил опустошенные селения и вместо прежде больших селений остались «несколько бедных хижин». Он заключил, что едва пятая часть осталась от кабардинцев, и те погибают от язвы. В качестве причин массовой смертности он указал, что жители кабардинских селений не соблюдали предостерегающие меры: общались с больными и не сжигали вещи умерших [1. Т. 4, с. 845].

По данным главнокомандующего в Грузии и на Кавказской линии (1808–1811) генерала от кавалерии А. П. Торماسова, летом 1809 г. чума в Кабарде еще не прекратилась, и от населения Кабарды осталась только едва пятая часть, которая продолжала сокращаться от эпидемии [1. Т. 4, с. 845].

После получения информации (донесение от доктора Штегемана и коллежского асессора Добровольского) о новом появлении чумы в Большой и Малой Кабарде в июле 1809 г. на А. С. Булгакова было возложено:

1. Моздокскую карантинную заставу без промедления привести в надежное и безопасное состояние (соответственно замечаниям, представленным доктором Штегеманом и к.а. Добровольским).

2. Воспретить до обустройства Моздокской карантинной заставы пропуск товаров из мест, охваченных чумой.

3. На всех пунктах Кавказской линии пресечь сообщение с кабардинцами и их соседними народами. Кордоны на линии усилить, используя необходимое количество войск [1. Т. 4, с. 847–848].

А. П. Тормасов в своем отношении к А. Б. Куракину (от 24 сентября 1809 г.) отметил, что И. П. Дельпоццо, по его (А. П. Тормасова) предписанию, предложил кабардинским князьям принять российских врачей для разъяснения средств, необходимых для ликвидации чумы, но те отказались, заявляя, что в Абазе (территория абазин. – *авт.*), несмотря на все предосторожности и распоряжения российского правительства, чума не прекращается

третий год. В отношении отмечено, что кабардинский народ приписывает эти несчастья предопределением, посланным им свыше, в избавление от которых отдается на волю Божию. В документе также сказано, что кабардинских купцов не пропускали в Астрахань и Кизляр для покупки товаров до прекращения эпидемии. Но и после того им позволят посещать эти города не иначе как они будут верными России [1. Т. 4, с. 852].

И. П. Дельпоццо в своем рапорте А. С. Булгакову (от 28 сентября 1809 г.) сообщал, что чума распространилась среди кабардинцев, среди жителей селений в вершинах рек Кумы и Подкумка и особенно «свирепствует» в аулах Маргушевом, Ашабовом, Мехекевом (вероятнее всего, селение Махоково – *авт.*) и Даутоковым [1. Т. 4, с. 853].

Некоторые источники содержат информацию, свидетельствующую о том, что население Кабарды, прежде всего князья и дворяне, все же использовали известные в то время методы борьбы с чумой: сжигали дома и вещи, оставшиеся от умерших, и переселялись в другие места. В частности, в работе подполковника А. М. Буцковского, собиравшего по особому поручению сведения по географии, этнографии и статистке Северного Кавказа в 1810–1812 гг., сказано, что в последние годы кабардинцы часто переселялись в другие места по причине язвы, при появлении которой здоровые переходят на новые места [30, л. 74].

А. С. Булгаков в своем рапорте А. П. Тормасову (июль 1809 г.) отметил, что в заграничном кабардинском ауле Девлет-Гирея Тамбукаева «близ кордонов наших» оказалась язва в одном семействе, которое выведено в отдаленное место [1. Т. 4, с. 850–851].

Последняя вспышка чумы в рассматриваемый период была зафиксирована в октябре 1816 г. среди конвойной команды казаков донских полков, сопровождавших командующего Отдельным кавказским корпусом (1816–1827) генерала от инфантерии А. П. Ермолова, следовавшего в Грузию. С целью недопущения опасной болезни в Тифлис команду расположили в поле [31, с. 302–303].

В российских источниках рассматриваемого периода нет точных данных о численности умерших от чумы в 1805–1812 гг. среди народов Центрального Кавказа. По сведениям военных чиновников, колоссальные потери понесла Кабарда – умерло от четырех пятых до девяти десятых кабардинцев. От чумы умерло большинство населения Малой Кабарды (в начале XIX в. граница между Большой и Малой Кабардой проходила по р. Аргудану. – *авт.*).

По сведениям генерал-майора И. Л. Дебу, в 1804 г. в Малой Кабарде насчитывалось 15 тыс. дворов, в Большой Кабарде – до 30 тыс. дворов. Но с 1807 г. в связи с уходом части населения Кабарды за Кубань и в Чечню, а также по причине эпидемии чумы в обеих Кабардах не осталось и 10 тыс. дворов, число которых от вышеназванных причин ежедневно уменьшалось [6, с. 117].

По данным А. М. Буцковского, к 1812 г. насчитывалось 2 тыс. дворов кабардинцев, в которых проживало приблизительно 40–50 тыс. человек [30, л. 73, 74, 108].

В работе офицера Генштаба генерал-лейтенанта И. Ф. Бларамберга, служившего в Отдельном Кавказском корпусе, отмечено, что в 1810–1812 гг. в результате бедствий чумы численность населения Кабарды сократилась до 30 тыс. человек: 24 тыс. в Большой и 6 тыс. в Малой Кабарде [2, с. 129].

По результатам переписи населения Кабарды, проведенной в 1824–1825 гг., численность населения мужского пола составляла 13 611 человек [1. Т. 6. Ч. 2, с. 476]. Общая же численность кабардинцев могла составлять приблизительно 26 тыс. человек.

А. П. Ермолов, назвав моровую язву «союзницей нашею против кабардинцев», указал, что она уничтожила совершенно все население Малой Кабарды и произвела опустошение в Большой. Он также отметил, что в Малой Кабарде от чумы уцелело около трехсот семейств, «и нет следов прежних больших селений» [31, с. 283, 285].

По мнению этнолога и историка В. Х. Кажарова, от эпидемии чумы и войны численность кабардинцев сократилась почти в 10 раз, чему способствовала чрезвычайно высокая плотность населения, созданная царизмом [32, с. 128]. Высокой плотности населения Кабарды способствовало сокращение ее территории, происходившее начиная с 1760-х гг. В начале XVIII в. границы Кабарды проходили: на западе по рекам Уруп и Лаба. Восточные границы Кабарды доходили до нижнего течения Терека и побережья Каспийского моря. Северная граница Кабарды проходила по долине р. Томузловки. К югу от территории Кабарды в верховьях рек от Кубани до Терека находились территории карачаевцев, балкарцев, осетин и вайнахов. В 1763 и 1777–1783 гг. царские власти заняли значительные территории Кабарды под строительство Кизлярско-Моздокской, а затем Азово-Моздокской, или Кавказской линии. Границы экзистенциального пространства адыгов Кабарды были отодвинуты за рр. Малку и Терек. Планомерная военно-казачья колонизация территории Кабарды (строительство укреплений и станиц) продолжалась в 1803 г. (Кисловодская крепость), в 1820 и 1822 г. (укрепления внутри Кабарды) [32, с. 127, 128; 33, с. 291–297, 317–330, 358, 409–410; 34, с. 4–6], в 1825–1829 гг. (станицы по течению Подкумка и Малки (Боргустанская, Ессентукская, Горячеводская, Марьинская, Старопавловская и др.)) [35, с. 74], а также и позднее (некоторые укрепления перестраивались, например, Каменноостское) [36, с. 58–60, 68, 69, 73, 74, 112].

По подсчетам П. А. Кузьмина, число кабардинцев, умерших от чумы в начале XIX в., составило от 56 тыс. до 77 тыс. человек. Еще 15–20 тыс. кабардинцев ушли за Кубань, 5–10 тыс. – в Чечню, 2–3 тыс. – к другим народам, от голода умерли 10–12 тыс., в столкновениях с царскими войсками погибли 1–2 тыс. человек. При этом П. А. Кузьминов считает, что численность населения Кабарды в конце XVIII в. составляла 130–160 тыс. человек [11, с. 751].

Однако подсчеты П. А. Кузьмина нам представляются заниженными. По результатам исследований советских и современных российских кавказоведов, численность кабардинского населения во второй половине XVIII в. составляла приблизительно 250–300 тыс. человек. В первой четверти XIX в. около 20 тыс. кабардинцев, отказавшихся примириться с условиями царских властей, переселились за Кубань. В начале 1830-х гг. за Кубанью насчитывалось 62 кабардинских селения. Еще несколько тысяч кабардинцев переселились в Чечню. К началу 1830-х гг. численность кабардинского населения на территории Кабарды составляла около 30 тыс. человек [37; 34, с. 4–9; 38, с. 143–145]. Следовательно, число кабардинцев, погибших в начале XIX в., прежде всего от чумы, могло составлять приблизительно 200 тыс. человек.

Можно предполагать, что основные причины масштабной смертности кабардинцев от эпидемии чумы заключались: в высоком уровне плотности населения; в требованиях духовенства не вести борьбу с эпидемией; в действиях царских войск; в значительном ослаблении хозяйственной деятельности в связи с карантинными мерами, которые приводили к нехватке соли, продовольствия и голоду.

Переживания в годы эпидемий отражены в фольклоре карачаевцев и балкарцев. Ряд старинных песен посвящен событиям нескольких эпидемий начала XIX в. – чуме и холере. Год высокой смертности от болезней балкарцы и карачаевцы называли «ёлюмлю жыл». Данные фольклора показывают, что особо опасные инфекции в начале XIX в. затронули общества многих межгорных котловин западной части Центрального Кавказа. По данным Х. К. Геграева и соавторов, эпидемии и связанные с ними бедствия способствовали снижению калыма у балкарцев. Известно, что в 1809 г. кабардинский князь Кучук Джанхотов (Бекмурзин. – *авт.*) с группой всадников посетил балкарские селения в ущельях для выяснения серьезности последствий разразившейся там эпидемии. Было отмечено продолжение распространения чумы в Чегемском ущелье [13, с. 44–45].

