

Print ISSN 1991-6639
Online ISSN 2949-1940

Том 28 № 4



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 № 4 2026

Сквозной номер выпуска – 132

Журнал основан в 1998 г. Выходит 6 раз в год

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

Регистрационный номер СМИ Эл № ФС 77-90616 от 29.12.2025 выдан 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. 4 2026

Continuous issue number – 132

The journal was founded in 1998, 6 issues per year

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

Media Registration No. FS 77-90616, dated December 29, 2025, issued by the Federal Service
for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media

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 № 4 2026

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

Науки о Земле и окружающей среде

Современный лавинный режим ВТРК «Эльбрус» <i>А. М. КЕРИМОВ, З. Т. АКШАЯКОВ, М. Л. ДОЛОВА</i>	11
---	----

Информационные технологии и телекоммуникации

Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Применение симуляторов Gazebo и Webots для проверки физической совместимости мобильных роботов со складским помещением <i>А. С. ПОДГОРНЫЙ, Р. А. МУНАСЫПОВ</i>	21
---	----

Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования

Точные решения для нестационарных изобарических течений вязкой несжимаемой жидкости в слое с проницаемыми границами и постоянной поперечной скоростью <i>К. В. ГУБАРЕВА, Е. Ю. ПРОСВИРЯКОВ, А. В. ЕРЕМИН</i>	33
---	----

Информатика и информационные процессы

Проектирование iOS-приложения интеллектуального туристического гида с интеграцией AI-сервисов: архитектура, UX и технологии <i>К. А. БЕРЕЖНОЙ</i>	46
Проблемы семантической композиции гетерогенных данных в городских информационных системах и подходы к их решению <i>Д. А. РЫБАКОВ</i>	62

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Общее земледелие и растениеводство

Технология возделывания гибрида кукурузы Машук 390 МВ с применением современных удобрений и гербицидов <i>В. Н. БАГРИНЦЕВА, И. Н. ИВАШЕНЕНКО, С. В. КУЗНЕЦОВА, И. А. ШМАЛЬКО, Е. И. ГУБА, С. Н. ТАРАСЮК</i>	77
--	----

Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Влияние доз азотных подкормок на аккумуляцию макро- и микроэлементов в растениях озимой пшеницы, формирование урожая и экономическую эффективность производства <i>А. Н. ЕСАУЛКО, В. Н. СИТНИКОВ, А. Ю. ОЖЕРЕДОВА, С. А. КОРОСТЫЛЕВ, О. А. ШЕВЧЕНКО</i>	87
Зависимость вредоносности столбура от обеспеченности элементами питания растений томатов <i>М. А. КИМОВ, Л. М. ХРОМОВА, М. И. АНЧЁКОВ, Д. А. КИМОВА</i>	97

Влияние видов минеральных удобрений на динамику агрохимических показателей почвы, урожайность и качество семян подсолнечника <i>А. Ю. ОЖЕРЕДОВА, А. Н. ЕСАУЛКО, Е. А. УСТИМЕНКО, Н. В. ГРОМОВА, Дж. З. АБДУЛЛАЕВ</i>	106
---	-----

Экономика

Региональная и отраслевая экономика

Учет управленческой гибкости при оценке инвестиционных проектов на основе теории реальных опционов <i>Н. В. ГРЫЗУНОВА, А. М. ТРАМОВА</i>	117
Синергетические и ограничивающие эффекты взаимодействия экосистем и цифровых платформ в инновационной экономике <i>К. В. ДЬЯЧКОВ, Г. В. ДЬЯЧКОВ</i>	130
Модели и методы управления институционально-регуляторной средой для развития технологий искусственного интеллекта и робототехники <i>О. З. ЗАГАЗЕЖЕВА, С. Х. ШАЛОВА, И. А. МАМБЕТОВ</i>	145
Реновация терренкура как инструмент устойчивого развития курортного города: опыт Нальчика <i>Б. Т. ЮАНОВ</i>	156

Филология

Поэтическая индивидуальность Оюса Уянова <i>А. М. ГУЗИЕВА (САРБАШЕВА)</i>	176
--	-----

Юбиляры

К 50-летию директора Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра Российской академии наук <i>Андрея Леонидовича Ронжина</i>	186
---	-----