В работе этнологов И. М. Шаманова и А. И. Мусукаева по истории селения Джамагат в Карачае сказано, что в 1809 г. там была эпидемия чумы. В конце того же года эпидемия стала утихать, но вспышки болезни возникали в регионе до 1812 г. [39, с. 111].

Эпидемии чумы (осет. – емьн) в XV-XVIII вв. стали бедствием для населения Осетии. Емьн обожествлялась осетинами. Ее божеством был Рыны бардуаг (властитель моров, эпидемий и эпизоотий), которому в горах были посвящены святилища. В преданиях он выглядел как седоволосый старик с дубовой палкой и кошельком, сидящий на могильном камне.

Осетинское слово «рын» (чума, повальная болезнь, эпидемия) имеет отношение не только к чумной инфекции, но и к холере. От него произошло слово больной (осет. – рынчын). По данным этнолога Л. А. Чибирова, от эпидемий часто вымирали роды и фамилии. К названию сильно пострадавших фамилий прикреплялось слово «рын». С их представителями опасались родниться, т. к. якобы они имеют нечистую кровь. Последствия «свирепého мора» в виде крупных кладбищ наиболее очевидны в Дигорском и Куртатинском ущельях [40, с. 206, 423–424].

Эпидемии чумы и холеры в Осетии в сочетании с малоземельем и голодом сделали к середине 20-х гг. XIX в. этот горный регион краем «черной смерти» и «мертвых городов». Численность населения там с начала XVIII в. сократилась до 20200 человек, то есть приблизительно в пять раз [9, с. 3].

По данным М. М. Блиева, в октябре 1803 г. в Тагаурии вспыхнула чума, завезенная из Мекки. Местные жители вынуждены были временно покинуть дома и уйти вглубь гор [20, с. 294].

По сведениям графа Гудовича, в октябре 1807 г. во Владикавказе и селениях Ларс и Степан-Цминде Тагаурского ущелья чума прекратилась. В селении Коби умерли 2 чел. Жители селения прогнали больных в горы [1. Т. 3, с. 53–54].

Сохранилась легенда о создании Ахсарты дзуар (осет. святилище орешника), посвященного Рыны бардуаг. В 1815–1820 гг. в Дагомском и других обществах Алагирского ущелья происходили эпидемии холеры. Многие жители селений уходили в лес. Заразившиеся готовили себе могилы и, ожидая кончины, сидели рядом с ними, надеясь, что выжившие закроют грунтом их погребения. Эпидемия не дошла до верхней части ущелья, и уцелевшие там жители сделали святилище. В Тагаурском и других ущельях имела место высокая смертность от эпидемий. У селения Чми сохранились кладбища, включающие подземные склепы. Согласно легенде, там были погребены умершие от холеры [40, с. 94, 548].

Выводы

В статье представлен анализ источников распространения, масштабов и последствий эпидемий чумы, а также вспышек других особо опасных инфекций на Центральном Кавказе в начале XIX в. и в предыдущие эпохи. Показано, что в работах российских авторов XIX в., авторов советской эпохи и современного периода, в документах российских военных чиновников XIX в. содержатся две основные версии источника распространения чумы на Центральном Кавказе: Грузия – 1802 г. и Астрахань – март 1805 г. Авторы статьи считают наиболее вероятной вторую версию.

В 1805–1812 гг. эпидемия чумы в разной степени охватила Центральный Кавказ и нанесла значительный урон его народам. В рассматриваемое время в качестве методов борьбы с чумой использовались: карантинная изоляция больных, сжигание жилищ и вещей умерших. Военная администрация усилила посты вдоль центральной части Кавказской линии карантинными заставами, запретила жителям российских городов и селений контакты с представителями соседних народов. Народам субрегиона были запрещены торговые поездки за Кавказскую линию, что значительно осложнило их хозяйственную деятельность и послужило причиной обострения политической ситуации.

К настоящему времени не выявлены данные об общей численности умерших от чумы среди народов Центрального Кавказа в начале XIX в. По сведениям российских военных чиновников, колоссальные потери понесла Кабарда; умерло от четырех пятых до девяти десятых кабардинцев (около 200 тыс. чел.).

Эпидемия чумы начала XIX в. нанесла значительный урон жителям абазинских селений. Эпидемии чумы и холеры в начале XIX в. распространились в балкарских, карачаевских и осетинских селениях. В частности, в 1809 г. чума распространилась среди жителей Чегемского ущелья. Численность населения Осетии вследствие эпидемий сократилась приблизительно в пять раз (до 20200 чел.).

Вопрос об общей численности умерших от чумы среди народов Центрального Кавказа все еще остается дискуссионным и нуждается в дальнейших исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акты, собранные Кавказской археографической комиссией. Т. 2–6. Тифлис: Тип. главного управления Наместника кавказского, 1868–1875.
2. *Бларамберг И. Ф.* Кавказская рукопись. Ставрополь: Кн. изд-во, 1992. 240 с.
3. Описание поездок по Кавказу и Грузии в 1807 и 1808 годах по приказанию русского правительства Юлиусом фон Клапротом: перевод с английского. Нальчик: Эль-Фа, 2008. 320 с.
4. *Потто В. А.* Кавказская война в отдельных очерках, эпизодах, легендах и биографиях. СПб: Изд. кн. склада В. А. Березовского, 1887. Т. 1. Вып. 4. 736 с.
5. *Грабовский Н. Ф.* Присоединение к России Кабарды и борьба ее за независимость (исторический очерк) // Сборник сведений о кавказских горцах. Тифлис, 1876. Вып. 9. С. 112–212.
6. *Дебу И.* О Кавказской линии и присоединенном к ней Черноморском войске, или Общие замечания о поселенных полках, ограждающих Кавказскую линию, и о соседственных горских народах. СПб.: Тип. К. Крайя, 1829. 476 с.
7. *Шабловский Н. Н.* Георгиевская старина. СПб.: Типография В. Безобразов и Ко, 1914. 100 с.
8. *Лавров Л. И.* Карачай и Балкария до 30-х годов XIX в. // Избранные труды по культуре абазин, адыгов, карачаевцев и балкарцев. Нальчик, 2008. С. 367–427.
9. *Берозов Б. П.* Переселение осетин с гор на плоскость (XVIII–XX вв.). Орджоникидзе: Ир, 1980. 240 с.
10. *Польской Л. Н.* Летопись Пятигорска. Пятигорск, 1993. 122 с.
11. *Кузьминов П. А.* Этнодемографическая карта народов Терека: размещение, численность и миграции населения в конце XVIII – первой половине XIX века // Ландшафт, этнографические и исторические процессы на Северном Кавказе в XIX – начале XX века. Нальчик: Издательский центр «Эль-Фа», 2004. С. 641–759.
12. *Краснокутская Л. И.* Иноземцево (1802–2002). Страницы истории. Пятигорск: Россия, 2002. 92 с.
13. *Геграев Х. К., Барзбиев М. И., Анажева С. С.* Заболеваемость населения, становление медицинской помощи и медицинской статистики в Балкарии XIX – начала XX века // Электронный журнал «Кавказология». Нальчик: КБГУ, 2020. № 1. С. 42–66. DOI: 10.31143/2542-212X-2020-1-42-66
14. *Кушхабиев А. В.* Этнографические сведения о кабардинцах в российских источниках последней трети XVIII – первой четверти XIX века // Электронный журнал «Кавказология». 2025. № 2. С. 83–101. DOI: 10.31143/2542-212X-2025-2-83-101
15. *Фоменко В. А.* Археологические культуры Северного Кавказа эпохи древности и Средневековья (проблемы выделения и культурно-этнической атрибуции). Нальчик: Редакционно-издательский отдел ИГИ КБНЦ РАН, 2018. 164 с.