Правила для авторов журнала	188
--	-----

CONTENTS

News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS Vol. 28 No. 4 2026

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

Earth and Environmental Sciences

The modern avalanche regime of the Elbrus All-Season Tourist and Recreational Complex <i>A.M. KERIMOV, Z.T. AKSHAYAKOV, M.L. DOLOVA</i>	11
--	----

Information Technologies and Telecommunications

System analysis, management and information processing, statistics

Gazebo and Webots simulators for mobile robot physical compatibility verification in a warehouse environment <i>A.S. PODGORNİY, R.A. MUNASYPOV</i>	21
---	----

Computer modeling and design automation

Exact solutions for unsteady isobaric flows of a viscous incompressible fluid in a layer with permeable boundaries and a constant transverse velocity <i>K.V. GUBAREVA, E.Yu. PROSVIRYAKOV, A.V. EREMIN</i>	33
--	----

Informatics and information processes

Designing an iOS intelligent tourist guide application with integrated AI services: architecture, UX, and technologies <i>K.A. BEREZHNOI</i>	46
Semantic composition challenges of heterogeneous data in urban information systems and frameworks for their resolution <i>D.A. RYBAKOV</i>	62

Agronomy, Forestry and Water Management

General farming and crop production

Cultivation technology of maize hybrid Mashuk 390 MV with the application of modern fertilizers and herbicides <i>V.N. BAGRINTSEVA, I.N. IVASHENENKO, S.V. KUZNETSOVA, I.A. SHMALKO, E.I. GUBA, S.N. TARASYUK</i>	77
--	----

Agrochemistry, agrosoil science, plant protection and quarantine

Influence of nitrogen fertilization rates on the accumulation of macro- and microelements in winter wheat plants, crop formation, and economic efficiency of production <i>A.N. ESAULKO, V.N. SITNIKOV, A.Yu. OZHEREDOVA, S.A. KOROSTYLEV, O.A. SHEVCHENKO</i>	87
Dependence of stolbur harmfulness on the nutrient supply of tomato plants <i>M.A. KIMOV, L.M. KHROMOVA, M.I. ANCHEKOV, D.A. KIMOVA</i>	97

Effect of mineral fertilizer types on the dynamics of soil agrochemical properties, yield, and sunflower seed quality <i>A.Yu. OZHEREDOVA, A.N. ESAULKO, E.A. USTIMENKO, N.V. GROMOVA, J.Z. ABDULLAYEV</i>	106
--	-----

Economy

Regional and sectoral economics

Accounting for managerial flexibility in investment project evaluation based on real options theory <i>N.V. GRYZUNOVA, A.M. TRAMOVA</i>	117
Synergistic and constraining effects of interaction between ecosystems and digital platforms in the innovation economy <i>K.V. DYACHKOV, G.V. DYACHKOV</i>	130
Models and methods for managing the institutional and regulatory framework to advance artificial intelligence and robotics technologies <i>O.Z. ZAGAEZHEVA, S.Kh. SHALOVA, I.A. MAMBETOV</i>	145
Terrenkur renovation and resort city sustainability: the experience of Nalchik <i>B.T. YUANOV</i>	156

Philology

Oyus Uyanov's poetic individuality <i>A.M. GUZIEVA (SARBASHEVA)</i>	176
--	-----

Anniversaries

Honoring the 50th Birthday of <i>Andrey Leonidovich Ronzhin</i> , Director of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences.....	186
---	-----

Publishing regulations for the authors	188
---	-----

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

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Махошева 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 Феоодович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

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

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

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief:

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

Deputy Editor in Chief:

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

Responsible Secretary:

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

Members of the Editorial Board:

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

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

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

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

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

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

Boris Ch. Bizhoev, 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. Dзамikhov, 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

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 Computer Science and Problems of Regional Management – 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 Computer Science and Problems of Regional Management – 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. Shevkhezhev, 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

Современный лавинный режим ВТРК «Эльбрус»

А. М. Керимов[✉], З. Т. Акшаяков, М. Л. Долова

Высокогорный геофизический институт
360001, Россия, г. Нальчик, проспект Ленина, 2

Аннотация. В статье дана краткая характеристика лавинного режима исследуемого района. Оценивается лавинный риск на территории всесезонного туристско-рекреационного комплекса «Эльбрус» (ВТРК «Эльбрус»). Для решения данной проблемы в программе «Google Earth Pro» составлена карта-схема лавиносборов от г. Тырныауза до поляны Азау, состоящая из 116 лавиносборов. Кадастр зарегистрирован в системе базы данных ЕГИСУ НИОКТР. В статье приводится фрагмент данной карты-схемы.

Используя кадастр лавиносборов ВТРК «Эльбрус» и социально-экономические данные административного района, авторы рассчитали лавинные риски R_n и R_{nd} для разных участков с различным значением риска. Эти значения приведены в иллюстрациях и таблицах. Анализ полученных результатов позволил выделить лавиносборы, представляющие наибольший лавинный риск.

Цель статьи – оценить современный лавинный режим территории всесезонного туристско-рекреационного комплекса «Эльбрус», выполнить количественную оценку индивидуального и коллективного лавинного риска на основе кадастра лавиносборов Баксанского ущелья и определить участки, представляющие наибольшую опасность для населения, туристов и объектов инфраструктуры.

Научная новизна заключается в комплексной оценке лавинного риска на основе созданного кадастра лавиносборов и электронной карты-схемы в программе «Google Earth Pro». Выполнено районирование исследуемой территории по степени лавинной опасности и рассчитаны показатели индивидуального и коллективного лавинного риска для различных участков. На основе пространственного анализа выявлены зоны с неприемлемым уровнем риска и определены наиболее опасные лавиносборы, угрожающие населенным пунктам, туристическим объектам и транспортной инфраструктуре.

Методологическую основу работы составили архивные материалы Эльбрусской военизированной службы по борьбе с геофизическими процессами, содержащие сведения о лавинной деятельности за многолетний период наблюдений, кадастр лавиносборов Баксанского ущелья, созданный на основе ранее выполненных исследований и дополненный современными данными, а также демографическая информация по территории Эльбурского муниципального района. Исследование базировалось на применении методов картографического анализа, геоинформационного моделирования в среде «Google Earth Pro», районирования территории по степени лавинной активности и расчета показателей индивидуального и коллективного лавинного риска с учетом повторяемости лавин, пространственно-временной уязвимости и плотности.

Вывод. Установлено, что существующая система противолавинной защиты в Приэльбрусье не обеспечивает необходимый уровень безопасности населения и рекреантов. Наибольшие значения индивидуального и коллективного лавинного риска характерны для районов Чегета, Терскола и Северного цирка, где риск превышает допустимые нормативные значения. При дальнейшем освоении Приэльбрусья необходимо учитывать результаты оценки лавинного риска и размещать объекты инфраструктуры на участках, менее подверженных воздействию опасных природных процессов.

Ключевые слова: лавинный кадастр, уязвимость в пространстве, полный лавинный риск, индивидуальный лавинный риск

Поступила 17.06.2026, одобрена после рецензирования 20.07.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Керимов А. М., Акшайков З. Т., Долова М. Л. Современный лавинный режим ВТРК «Эльбрус» // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 11–20. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-11-20

Original article

The modern avalanche regime of the Elbrus All-Season Tourist and Recreational Complex

A.M. Kerimov✉, Z.T. Akshayakov, M.L. Dolova

High-mountain Geophysical Institute
2, Lenin avenue, Nalchik, 360001, Russia

Abstract. The paper provides a brief characterization of the avalanche regime in the study area. It evaluates the avalanche risk within the territory of the Elbrus All-Season Tourist and Recreational Complex (Elbrus ATRC). To address this problem, a schematic map consisting of 116 avalanche paths was compiled in Google Earth Pro, covering the area from the city of Tyrnauz to the Azau Meadow. The cadastre is registered in the EGISU database system. A fragment of this schematic map is presented in the article.

Using the Elbrus ATRC avalanche path inventory and socio-economic data of the administrative district, the authors calculated the avalanche risks R_n and R_{ind} for various sections with different risk levels. These values are provided in the figures and tables. Based on the analysis of our results, we identified the specific avalanche paths posing the greatest risk.

Aim. The study aims to assess the contemporary Elbrus resort avalanche regime, quantitatively evaluate individual and collective avalanche risks using the Baksan Valley inventory, and identify the most hazardous sections for the population, tourists, and infrastructure.