16. Рунич А. П. Новые данные по древней истории Ставрополя // Материалы по изучению Ставропольского края. Ставрополь, 1988. Вып. 15–16. С. 15–21.
17. Евченко Ю. М., Ефременко Д. В., Мозлов Г. А. и др. Перспективы совершенствования эпиднадзора за чумой на примере Центрально-Кавказского высокогорного природного очага // Актуальные вопросы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия в Причерноморском регионе: материалы научно-практической конференции. Ставрополь, 2013. Электронное издание (CD). С. 19–20.
18. Бентковский И. Чума на Северном Кавказе в прошлом и нынешнем столетиях // Ставропольские губернские ведомости. 879. 13.01. № 2. С. 3.
19. Туганов Р. У. Шариатское движение в Кабарде против царизма в 1799–1807 гг. // Живая старина. 1991(1). С. 8–18.
20. Блиев М. М. Русско-осетинские отношения (40-е гг. XVIII – 30-е гг. XIX в.). Орджоникидзе: Изд-во «Ир», 1970. 380 с.
21. Кудашев В. Исторические сведения о кабардинском народе. Киев, 1913. 283 с.
22. Дельпоццо И. П. Записка о Большой и Малой Кабарде // РГВИА. Ф. 846. ВУА. Оп. 16. Д. 18491. 1808 г. 37 л.; Русские авторы XIX века о народах Центрального и Северо-Западного Кавказа / Сост. Х. М. Думанов. Нальчик: Эль-Фа, 2001. Т. 1. С. 9–41.
23. Рапорт инспектора Кавказской кавалерии генерал-лейтенанта Глазенапа господину генералу от инфантерии князю Цицианову, от 11 мая 1804 г. № 168. Лагерь за р. Баксан // РГВИА. Ф. ВУА 846. Оп. 16. Д. 6164. Ч. 37 (2). Л. 134.
24. Рапорт инспектора Кавказской кавалерии генерал-лейтенанта Глазенапа от 12 марта 1804 г. № 13. Георгиевск // РГВИА. Ф. ВУА 846. Оп. 16. Д. 6164. Ч. 37 (2). Л. 129.
25. Виноградов П. Б., Клычников Ю. Ю. Военно-санитарная деятельность А. П. Ермолова на Кавказе // Вопросы северокавказской истории. Армавир, 1997. С. 34–43.
26. Васильев К. Г., Сегал А. Е. История эпидемий в России. Материалы и очерки. М.: Государственное издательство медицинской литературы, 1960. 396 с.
27. Дроздовский А. И. Краткий медико-топографический очерк Кабардинского округа Терской области // Русские авторы XIX века о народах Центрального и Северо-Западного Кавказа. Нальчик: Эль-Фа, 2001. Т. 2. С. 335–387.
28. Туганов Р. У., Аталиков В. М. Шотландская миссия в Кабарде // Живая старина. 1991. № 1. С. 55–57.
29. Фоменко В. А., Джумагулова А. Т. История колонии Каррас и близлежащих поселений европейцев XIX – первой половины XX веков на современном этапе изучения // Научный диалог. 2021. № 7. С. 496–512. DOI: 10.24224/2227-1295-2021-7-496-512
30. Буцковский А. М. Военно-топографическое и статистическое описание Кавказской губернии и соседствующих ей горских областей, сочиненное свиты Его императорского Величества по квартирмейстерской части подполковником Буцковским. 1812 г. // РГВИА. Ф. 414. Статистические, этнографические и военно-топографические сведения о Российской империи. Оп. 1. Д. 300. 108 л. 17 таблиц (173 с.).
31. Записки А. П. Ермолова. 1798–1826 гг. / Сост., подгот. текста. ст., коммент. В. А. Федорова. М.: Высшая шк., 1991. 463 с.
32. Кажаров В. Х. Территория феодальной Кабарды // Адыгская (черкесская) энциклопедия. М.: Фонд Б. Х. Акбашева, 2006. С. 120–128.
33. Мальбахов Б. К. Кабарда на этапах политической истории (середина XVI – первая четверть XIX века). М.: Поматур, 2002. 512 с.
34. Алов Т. Х. Очерки политической истории хаджретской Кабарды в первой половине XIX в. Нальчик: РИО ИГИ КБНЦ РАН, 2017. 126 с.

35. *Фоменко В. А.* Российские укрепления второй половины XVIII–XIX в. в верхней и средней части долины реки Кубань // Наука сегодня: факты, тенденции, прогнозы: материалы международной научно-практической конференции (г. Вологда, 28 июня 2017 г.). Вологда: ООО «Маркер», 2017. Часть 1. С. 73–75.

36. *Тютюнина Е. С.* Поселения Кабардино-Балкарии XVIII–XX вв.: документированные очерки. Нальчик: Изд-во М. и В. Котляровых, 2015. 220 с.

37. *Прасолов Д. Н., Губжоков М. Н.* Численность населения Черкесии в XVI – первой половине XIX в. // Адыгская (Черкесская) энциклопедия. М.: Фонд им. Б. Х. Акбашева, 2006. С. 128–130.

38. *Султан Хан-Гирей.* Избранные труды и документы. Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2009. 672 с.

39. *Шаманов И. М., Мусукаев А. И.* К этнической истории карачаевского селения Джамагат // История горских и кочевых народов Северного Кавказа в XIX – начале XX вв.: проблемы социально-экономического развития. Ставрополь: Ставроп. ГПИ, 1980. С. 104–113.

40. Осетинская этнографическая энциклопедия / Составитель Л. А. Чибиров. Владикавказ: Проект-Пресс, 2012. 688 с.

REFERENCES

1. *Akty, sobrannye Kavkazskoi arkheograficheskoi komissiei* [Acts collected by the Caucasian archaeographic commission]. Vol. 2-6. Tiflis: Tip. glavnogo upravleniya Namestnika kavkazskogo, 1868–1875. (In Russian)

2. Blaramberg I.F. *Kavkazskaya rukopis'* [Caucasian manuscript]. Stavropol: Kn. Publishing House, 1992. 240 p. (In Russian)

3. *Opisanie poezdok po Kavkazu i Gruzii v 1807 i 1808 godakh po prikazaniyu russkogo pravitel'stva Yuliusom fon Klaprotom. Perevod s angliiskogo* [Description of the trips to the Caucasus and Georgia in 1807 and 1808 by order of the Russian government by Julius von Klaproth. Translated from English]. Nalchik: El-Fa, 2008. 320 p. (In Russian)

4. Potto V.A. *Kavkazskaya voina v otdel'nykh ocherkakh, epizodakh, legendakh i biografiyakh* [The Caucasian war in separate essays, episodes, legends, and biographies]. St. Petersburg: Publishing House of V.A. Berezovsky, 1887. Vol. 1. Issue 4. 736 p. (In Russian)

5. Grabovsky N.F. The annexation of Kabarda to Russia and its struggle for independence (Historical essay). *Sbornik svedenii o kavkazskikh gortsakh* [Data Collection on the Caucasian Highlanders]. Tiflis, 1876. Issue. 9. Pp. 112–212. (In Russian)

6. Debu I. *O Kavkazskoi linii i prisoedinennom k nei Chernomorskom voiske, ili obshchie zamechaniya o poselennykh polkakh, ograzhdayushchikh Kavkazskuyu liniyu, i o sosedstvennykh gorskikh narodakh* [About Caucasian line and black sea army attached to it, or General remarks about settled regiments fencing Caucasian line, and about neighboring mountain peoples]. St. Petersburg: Typ. K. Kraya, 1829. 476 p. (In Russian)

7. Shablovsky N.N. *Georgievskaya starina* [Georgievskaya antiquity]. St. Petersburg: Printing house V. Bezobrazov and Co., 1914. 100 p. (In Russian)

8. Lavrov L.I. Karachay and Balkaria before the 1830s. *Izbrannye trudy po kul'ture abazin, adygov, karachaevcev i balkarcev* [Selected works on the culture of the abazins, adyghes, karachays and balkars]. Nalchik, 2008. Pp. 367–427 (In Russian)

9. Berozov B.P. *Pereselenie osetin s gor na ploskost' (XVIII–XX vv.)* [Migration of ossetians from the mountains to the plain (19th–20th centuries)]. Ordzhonikidze: Ir, 1980. 240 p. (In Russian)

10. Polskoy L.N. *Letopis' Pyatigorska* [Chronicle of Pyatigorsk]. Pyatigorsk, 1993. 122 p. (In Russian)

11. Kuz'minov P.A. Ethnodemographic map of the peoples of Terek: distribution, size and migration of the population in the late 18th – first half of the 19th century. *Landshaft*,

etnograficheskie i istoricheskie protsessy na Severnom Kavkaze v XIX – nachale XX veka [Landscape, Ethnographic and Historical Processes in the North Caucasus in the 19th – early 20th Centuries]. Nalchik: El-Fa Publishing Center, 2004. Pp. 641–759. (In Russian)

12. Krasnokutskaya L.I. *Inozemtsevo (1802-2002). Stranitsy istorii* [Inozemtsevo (1802–2002). Pages of history]. Pyatigorsk: Rossika, 2002. 92 p. (In Russian)

13. Gegraev Kh.K., Barazbiev M.I., Apazheva S.S. Population morbidity, formation of medical care and medical statistics in Balkaria of the 19 – early 20th centuries. *Kavkazologiya. Ehlektronnyi zhurnal* [Caucasology. Electronic Journal]. Nalchik: KBSU, 2020. No. 1. Pp. 42–66. DOI: 10.31143/2542-212X-2020-1-42-66. (In Russian)

14. Kushkhabiyev A.V. Ethnographic information about the Kabardians in Russian sources of the last third of the 18th – first quarter of the 19th century. [Caucasology. Electronic Journal]. 2025. No. 2. Pp. 83–101. DOI: 10.31143/2542-212X-2025-2-83-101. (In Russian)

15. Fomenko V.A. *Arkheologicheskie kul'tury Severnogo Kavkaza epokhi drevnosti i Crednevekov'ya (problemy vydeleniya i kul'turno-ethnicheskoy atributsii)* [Archaeological Cultures of North Caucasus of Ancient and Medieval Eras (Problems of Identification and Cultural-Ethnic Attribution)]. Nalchik: Redaktsionno-izdatel'skiy otdel IGI KBNTS RAN, 2018. 164 p. (In Russian)

16. Runich A.P. New data on the ancient history of Stavropol. *Materialy po izucheniyu Stavropol'skogo kraya* [Materials for Study of Stavropol Territory]. Stavropol, 1988. Issue 15–16. Pp. 15–21. (In Russian)

17. Evchenko Yu.M., Efremenko D.V., Mozloev G.A. et al. Prospects for improving plague surveillance using the Central Caucasian high-mountain natural focus as an example. *Aktual'nye voprosy obespecheniya sanitarno-ehpidemiologicheskogo blagopoluchiya v Prichernomorskom regione: materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Current Issues Of Ensuring Sanitary And Epidemiological Well-Being in Black Sea Region: Proceedings of the scientific and practical conference]. Stavropol, 2013. Electronic publication (CD). Pp. 19–20. (In Russian)

18. Bentkovskii I. *Chuma na Severnom Kavkaze v proshlom i nyneshnem stoletiyakh* [Plague in the North Caucasus in the past and present centuries]. *Stavropol'skie gubernskie vedomosti* [Stavropol Provincial Gazette]. 1879. No. 2. January 13th. P. 3. (In Russian)

19. Tuganov R.U. Shariat movement in Kabarda against tsarism in 1799–1807. *Zhivaya starina* [Living Antiquity]. 1991. No. 1. Pp. 8–18. (In Russian)

20. Bliev M.M. *Russko-osetinskie otnosheniya* [Russian-Ossetian Relations (1740s–1830s)]. Ordzhonikidze: Publishing House "Ir" 1970. 380 p. (In Russian)

21. Kudashev V. *Istoricheskie svedeniya o kabardinskom narode* [Historical Information About the Kabardian People]. Kyiv, 1913. 283 p. (In Russian)

22. Del'potstvo I.P. Note on Greater and Lesser Kabarda. *RGVIA. F. 846. VUA. Op. 16. D. 18491. 1808 g. 37 p.; Russkie avtory XIX veka o narodakh Tsentral'nogo i Severo-Zapadnogo Kavkaza* [Russian Authors of 19th Century on Peoples of Central and Northwestern Caucasus]. Comp. Kh.M. Dumanov. Nalchik: El-Fa, 2001. Vol. 1. Pp. 9–41. (In Russian)

23. *Raport inspektora Kavkazskoi kavalerii general-leitenanta Glazenapa gospodinu generalu ot infanterii knyazyu Tsitsianovu, ot 11 maya 1804 g. No. 168. – Lager' za r. Baksanom* [Report of the Inspector of the Caucasian Cavalry, Lieutenant-General Glazenap, to General of the Infantry Prince Tsitsianov, Dated May 11, 1804, No. 168. – Camp beyond the Baksan River]. RGVIA. F. VUA 846. Op. 16. D. 6164. Part 37(2). L. 134. (In Russian)

24. *Raport inspektora Kavkazskoi kavalerii general-leitenanta Glazenapa ot 12 marta 1804 g. No. 13. Georgievsk* [Report of the Inspector of the Caucasian Cavalry, Lieutenant-General Glazenap, dated March 12, 1804, No. 13. Georgievsk]. RGVIA. F. VUA 846. Op. 16. D. 6164. Part 37(2). L. 129. (In Russian)

25. Vinogradov P.B., Klychnikov Yu.Yu. Military-sanitary activities of A.P. Ermolov in the Caucasus. *Voprosy severokavkazskoi istorii* [Questions of North Caucasian History]. Armavir, 1997. Pp. 34–43. (In Russian)

26. Vasiliev K.G., Segal A.E. *Istoriya epidemii v Rossii. Materialy i ocherki* [History of epidemics in Russia. Materials and essays]. Moscow: Gosudarstvennoye izdatel'stvo meditsinskoy literatury, 1960. 396 p. (In Russian)

27. Drozdovsky A.I. Brief medical and topographic essay on the Kabardian district of the Terek region. *Russkie avtory XIX veka o narodakh Tsentral'nogo i Severo-Zapadnogo Kavkaza* [Russian Authors of 19th Century about peoples of Central and Northwestern Caucasus]. Nalchik: El-Fa, 2001. Vol. 2. Pp. 335–387. (In Russian)

28. Tuganov R.U., Atalikov V.M. Scottish mission in Kabarda. *Zhivaya starina* [Living Antiquity]. 1991. No. 1. Pp. 55–57. (In Russian)

29. Fomenko V.A., Dzhumagulova A.T. History of colony of Karras and nearby settlements of Europeans of XIX – first half of XX centuries at present stage of study. *Nauchnyi dialog* [Scientific Dialogue]. 2021. No. 7. Pp. 496–512. DOI: 10.24224/2227-1295-2021-7-496-512. (In Russian)

30. Butskovskii A.M. *Voенно-topograficheskoe i statisticheskoe opisanie Kavkazskoi gubernii i sosedstvuyushchikh ei gorskikh oblastei, sochinennoe svity Ego imperatorskogo Velichestva po kvartirmeisterskoi chasti podpolkovnikom Butskovskim*. 1812 g. [Military-topographical and statistical description of the Caucasus province and neighboring mountain regions, compiled by Lieutenant Colonel Butskovsky, quartermaster retinue of His Imperial Majesty. 1812]. RGVIA. F. 414. *Statisticheskie, etnograficheskie i voенно-topograficheskie svedeniya o Rossiiskoi imperii* [Statistical, Ethnographic and Military-Topographical Information About Russian Empire]. Op. 1. D. 300. 108 p. 17 tables (173 p.). (In Russian)

31. *Zapiski A.P. Ermolova. 1798–1826 gg.* [Notes of A.P. Ermolov. 1798–1826]. / Comp., text preparation. art., comment by V.A. Fedorova. Moscow: Higher school, 1991. 463 p. (In Russian)

32. Kazharov V.Kh. Territory of feudal Kabarda. *Adygskaya (Cherkesskaya) ehntsiklopediya* [Adyghe (Circassian) Encyclopedia]. Moscow: Fund B.Kh. Akbasheva, 2006. Pp. 120–128. (In Russian)

33. Malbakhov B.K. *Kabarda na etapakh politicheskoi istorii (seredina XVI – pervaya chetvert' XIX veka)* [Kabarda at Stages of Political History (Mid-16th – First Quarter of 19th Century)]. Moscow: Pomatur, 2002. 512 p. (In Russian)

34. Aloeв T.Kh. *Ocherki politicheskoi istorii khadzhretskoi Kabardy v pervoi polovine XIX v.* [Essays on Political History of Khadzhret Kabarda in the First Half of 19th Century]. Nalchik: RIO IGI KBNC RAS, 2017. 126 p. (In Russian)

35. Fomenko V.A. *Rossiiskie ukrepleniya vtoroi poloviny XVIII–XIX v. v verkhnei i srednei chasti doliny reki Kuban'* [Russian fortifications of the second half of the 18th–19th centuries in the upper and middle parts of the Kuban River valley]. *Nauka segodnya: fakty, tendentsii, prognozy: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (g. Vologda, 28 iyunya 2017 g.)* [Science Today: Facts, Trends, Forecasts: Materials of the International Scientific and Practical Conference (Vologda, June 28, 2017)]. Vologda: OOO «Marker», 2017. Part 1. Pp. 73–75. (In Russian)

36. Tyutyunina E.S. *Poseleniya Kabardino-Balkarii XVIII–XX vv.: dokumentirovannyye ocherki* [Settlements of Kabardino-Balkaria in the 18th–20th Centuries: Documented Essays]. Nal'chik: Publishing house of M. and V. Kotlyarov, 2015. 220 p. (In Russian)

37. Prasolov D.N., Gubzhokov M.N. Population size of Circassia in the 16th – first half of the 19th centuries. *Adygskaya (Cherkesskaya) ehntsiklopediya* [Adyghe (Circassian) Encyclopedia]. Moscow: B.Kh. Akbashev Foundation, 2006. Pp. 128–130. (In Russian)

38. Sultan Khan-Girei. *Izbrannye trudy i dokumenty* [Selected Works and Documents]. Maikop: Poligraf-Yug, 2009. 672 p. (In Russian)
39. Shamanov I.M., Musukaev A.I. On the Ethnic History of the Karachay village of Dzhamagat. *Istoriya gorskikh i kochevykh narodov Severnogo Kavkaza v XIX – nachale XX vv.: problemy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya* [History of the Mountain and Nomadic Peoples of the North Caucasus in the 19th – Early 20th Centuries: Problems of Social and Economic Development]. Stavropol: Stavrop. GPI, 1980. Pp. 104–113. (In Russian)
40. *Osetinskaya etnograficheskaya entsiklopediya* [Ossetian Ethnographic Encyclopedia] / Compiled by L.A. Chibirov. Vladikavkaz: Proekt-Press, 2012. 688 p. (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 в рамках темы по госзаданию: «Народы Центрального и Северо-Западного Кавказа во второй половине XVIII – начале XX века в документах российских архивов». Регистрационный номер: 125032604497-5

Funding. The study was conducted as part of the state assignment: “The Peoples of the Central and Northwestern Caucasus in the Second Half of the 18th – Early 20th Centuries in Russian Archival Documents”. Registration number: 125032604497-5

Информация об авторах

Кушхабиев Анзор Викторович, д-р ист. наук, начальник Научно-инновационного центра «Экспертные системы источниковедения и историографии» Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

anzor-vk@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4618-2148>, SPIN-код: 8017-4857

Фоменко Владимир Александрович, канд. ист. наук, доцент, старший научный сотрудник Научно-инновационного центра «Экспертные системы источниковедения и историографии» Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

fva2005@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7994-7106>, SPIN-код: 4314-7582

Information about the authors

Anzor V. Kushkhabiev, Doctor of Historical Sciences, Head of the Scientific and Innovation Center “Expert Systems of Source Studies and Historiography”, Kabardino-Balkarian Scientific Center RAS;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;

anzor-vk@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4618-2148>, SPIN-code: 8017-4857


Vladimir A. Fomenko, Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Scientific and Innovation Center “Expert Systems of Source Studies and Historiography”, Kabardino-Balkarian Scientific Center RAS;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;

fva2005@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7994-7106>, SPIN-code: 4314-7582

УДК 82-14

Научная статья

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-2-166-174>

 YGRUKJ

Владимир Мокаев: биография и метафизика мышления

Р. А. Керимова

Институт гуманитарных исследований –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, г. Нальчик, ул. Пушкина, 18

Аннотация. В статье систематизированы основные этапы жизни и творчества современного балкарского русскоязычного писателя В. А. Мокаева. Впервые в научный оборот вводятся ранее не изученные тексты автора. В работе отмечается связь лирики В. Мокаева с творчеством поэтов-метафизиков.