The novelty of this work consists in the comprehensive evaluation of avalanche risks utilizing a newly compiled avalanche inventory and a digital schematic map developed within the Google Earth Pro environment. We have performed hazard zoning of the study area based on avalanche danger levels and calculated individual and collective risk indicators for different sections. Spatial analysis enabled the identification of zones with unacceptable risk levels and the determination of the most hazardous avalanche paths threatening settlements, tourist facilities, and transportation infrastructure.

The methodology rests on archival data from the Elbrus Militarized Avalanche Protection Service covering a long-term observation period, a updated Baksan Valley avalanche inventory, and demographic information for the Elbrus Municipal District. Our research involved applying cartographic analysis, geospatial modeling in Google Earth Pro, zoning the territory by avalanche activity levels, and calculating individual and collective avalanche risk indicators based on avalanche frequency, spatiotemporal vulnerability, and density.

Conclusion. The study demonstrates that the current avalanche mitigation system in the Elbrus region fails to ensure the necessary level of safety for both local residents and tourists. The maximum individual and collective avalanche risks are found in Cheget, Terskol, and the Severny Cirque,

© Kerimov A.M., Akshayakov Z.T., Dolova M.L., 2026



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

exceeding acceptable safety thresholds. Further socio-economic development of the Elbrus region must incorporate these avalanche risk assessment findings, ensuring that new infrastructure is situated in areas with lower exposure to natural hazards.

Keywords: avalanche inventory, spatial vulnerability, overall avalanche risk, individual avalanche risk

Submitted 17.06.2026,

approved after reviewing 20.07.2026,

accepted for publication 07.08.2026

For citation. Kerimov A.M., Akshayakov Z.T., Dolova M.L. The modern avalanche regime of the Elbrus All-Season Tourist and Recreational Complex. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 11–20. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-11-20

ВВЕДЕНИЕ

Исследуемый район известен как один из рекреационных центров РФ, обладающий большим потенциалом рекреационных ресурсов, особенно альпинизма и горнолыжных видов спорта. Сколь интенсивно идет рекреационное освоение района, столь стремительно растет и лавинная опасность. В настоящее время достаточно интенсивно изучается лавинная деятельность, и появились термины, описывающие лавинные процессы: лавинная активность, лавинная опасность и лавинный риск [1, 2]. Особенно актуальной проблема оценки лавинной опасности стала в связи с принятием Постановления Правительства РФ от 14 октября 2010 г. N 833 «О создании особых экономических зон и туристического кластера в Северо-Кавказском федеральном округе» [8]. Указанное постановление послужило триггером для интенсивного освоения территории, что привело к повышению лавинной опасности и лавинного риска. В связи с этим рассчитаны значения лавинного риска для нескольких участков рассматриваемой территории. Лавинный риск – это вероятность потерь вследствие воздействия лавин за определенное время (например, за год). Лавинный риск определяется из количественных расчетов опасности, ожидаемых жертв или экономического ущерба [2].

Для ВТРК «Эльбрус» составлены кадастр для 116 лавиносборов и электронная карта-схема в программе «Google Earth Pro». Кадастр зарегистрирован в системе базы данных [3]. Указанная территория по степени лавинной активности разделена на 9 участков (от г. Тырныауза до поляны Азау) протяженностью 45 км [5], которые представляют угрозу безопасности людей, а также могут нанести значительный ущерб отраслям экономики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения расчетов были использованы следующие источники информации: архивные данные Эльбрусской военизированной службы по борьбе с геофизическими процессами (Эльбрусская ВСБГ), охватывающие период с 1980-х гг. по настоящее время. Эти отчеты содержат сведения о датах, местах, типах и характеристиках сходявших лавин [9]; кадастр лавиносборов, составленный на основе работ В. С. Читадзе [5] и дополненный современными данными (рис. 1). Вся территория была разделена на 9 участков для удобства анализа; использованы демографические данные, предоставленные администрацией Эльбрусского муниципального образования, включая численность и плотность населения в различных населенных пунктах и туристических зонах.

На рисунке 1 приведена карта-схема лавиносборов с использованием кадастра лавин [3].