Цель – выявить, описать и систематизировать основные этапы жизни и творчества В. Мокаева в аспекте тематических, жанровых особенностей.

Методы исследования. В работе используются герменевтический, контекстуальный, комплексный подход (теоретический, сравнительно-типологический, сопоставительный, системный методы анализа), а также эмпирические методы.

В результате выявлены особенности поэтического стиля: интеллектуализм, использование прототекста, остроумие (усложненная метафора, кончетто), «затемнение смысла», семантическая плотность, синтез дискурсов, интертекстуальные отсылки к прототекстам (к Библии и другим прецедентным текстам), мистицизм (апелляция к трансцендентному).

Выводы. В основе поэтической системы В. Мокаева просматриваются установка на поиски скрытых смыслов явлений, представление о мистическом характере искусства, имплицитное / эксплицитное проявление «метафизического» в тематическом и образном воплощении идей трансцендентного.

Обозначенные признаки могут быть использованы в качестве дополнения к пониманию «портрета» художника, а также позволят восполнить существующий пробел и раскрыть тенденции развития карачаево-балкарской литературы конца XX – начала XXI вв., обозначив вектор движения современной художественной мысли в целом.

Ключевые слова: В. Мокаев, современная русскоязычная балкарская поэзия, «метафизическая» поэзия, интеллектуальный модус, стиль, философская лирика

Поступила 20.02.2026, одобрена после рецензирования 19.03.2026, принята к публикации 25.03.2026

Для цитирования. Керимова Р. А. Владимир Мокаев: биография и метафизика мышления // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 2. С. 166–174. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-166-174

© Керимова Р. А., 2026



Контент доступен под лицензией [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vladimir Mokaev: biography and metaphysics of thinking

R.A. Kerimova

Institute of Humanitarian Researches –
branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
18, Pushkin street, Nalchik, 360000, Russia

Abstract. This article provides a systematic overview of the main stages in the life and career of the contemporary Balkar and Russian writer V. A. Mokaev. For the first time, into scholarly circulation are introduced the author's previously unstudied texts. The paper discusses the connection between the lyric poetry of V. Mokaev and the work of metaphysical poets.

The purpose of the article is to identify, describe, and systematize the main stages of V. Mokaev's life and work in terms of thematic and genre features.

Research methods. The paper utilizes a hermeneutic, contextual, and integrated approach (theoretical, comparative-typological, contrastive, and systemic analysis methods), as well as empirical methods.

As a result, the features of the poetic style were revealed: intellectualism, the use of prototexts, wit (complex metaphor, conceit), "obscuring meaning", semantic density, discourse synthesis, intertextual references to prototexts (the Bible and other precedent texts), and mysticism (an appeal to the transcendent).

Conclusions. At the core of V. Mokaev's poetic system is a search for hidden meanings within phenomena, a conception of the mystical nature of art, and an implicit or explicit manifestation of the "metaphysical" through the thematic and figural representation of transcendent ideas. These characteristics can help to better understand the artist's "portrait", as well as fill the existing gap in our knowledge of Karachay-Balkar literature of the late 20th and early 21st centuries, identify trends in its development, and outline the direction of contemporary artistic thought as a whole.

Keywords: V. Mokaev, Balkar poetry, contemporary Russian-language poetry, "metaphysical" poetry, intellectual mode, style, philosophical lyrics

Submitted 20.02.2026,

approved after reviewing 19.03.2026,

accepted for publication 25.03.2026

For citation. Kerimova R.A. Vladimir Mokaev: biography and metaphysics of thinking. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 2. Pp. 166–174. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-2-166-174

ВВЕДЕНИЕ

Многообразие форм современной литературы располагает как к следованию устоявшимся традициям, так и к поиску новых путей развития. В русле российской новейшей поэзии актуальными видятся формы, свободные от опыта прошлых эпох, характеризующиеся доступностью информации, заложенной в тексте. Наряду с тенденциями популярного поэтического мейнстрима исследовательский интерес вызывает современный интеллектуальный модус, отличие которого заключено в семиотическом потенциале слова, в ее особой («сложной») системе художественного смысла.

Одним из определений, близких к значению «заумная», интеллектуальная поэзия, является термин «метафизическая». Поскольку в гуманитарной науке нет четкого определения данного феномена, будем отталкиваться от понимания того, что оно по своей сути вариативно. Итак, в российском литературоведении сложилось устойчивое восприятие – «философское» и «интеллектуальное» равны «метафизическому». То есть сама проблема «метафизического» в поэзии вторична. Следствием такой ситуации стало определение границ



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

метафизического в рамках философского и религиозного. В связи с этим творчество Ф. Тютчева, А. Блока, И. Мандельштама определялось в рамках философской лирики. Однако существуют исследования, в которых доказывается, что метафизическое является частью поэтической системы данных авторов на онтологическом уровне [1]. В «Литературном энциклопедическом словаре» под «метафизической лирикой» значит «творчество английских поэтов-маньеристов... и их последователей» [2, с. 217–218].

Вместе с тем, как отмечает О. В. Половинкина, дословное понимание термина «метафизическое» в аспекте поэзии будет непременно связываться с идеями и смыслами, имеющими отношение к «учениям о высших причинах бытия» [3, с. 114]. Таким образом, все обозначения, термины, понятия и дефиниции, характеризующие «трансцендентность» лирического текста, – «затемненное», метафизическое, интеллектуальное, философское – в большинстве своем имеют схожую семантику и являются контекстуальными синонимами.

Несмотря на неоднозначность употребления данного термина, существует ряд работ, в которых ученые отмечают следующие критерии существования данного феномена: интеллектуализм, наличие прецедентного прототекста (Библии) (необязательное условие), остроумие, усложненный метафоризм (например, метабола, кончетто), апелляция (эксплицитная и имплицитная) субъекта к трансцендентному адресату или объекту (к тому, что находится за пределами физического мира), медитативность, философичность, тенденция к расширению границ времени и пространства, ассоциативность, концептуальность, обыденность переживаемой «метафизической» ситуации, синтез искусств (поэзия и музыка, поэзия и живопись, поэзия, музыка и живопись), «сближение» далековатых идей, мистицизм и т. д. [4, 5, 6, 7]. Вместе с тем правомерность использования данного термина применительно не только к английским поэтам барочного периода, но и в аспекте российской (русской) поэтической культуры доказывается в книге В. Е. Александрова «Набоков и потусторонность: метафизика, этика и эстетика» (США, 1991), в статье И.О. Шайтанова «Уравнение с двумя неизвестными. Поэты-метафизики Джон Донн и Иосиф Бродский» (1998) и др.

Учитывая это, можем констатировать, что метафизическое в поэзии не ограничивается временными, национальными и религиозными приоритетами.

Вместе с тем важно понимать, что именно английская «метафизическая школа» во главе с Дж. Донном и Дж. Гербертом, руководствующаяся такой творческой задачей, как «...перевод небесного на земной.., то есть перевод бесконечного в конечное», обозначила особенности той поэзии, которую до сегодняшнего времени называют метафизической [1, с. 125].

Говоря о современной национальной словесности, важно отметить, что здесь налицо зарождение новых направлений, возникших под влиянием русской литературы. Если к концу XIX века наблюдалась тенденция к усилению интереса в направлении русской советской школы как следствие отдаления от восточной, то в современном литературоведении внимание к инокультурным текстам все так же актуально, но цели и задачи авторов иные.

Обращение к более титулованному языку обусловлено не идеологическими принципами (как у предшественников), а стремлением к самоидентификации в мультикультурном пространстве. В реалиях новейшего времени стоит рассуждать о формировании транскультурных авторов, творчество которых демонстрирует развитие на уровне нескольких традиций (русской, западной, восточной), то есть их произведения занимают так называемую «пограничную» позицию. В свете обозначенной проблематики особый интерес вызывает творчество В. Мокаева, в котором просматриваются черты метафизической поэзии (метафизического стиля). Поскольку творчество автора впервые вводится в научный оборот, представляется правомерным систематизировать основные этапы личной и творческой биографии, в которой отмечены наиболее значимые достижения в профессиональном плане.

Мокаев Владимир Аллахбердиевич (27.03.1950) – русскоязычный балкарский писатель, художник, музыкант, Народный Мастер России (1997), лауреат III Артиады России, заслуженный деятель культуры КБР, родился в с. Курьи Сухоложского района Свердловской области. В настоящее время – главный хранитель Республиканского музея изобразительных искусств Нальчика.

Член Союза писателей РФ (2012), автор поэтических и прозаических сборников: «Берестовая обитель» (1985), «Спасение» (1997), «Черное окно» (2003), «Сонные воды» (2015), «Два истока» (2017), «Мальчик без времени» (2019), «Кругами Кроноса» (2007), «Боборика» (2012), «Скрижали времени» (2023), «Блудоумки» (2025), «Сатириконт» (2026).

Родители В. Мокаева – педагоги. Отец Аллахберди Тенгизович – бывший фронтовик, танкист, учил детей географии, истории и астрономии, одновременно исполняя обязанности директора. Мать, Анна Ивановна Лескина, преподавала литературу в школе.

В 1958 году семья Мокаевых переехала в Нальчик. В 1972 году В. Мокаев окончил Нальчикский технологический техникум по специальности «технология приготовления пищи». В 1974 году поступил на историко-филологический факультет КБГУ, но не завершил обучение. Со временем увлекся национальным декоративно-прикладным искусством – резьбой по дереву, изготовлением холодного оружия, национальных музыкальных инструментов (балалайки, мандолины, гитары, свирели, горские скрипки), декоративной пластической скульптурой. Принимал активное участие в различных международных выставках. После первой персональной выставки в 1990 году был приглашен в Кабардино-Балкарский музей изобразительных искусств в качестве сотрудника отдела декоративно-прикладного искусства.