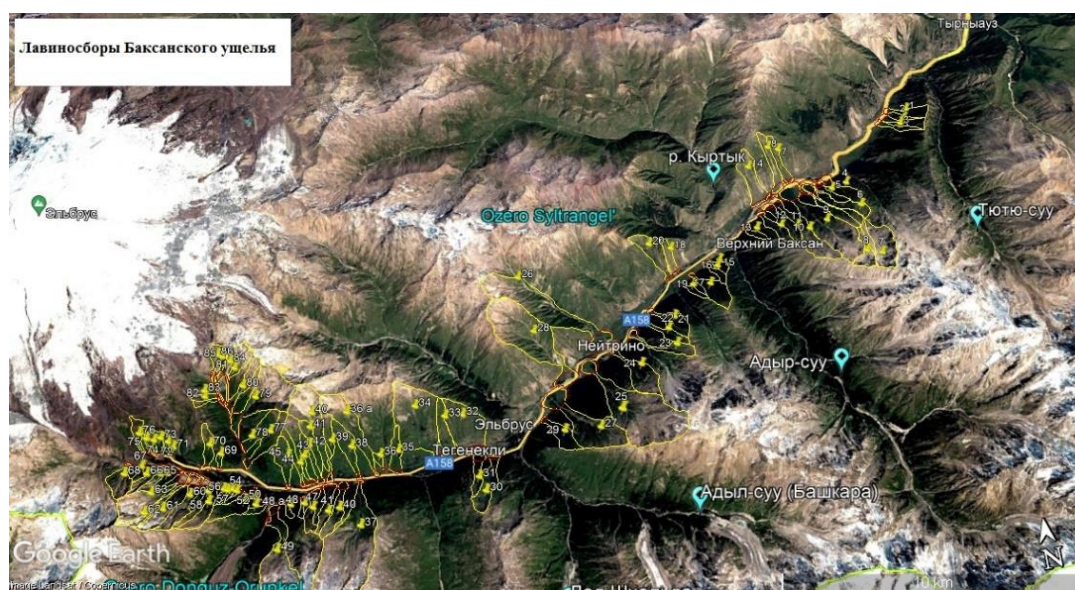


Рис. 1. Электронная карта-схема лавиносборов в Баксанском ущелье (ВТРК «Эльбрус») (составлена авторами)

Fig. 1. Digital map of avalanche paths in the Baksan Valley (Elbrus ATRC), developed by the authors

Номерами обозначены 116 исследуемых нами лавиносборов в Баксанском ущелье, желтой линией выделены сами лавиносборы.

Анализ исследуемых данных выявил, что 1–3 участки имеют допустимый уровень лавинного риска, а 5–9 участки – неприемлемый уровень риска [7]. В таблице 1 представлен лавиноопасный участок от Тегенекли (№ 30) до поляны Чегет.

Таблица 1. Лавины, сходящие с турбазы «Эльбрус» до поляны Чегет (правый склон долины р. Баксан) (составлена авторами)

Table 1. Avalanches occurring from the Elbrus tourist center to Polyana Cheget (right slope of the Baksan River valley), compiled by the authors

№ п/п	№	Координаты	Средний уклон, % α транзита/ α зарождения	Площадь лавиносбора, км ²	Площадь зоны поражения, км ²	Высота лавиносбора Max Min	Длина зоны транзита, м	Тип лавины (по Тушинскому)
1	30	43°13'59.78"C 42°37'8.08"B	45,8/36,4	1,0	0,091	3195 1813	2230	ПЛ-2
2	31	42°37'0.45"B 42°37'0.45"B	46,1/37,2	0,50	0,13	2865 1830	1710	ПЛ-2
3	37	43°13'47.52"C 42°33'46.35"B	32,8/30,3	5,1	0,046	3757 1960	3740	ПЛ-2
4	40	43°14'12.13"C 42°33'16.91"B	46,3/40,2	0,68	0,11	3190 1971	1890	ПЛ-3
5	41	43°14'10.59"C 42°33'0.67"B	48,3/42,6	0,54	0,068	3176 1994	1640	ПЛ-3
6	47	43°14'18.56"C 42°32'35.49"B	51,2/40,3	0,55	0,066	3142 2017	1760	ПЛ-3
7	48	43°14'25.98"C 42°32'21.29"B	52,1/42,3	0,12	0,013	2642 2036	828	ПЛ-3
8	48a	43°14'27.73"C 42°31'57.99"B	50,3/39,8	0,14	0,024	2479 2047	773	ЛЛ-3
9	49	43°13'37.48"C 42°31'35.78"B	36,4/34,2	2,1	0,14	3609 2085	3030	ПЛ-3

В таблице 2 представлены полученные значения для ключевых участков ВТРК «Эльбрус».

Таблица 2. Показатели лавинного риска в долине р. Баксан (ВТРК «Эльбрус») (составлена авторами)

Table 2. Avalanche risk indicators in the Baksan River valley (Elbrus ATRC), compiled by the authors

Обозначение лавинного участка или лавиносбора (№ участка)	Повторяемость лавин, 1/год	Уязвимость во времени, V_t	Уязвимость в пространстве, V_s	D , чел.	d Плотность населения, чел/ км ²	$R_{п}^*$, жертв / год	R_{ind}^* , 1/год
2-й участок	0,04	0,017388	0,029	481	14,58	0,0003	$6 \cdot 10^{-7}$
3-й участок	0,189	0,017388	0,064	3402	109,4	0,023	$6,7 \cdot 10^{-6}$
Чегет	0,033	0,414	0,3	1500	5000	20,4	$1,36 \cdot 10^{-2}$
Терскол	0,5	0,414	0,15	2000	3838	119	$2,1 \cdot 10^{-2}$
Северный цирк, 7-й участок	6,37	0,414	0,0715	113	839	158	$1,4 \cdot 10^{-2}$

*) $R_{п}$ – полный социальный лавинный риск, жертв/год;
 R_{ind} – индивидуальный лавинный риск, 1/год;

Анализ данных показывает резкий контраст между малонаселенными участками (2-й и 3-й) и туристическими центрами – Чегетом, Терсколом и Северным цирком. В последних значения индивидуального риска превышают допустимые нормы на несколько порядков.

Причем в некоторых смежных лавиносборах при сходе катастрофических лавин (объем > 300 тыс. м³) коллективный лавинный риск может достигать более 100 жертв в год (рис. 2).

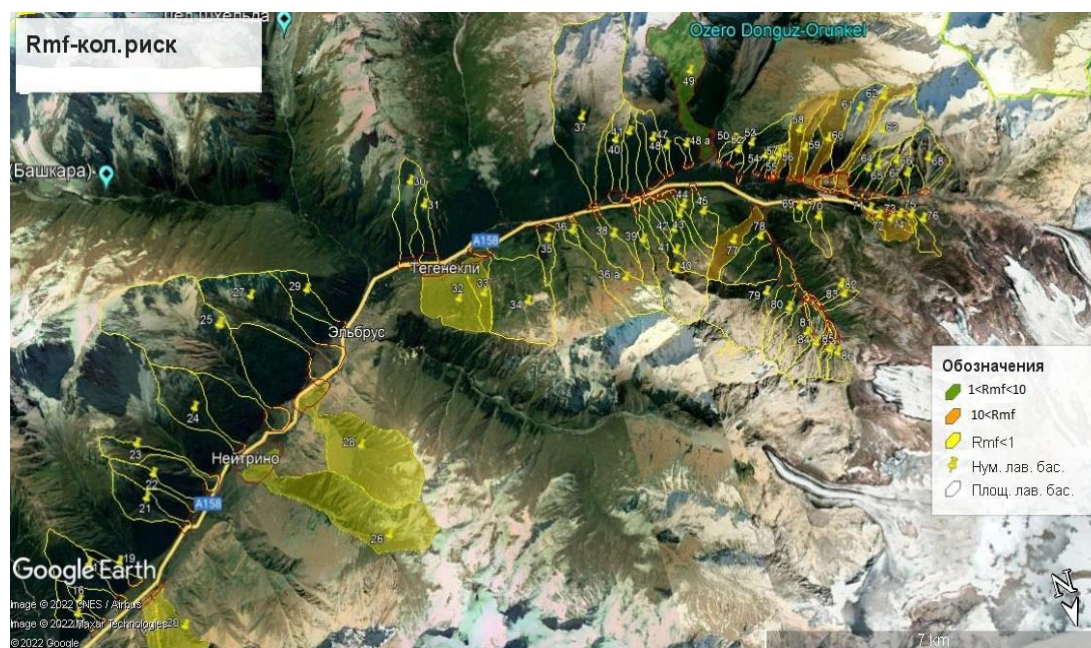


Рис. 2. Карта-схема коллективного лавинного риска для Приэльбрусья (ВТРК «Эльбрус») (составлена авторами)

Fig. 2. Map of collective avalanche risk for the Elbrus region (Elbrus ATRC), compiled by the authors

На рисунке 2 приведена карта-схема коллективного лавинного риска для Приэльбрусья.