Вторая персональная выставка прошла также в Нальчике в 2005 году. Работы мастера хранятся в Кабардино-Балкарском музее изобразительных искусств им. А. Л. Ткаченко, Национальном музее Чеченской Республики, в частных коллекциях в России, Японии, США, Турции, Сирии, Испании, Грузии и других странах. Таким образом, творческая деятельность В. Мокаева выходит далеко за пределы литературы, его кругозор обширен и многообразен.

Тяга к поэзии проявилась с самого детства. Первые стихи были напечатаны в газете «Пионерская правда», когда он учился в третьем классе. Дебютный поэтический сборник «Берестовая обитель» вышел в свет в 1985 году. Следующая книга «Спасение» была опубликована в 1997 году. Важной ступенью в творчестве явилось издание сборника стихов «Черное окно» в 2003 году. Книга характеризуется исповедальностью, медитативностью, включением в тексты условно-фантастических и мифологических элементов. Преобладание лирического начала объясняется наличием ассоциативной композиции, автобиографичностью, фрагментарностью сюжета, насыщенной метафоричностью текста. Самобытная образная система формируется за счет причудливой игры аллегорий, высокой архаики, изысканной стилизации, избытка тропов. Здесь налицо стилистическая усложненность поэтического текста. Стилистические предпочтения автора основаны на использовании архаизированного языка и введении в повествование элементов христианской символики. Структурно-семантическая основа архаической лексики состоит из стилистических славянизмов (наименования людей, мест, религиозной атрибутики, животных, растений, природных явлений и т.д.). Наиболее часто употребляемые поэтом лексемы – *глашатаяй, кабак, юдоль, филям, челн, тога, клирос, виссон, жрец, псалтырь и т.д.* – создают историческую атмосферу.

Здесь важно понимать, что архаизация языка, интертекстуальные отсылки – явления, относящиеся в большей степени не к стилизациям, а к способу выражения мироощущения, стремлению к первозданности, к истоку языка. Обозначенные особенности позволяют характеризовать идиостиль В. Мокаева как «обработанный под старину». Поэтический текст

как проявление индивидуально-авторской картины мира состоит из определенных форм освоения действительности на физическом уровне (синтез искусств) и метафизическом (интеллектуальный или интуитивный выход к трансцендентному объекту или субъекту).

В цикле «Библейские стихи» в произведении «Троица ветхозаветная» прочитывается собственно метафизическое и религиозное осмысление:

Вот Идет... Вот идут – Трое!
Полыхают зарницы славы,
В тишь дубрав снизошло Святое,
Вздогнул град Содомом лукавый.

Авраам ниц упал на землю,
Миг сомнений в глазах у Сарры.
– Вижу Господа! Слово внемлю...
Кто сокрылся от Высшей кары [8, с. 162].

На первый взгляд, стихи кажутся религиозными. Но по сути они настолько же религиозные, насколько и вольтерьянские. Автор вводит церковную лексику, символику, что соотносится в некотором смысле с религиозным жанром, но здесь важно понимать, что религиозное используется не в догматическом аспекте, а в «свободном» метафизическом.

Метафизическое в поэзии В. Мокаева проявляется в форме философского миропонимания, которое включает в себя собственно метафизическое и религиозное. И по сути своей сложно провести черту между метафизическим и религиозным, поскольку автор интуитивно стремится к познанию Высшего Начала, но не посредством следования той или иной религии. К примеру, историко-культурные ассоциации – обращение к Библии, античной мифологии, буддизму, иудаизму – важные компоненты, раскрывающие философское содержание в стихотворениях «Слепили из глины шута...», «Буддийские аш-рамы в дымках сонных...», «В холодном пожаре неона...», «Адам». В них не просматриваются догматические предпочтения автора, что свидетельствует о «свободной» метафизической установке поэта. Не привязанный ни к одной религиозной догматике, автор раскрывает свою веру в божественное начало, основываясь на личном интуитивном восприятии тонкого мира.

Незлободневность тематики объясняется устремленностью лирической мысли в трансцендентный мир. Здесь наблюдается попытка пересечь границы конкретно-исторических событий и найти выход в пространство абсолюта и вечного. Установка автора на «культуроцентричность» и постоянный диалог с искусством доказывают экстравертность поэзии. Причастность к различным видам творчества, в частности к живописи и скульптуре, отражается на литературном поприще:

Я долго ждал, я очень долго ждал,
Уж кости мои высохли до мела.
Из века в век песок их шлифовал,
Как древний скульптор мраморное тело.

И тот же хруст, и звон, и дикий крик,
Пробитый череп, кровь бежит висками.
Я долго ждал, я смерть свою постиг.
Покойно мне под зыбкими песками [9, с. 75].

Визуальность, пластичность поэтического языка расширяют образное и смысловое значение текста. Связь поэзии с живописью проявляется на уровне контекстов, символов, входящих к религиозно-философским учениям (иконопись, фреска, скульптура):

Нет, не уснуть забвенно мне
В покое розовой Олирны,
И не вдыхать курящей смирны
В обетованной той стране.

Я жизнь иную срисовал
Сквозь мрак стекла, не украшая:
Не Петр стоял на страже Рая,
А Аваддон пред жерлом ждал [9, с. 77].

В целом поэзии В. Мокаева присущи богоискательские идеи в аспекте философии «всеединства». Истоки данной концепции восходят к «религии космизма», определяемой как высшая форма сознания. Также этим объясняются частые отсылки писателя к мистической книге Д. Силова «Роза миров».

В 2017 году вышел в свет второй сборник В. Мокаева «Два истока». Заглавие книги как одно из проявлений авторской рефлексии является неким ориентиром для читателя, репрезентирующим идейный и философский смысл. Книгу открывает стихотворение «Все по Воле...», в котором автор повествует о своих истоках, базирующихся на двух разных концептосферах – русской и балкарской. Выросший вдали от Кавказа, писатель впитал убеждения, связанные с христианством: «Все по Воле... Рожденный в стране мастеров // На далеком Урале – земле самоцветов, // Я впитал в себя краски холодных рассветов, // Белизну зимних дней, песни вьюжных ветров». Но он не отрекался от своих корней и интуитивно чувствовал связь с родиной: «Но порою туманною грезой ночей // Доносились совсем неизвестные звуки – // Я летел над землей, распахнув ветру руки, // Пел на флейте балкарской: – Эрей-эрирей...» [10, с. 14].

Впоследствии мотив оторванности от корней, от родины трансформируется в мотив утраты культурной идентичности в условиях глобализации. В стихотворении с символическим названием «Мы» преобладают мотивы меланхолии, ностальгии и разочарования в настоящем поколении. С тревогой и беспокойством поэт делится своими размышлениями о современном обществе, видя в происходящем потерю национальной культуры и традиций: «Все в этом мире склонно к измененьям, / Основ основа – письменный язык. / О мой творец! Даруй земле терпенья, / Верни хоть то, чего народ достиг» [8, с. 220].

В последующих сборниках автор не меняет свою стратегию: произведениям характерна сложная система цитирований, аллюзий, реминисценций, определяющих многослойность текста. Обращение к мифологемам, архетипам связано с целью создания собственной символической картины мира. Также апелляция к первоистокам наводит на философские размышления о времени, вечности, быстротечности человеческого бытия.

Истоки интеллектуального модуса опять-таки восходят к символистскому миропониманию. Принцип ассоциативной поэтики сближает творчество В. Мокаева с установками поэтов-метафизиков Иосифа Бродского и француза Стефана Малларме. В целом поэзия В. Мокаева ориентирована на первоосновы жизни, на идею космического всеединства.

Автобиографическая проза также занимает важное место в его творчестве. В сборнике «Сонные воды» основным элементом рассказов является отождествление героя-рассказчика с реальным создателем произведения. В книге развернуто в хронологической ретроспективе постепенное взросление рассказчика. Изначально помещены воспоминания из

детства, истории о людях и семейных традициях. Важное значение приобретают психологический аспект, а также детский взгляд на ценности. Например, в рассказе «Агнец» повествуется о мальчике, спасающем барашка, «приготовленного к пиршественному закланию». Нравственная проблематика освещается сквозь призму детского восприятия мира, в котором неприемлемо сочетание «смерть и свадьба».

В «Американке» незатейливый сюжет об увлеченности игрой в «перышки» перерастает в интересную увлекательную историю о детской мечте – обладать заветной «американкой»¹. В рассказе «На уроке математики» автор с некоторой долей юмора описывает забавные случаи с одноклассниками. Также в данный сборник вошли притчи «Колодец счастья», «Сонные воды», «Счастье».

Проза В. Мокаева представляет собой квазиавтобиографию самого автора, описание детства, различных этапов жизни. Автобиографическая основа фабулы романа «Мальчик без времени» строится вокруг фантастического сюжета с мистическими образами, одним из которых выступает домовый Иоаким Правдолюбец. Сказочные мотивы смещают фокус с мемуарного элемента на философско-фантастический. Произведение, по сути, является продолжением автобиографической прозы «Боборика», написанной ранее. Роман изобилует множественными философскими отступлениями в виде сюрреалистических рисунков (графика выполнена исключительно карандашом), исполненных автором. Произведения перекликаются общими мотивами, сюжетами, повторяющимися художественными приемами и общим паратекстом.

В 2025 году издается книга стихов «Блудоумки», в которую включены новые произведения и сочинения последних лет. Иллюстрации как дополнение к изданию обозначены автором как «стихографика». Ядро поэзии основано на религиозно-философском постижении мира. Выбор в пользу метафизического стиля (именно стиля, а не метафизической поэзии), характеризующегося мистицизмом, осуществляется посредством художественных атрибутов, которые способствуют проецированию метафизического через онтологическое.

Метафизическое временное пространство выступает в качестве доминирующего элемента, и ему свойственно расширяться, начиная со времен Демокрита:

Я малютка, но мудрый и знающий,
Деревянная сабелька, щит,
Шоколадной фольгой сияющий,
Лопухи, на пеньке Демокрит.

Смотрит хмуро, лоб думами сморщенный,
На песке чертит тростью звезду,
Рядом пёс, весь собой растопорщенный,
Сразу видно, с собой не в ладу [11, с. 307].

Хронотоп выходит за пределы материального мира в поисках метафизического постижения бытия. Следуя традициям английской метафизической школы, В. Мокаев использует в основном христианские символы (редко античные) – Христос, Исая, Богородица Мария, пророк Даниил, Моисей, Ной, Хам и др., эклектично соединяемые с Адом, Раем, Землей.

В цикле «Шаржи» цикличность концепта связана непосредственно с идеей смерти. Здесь также проступают черты английской погребальной элегии, отчасти в индивидуальном преломлении.

¹Перо

На уровне поэтического языка автор использует цезуру и серии анжамбеманов для создания «неровности» мысли. Наряду с этим в поэзии встречается прием остроумия (кончетто), который сопровождается стилистическими перепадами от высокого к низкому, внедрением в текст смыслов, относящихся к отличным друг от друга направлениям, – от архаизированной, высокопарной речи до разговорной лексики. Ввиду отмеченного наблюдаются «усложнение стилистики», «затемнение» смысла, чему предшествует насыщенная метафоризация и сама архитектура стиха.

Таким образом, художественные константы, особенности развития хронотопа, синтез дискурсов, мистицизм обуславливают метафизическую проблематику творчества В. Мокаева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иконникова Е. А. Теоретические аспекты метафизического в поэзии // Современные гуманитарные науки на Дальнем Востоке. 2005. № 2 (6). С. 123–128.
2. Муравьев В. С. «Метафизическая лирика», «метафизическая школа» // Литературный энциклопедический словарь / под общ. ред. В. М. Кожевникова и П. А. Николаева. М.: Наука, 1987. С. 218.
3. Половинкина О. И. «Метафизическая поэзия» и «метафизический стиль»: проблема терминологического переноса // Филологическая регионалистика. 2009. № 1–2. С. 114–117.
4. Половинкина О. И. Т. С. Элиот и его теория метафизической поэзии. В кн. Метафизический стиль в истории американской поэзии. Владимир: ВГГУ, 2011. С. 236–303.
5. Шайтанов И. О. Уравнение с двумя неизвестными. Поэты-метафизики Джон Донн и Иосиф Бродский // Вопросы литературы. 1998. № 6. С. 4–38.
6. Горбунов А. Н. Джон Донн и английская поэзия XVI–XVII веков. М., 1993. 186 с.
7. Кружков Г. М. Сложная речь (еще о метафизике) // Арион. 2001. № 2. URL: magazines.russ.ru/arion/2001/2/kruj.htm (дата обращения: 15.01.2026).
8. Мокаев В. А. Скрижали времени. Нальчик: Принт Центр, 2023. 695 с.
9. Мокаев В. А. Черное окно. Нальчик: Эльбрус, 2003. 136 с.
10. Мокаев В. А. Два истока. Нальчик: ООО «Тетраграф», 2017. 319 с.
11. Мокаев В. А. Блудомки. Нальчик: Принт Центр, 2025. 900 с.

REFERENCES

1. Ikonnikova E.A. Theoretical aspects of metaphysics in poetry. *Modern Humanities in the Far East*. 2005. No. 2(6). Pp. 123–128. (In Russian)
2. Muravyov V.S. “Metaphysical lyrics”, “Metaphysical school”. *Literaturnyy entsiklopedicheskiy slovar* / edited by V. M. Kozhevnikov and P. A. Nikolaev. Moscow, 1987. P. 218. (In Russian)
3. Polovinkina O.I. "Metaphysical poetry" and "Metaphysical style": the problem of terminological transfer. *Filologicheskaya regionalistika*. 2009. No. 1–2. Pp. 114–117. (In Russian)
4. Polovinkina O.I. *T.S. Eliot i yego teoriya metafizicheskoy poezii* [T. S. Eliot and his theory of metaphysical poetry]. In book. *Metafizicheskiy stil' v istorii amerikanskoj poezii*. Vladimir: VGGU, 2011. Pp. 236–303. (In Russian)
5. Shaitanov I.O. Equation with two unknowns. The metaphysical poets John Donne and Joseph Brodsky. *Voprosy Literaturey*. 1998. No. 6. Pp. 4–38. (In Russian)
6. Gorbunov A.N. *Dzhon Donn i angliyskaya poeziya XVI–XVII vekov* [John Donne and English poetry of the 16th–17th centuries]. Moscow, 1993. 186 p. (In Russian)
7. Kruzhkov G.M. Complex speech (more on metaphysics). *Arion*. 2001. No. 2. URL: magazines.russ.ru/arion/2001/2/kruj.htm (accessed: 15/01/2026). (In Russian)

8. Mokaev V.A. *Skrizhali vremeni* [Tablets of time]. Nalchik: Print Center, 2023. 695 p. (In Russian)
9. Mokaev V.A. *Chernoje okno* [Black window]. Nalchik: Elbrus, 2003. 136 p. (In Russian)
10. Mokaev V.A. *Dva istoka* [Two sources]. Nalchik: Tetragraf LLC, 2017. 319 p. (In Russian)
11. Mokaev V.A. *Bludoumki* [Bludoumki]. Nalchik: Print Center, 2025. 900 p. (In Russian)

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторе

Керимова Раузат Абдуллаховна, канд. фил. наук, ст. науч. сотр. сектора карачаево-балкарской литературы, Институт гуманитарных исследований – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Пушкина, 18;

K.roza07@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1964-4511>, SPIN-код: 1548-5430

Information about the author

Rauzat A. Kerimova, Candidate of Philological Sciences, Senior Researcher, Karachay-Balkar Literature Department, Institute of Humanitarian Researches – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

18, Pushkin street, Nalchik, 360000, Russia;

K.roza07@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1964-4511>, SPIN-code: 1548-5430

Людмиле Климентьевне Бабенко – 80 лет



Людмила Климентьевна Бабенко – доктор технических наук (1994), профессор (1999), действительный член Российской академии естествознания (2010), член-корреспондент Российской академии естественных наук (2006). Профессор Л. К. Бабенко, работая в Таганрогском радиотехническом институте – Южном федеральном университете (ЮФУ) с 1970 года, занимала должности инженера, старшего научного сотрудника, заведующей лабораторией Научно-исследовательского института многопроцессорных вычислительных систем (НИИ МВС), профессора кафедры безопасности информационных технологий (БИТ), заместителя директора Южно-Российского регионального учебно-научного центра по проблемам информационной безопасности (ЮР РУНЦ ИБ), директором

научно-образовательного центра «Современные технологии безопасности». В настоящее время она является профессором кафедры БИТ и исполняющим обязанности директора ЮР РУНЦ ИБ.

Научные направления деятельности: криптография, анализ стойкости криптографических алгоритмов, программно-аппаратная защита информации, анализ безопасности криптографических протоколов, многопроцессорные вычисления, анализ текстов низкого качества. Л. К. Бабенко являлась руководителем десятков научно-исследовательских работ, грантов, хозяйственных договоров. Ею опубликовано более 300 научных статей в рецензируемых изданиях, в том числе с индексацией в международных базах данных SCOPUS, WoS, 7 монографий. Имеет 14 авторских свидетельств на изобретения, более 20 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

В последние десятилетия являлась руководителем нескольких научно-исследовательских работ, выполняемых по заказам оборонных ведомств, в том числе одной работы по государственному оборонному заказу.

На протяжении 30 лет являлась членом нескольких диссертационных советов по специальностям, связанным с информационными технологиями, в Таганрогском государственном радиотехническом университете, Ростовском и Ставропольском государственных университетах. На протяжении 15 лет с 2004 г. являлась заместителем председателя в диссертационных советах ЮФУ Д 212. 259.06 и Д 212. 208. 25 по специальностям 05.13.19 и 05.25.05. С 2020 г. по настоящее время Л. К. Бабенко – председатель диссертационных советов ЮФУ по специальностям 05.13.19 и 2.3.6. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность – технические науки.

Профессор Л. К. Бабенко активно ведет образовательную деятельность. Под ее руководством 13 аспирантов получили степень кандидата технических наук. Ею подготовлены и читаются курсы по следующим дисциплинам: «Криптографические методы защиты информации», «Программно-аппаратная защита информации», «Анализ безопасности протоколов». Л. К. Бабенко опубликовала несколько учебных пособий по проблемам информационной безопасности.

Научную и образовательную деятельность Л. К. Бабенко сочетает с научно-организационной и общественной работой. Она является экспертом РНФ, РФФИ, членом редколлегии журналов «Известия ЮФУ. Технические науки», «Вопросы кибербезопасности», «Инженерный вестник Дона», включенных в перечень ВАК. Являлась председателем программного комитета международной конференции Security of Information and Networks в 2010–2018 годах, заместителем председателя организационного комитета этой конференции в 2019 году, заместителем председателя программных комитетов XV и XVI международных научно-практических конференций имени Олега Борисовича Макаревича «Современные методы, средства и технологии защиты информации».

Имеет почетное звание Российской академии естествознания «Основатель научной школы «Криптографические методы и средства обеспечения информационной безопасности».

За добросовестный труд и достижение высоких показателей в научной, учебно-методической и общественной работе Л. К. Бабенко в 2005 году награждена нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации»; в 2021 году знаком отличия «Ветеран» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; в 2013 году благодарностью Минобрнауки за высокий профессионализм в проведении экспертизы заявок, поданных в 2013 г. в рамках конкурса на получение гранта Правительства Российской Федерации; медалью ФСТЭК России «За укрепление государственной системы защиты информации»; в 2012 году грамотой ФСТЭК России за активное участие в решении задач в области защиты информации в интересах ФСТЭК России и личный вклад в организацию и подготовку специалистов в области обеспечения информационной безопасности Российской Федерации; благодарностью и юбилейной медалью II степени «За заслуги перед Южным федеральным университетом».

Уважаемая Людмила Климентьевна, коллектив Кабардино-Балкарского научного центра РАН от всей души поздравляет Вас с 80-летием! Желаем крепкого здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов на благо российской науки!

Юрию Хасановичу Шогенову – 65 лет



Юрий Хасанович Шогенов, 12.04.1961 г. р., инженер-механик (1983), физик (1988), кандидат технических наук (1989), старший научный сотрудник (1993), доктор технических наук (2000). С отличием окончил Кабардино-Балкарский государственный университет (Кабардино-Балкарский агрономелиоративный институт) по специальности «инженер-механик» (1983) и Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (МГУ имени М. В. Ломоносова) по специальности «физика» (1988). Стаж научной и образовательной деятельности – 43 года, автор более 320 научных работ, из которых 7 монографий, 42 патента и авторских свидетельств.

Среднюю школу (пос. Чегем-1 Чегемского района КБР) окончил с золотой медалью (1978). Во время учебы в университете был Ленинским стипендиатом, председателем научно-студенческого совета. Учебно-производственную практику прошел на заводе «Ростсельмаш» (г. Ростов-на-Дону), производившем известные отечественные комбайны «Нива».

В 1983 г. принят стажером-исследователем в Московский гидромелиоративный институт (МГМИ) на кафедру «Электротехника, электрификация и автоматизация ГМС». Поступил в аспирантуру той же кафедры в 1985 г. Одновременно поступил в МГУ имени М. В. Ломоносова и окончил его в 1988 г. Защитил кандидатскую диссертацию в 1989 г. В 1993 г. утвержден в ученом звании старшего научного сотрудника (решением ВАК при Совете Министров СССР). Докторскую диссертацию защитил в 2000 году в Московском государственном агроинженерном университете имени В. П. Горячкина. После завершения аспирантуры и защиты кандидатской диссертации работал старшим научным сотрудником в научно-исследовательском секторе МГМИ, затем в 1989 г. распределен для продолжения научной работы в Подмосковный филиал Всероссийского НИИ механизации сельского хозяйства (ПФ ВИМ), где работал младшим (1989), старшим научным сотрудником (1990) и заведующим лабораторией «Уборка и послеуборочная обработка и подготовка семян к посеву» Подмосковной экспериментальной базы ВИМ (с 2002 г.). Окончил специальный факультет Международного учебно-научного лазерного центра МГУ имени М. В. Ломоносова по специальности «Лазерная физика и технология» (1991).

В 2004 г. переведен главным специалистом в Отделение механизации, электрификации и автоматизации сельского хозяйства (ОМЭиА) Россельхозакадемии (РАСХН), с 2006 г. – ученый секретарь ОМЭиА РАСХН. В 2007–2014 гг. – заведующий сектором электрификации и автоматизации ОМЭиА РАСХН. Награжден Почетной грамотой Россельхозакадемии за многолетний добросовестный труд (2011). Ветеран труда с 2016 г. В связи с реорганизацией государственных академий наук (ФЗ от 27.09.2013 № 253-ФЗ) переведен заведующим сектором механизации, электрификации и автоматизации (МЭиА) Отдела сельскохозяйственных наук (ОСХН) РАН в 2014–2020 гг. В 2020 г. – начальник сектора растениеводства и процессов механизации Отдела сельскохозяйственных наук

Российской академии наук (РАН). С 2020 г. по настоящее время – начальник сектора механизации, электрификации и автоматизации Отдела сельскохозяйственных наук Российской академии наук (РАН).

Ю. Х. Шогенов – ученый в области электрификации сельскохозяйственного производства и автоматизации технологических процессов в тепличном производстве и открытом грунте. Автор теоретических и экспериментальных исследований по малоэнергоёмким ресурсосберегающим технологиям и техническим системам: повышение устойчивости сельскохозяйственных культур к неблагоприятным факторам среды; управление их адаптивным потенциалом с учетом качества и состояния растений и семян; реализация условий потенциальной продуктивности биосистем в условиях надпороговых, подпороговых или пороговых воздействий природно-климатических и электрофизических факторов и их комбинаций. Разработаны биотехнические системы быстрой прижизненной диагностики функционального состояния растительных биосистем.

В фундаментальном плане решены задачи построения распределенной модели активной сети проводящих кабелей и поверхностных градиентов многокомпонентных бегущих электрических потенциалов и прогнозирования поведения растительной биосистемы методом многомерных клеточных автоматов в условиях пространственно-временного изменения качественного состояния структурированной электропроводящей системы растения. Установлены механизмы воздействия низкоэнергетического локального лазерного и некогерентного ЭМИ на живую растительную ткань. Получен прецизионный и нормированный по входной интенсивности и степени локализации спектр действия локального узкополосного электромагнитного излучения (ЭМИ) на электрические отклики растения в расширенном диапазоне длин волн (от 380 нм до 9 мм), включая также информативные, непосредственно не связанные с фотосинтезом другие участки спектра, в т.ч. инфракрасный и миллиметровый диапазоны.

Бесценный и продолжительный опыт научной работы Ю. Х. Шогенова под руководством академиков И. С. Шатилова, Л. Г. Прищепа, Г. И. Тараканова, И. Ф. Бородина, чл.-корр. РАН Н. Н. Третьякова, профессора, д.ф.-м.н. Ю. М. Романовского, профессора, д.т.н. А. Х. Шогенова и др. известных ученых сельскохозяйственной науки и ученых-физиков позволил решить поставленные непростые научные задачи на высоком научно-методическом уровне. Результаты фундаментальных и экспериментальных исследований используются в учебном процессе и научной работе со студентами и аспирантами Российского государственного аграрного университета РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева и МГУ имени М. В. Ломоносова.

Ю. Х. Шогенов – член бюро Отделения сельскохозяйственных наук РАН ОСХН РАН (постановление президиума РАН от 11.10.2022 № 223), член экспертного совета ВАК при Минобрнауки Российской Федерации по инженерным и агропромышленным наукам. Входит в состав диссертационных советов в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (24.1.247.01) и ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ (35.2.015.02) по защите кандидатских и докторских диссертаций. Член комиссии РАН по работе с научной молодежью; комиссии секции МЭиА ОСХН РАН по рассмотрению кандидатов на утверждение звания «профессор РАН». Входит в состав Секции аграрного образования, сельскохозяйственного консультирования и организации научных исследований в АПК НТС Минсельхоза России, Научно-технического совета при МЧС России. Член Бюро научного совета РАН по метрологическому обеспечению и стандартизации (постановление президиума РАН от 04.02.2025 № 20). Является членом редакционных советов и коллегий рецензируемых научных журналов «Агроинженерия», «Техника и оборудование для села», «Вестник Казанского государ-

ственного аграрного университета», «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН», «Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова», «Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева».

Под его руководством защищены 3 кандидатские диссертации по техническим наукам. Осуществляет научное руководство аспирантами и докторантами. Опубликовал в соавторстве учебник «Аналоговая, цифровая и силовая электроника» (издательство «Физматлит») для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-технической специальности «агроинженерия», профилям «электрооборудование и электротехнологии», «электропривод и автоматика», «электроснабжение», «электроэнергетика», «теплоэнергетика и теплотехника», а также по другим образовательным направлениям.

Ю. Х. Шогенов избран членом-корреспондентом РАН на общем собрании Российской академии наук (2019), с 2022 г. – академик РАН.

Уважаемый Юрий Хасанович, коллектив Кабардино-Балкарского научного центра РАН поздравляет Вас с 65-летним юбилеем! Желаем крепкого здоровья, счастья и плодотворной реализации новых идей и проектов, сил и удачи, дальнейших успехов на благо российской науки!

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. Агронимия, 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 «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» вошел в Единый государственный перечень научных изданий – «Белый список» (решение Межведомственной рабочей группы по формированию и актуализации «Белого списка» научных журналов, 09.09.2025), 4-й уровень.

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. 1320):

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. Агронимия, 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. Агротехника, 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 (за оказание услуг по редакционно-издательской обработке статей). 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, цель, материалы и методы, результаты научного исследования, заключения (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 полнзначное 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 journala* [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 А4 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 А4 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 неуказания 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 "News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS" has been added to the Unified State List of Scientific Publications – the "White List", level 4 (decision of the Interdepartmental Working Group on Formation and Update of the "White List" of Scientific journals, September 9, 2025).

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. 1320):

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 providing articles editing and publication services). 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 relevance, aim, materials and methods, results of the scientific research, conclusions (conclusion), volume – 150–200 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 28 № 2 2026

Сквозной номер выпуска – 130

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. Канукова*

Перевод – *М. А. Дышекова*



Подписано в печать 20.04.2026 г. Дата выхода в свет: 30.04.2026 г.

Формат бумаги 60x84 ¹/₈. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 21,85

Цена свободная

Свидетельство о регистрации Эл № ФС 77-90616 от 29.12.2025 выдано Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Учредитель: Кабардино-Балкарский научный центр РАН

Адрес редакции и издателя: 360010, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

ISSN 1991-6639



9 771991 663000 >



DOI: 10.35330/1991-6639