Степень риска определена согласно классификации чрезвычайных ситуаций в Постановлении Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2019 г. № 1743 «О внесении изменений в пункт 1 Постановления Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [7].

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ результатов оценки лавинного риска позволил выделить лавиносборы, представляющие наибольший риск для населения, а также для пассажиров, находящихся в транспортных средствах. Анализ лавинных рисков также позволил провести превентивную адаптацию, направленную на снижение уровня рисков климатических изменений, состоящую в прогнозе и мониторинге снежных лавин, рекомендациях по установлению противолавинных сооружений и т.д. Одними из важных методов уменьшения уязвимости являются перекрытие движения по автомагистрали и активное воздействие на снежный покров с целью обрушения лавин.

Анализ полученных результатов лавинного риска показывает, что эта величина на участке дороги Тырныауз – Азау меняется от менее 1 жертвы в год до 100 жертв в год. В Приэльбрусье лавинная опасность сохраняется до 200 дней в году. Ежедневно создается прогноз и при необходимости проводится активное воздействие [4, 6].

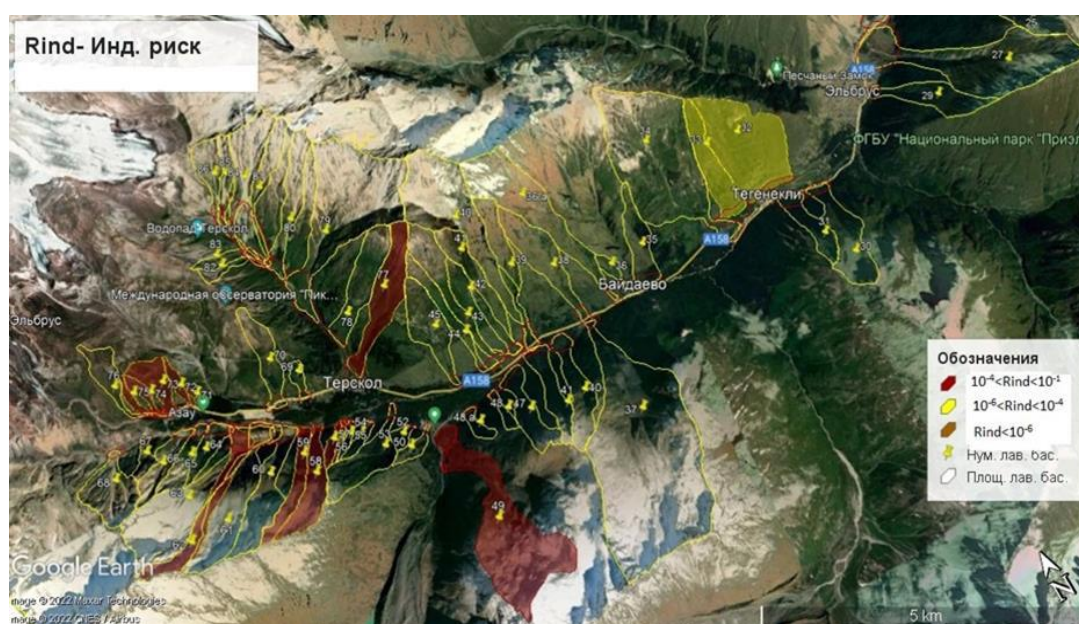


Рис. 3. Электронная карта-схема индивидуального лавинного риска для Приэльбрусья (ВТРК «Эльбрус») (составлена авторами)

Fig. 3. Digital map of individual avalanche risk for the Elbrus region (Elbrus ATRC), compiled by the authors

Благодаря активному воздействию в районе часто достигаются сезоны без жертв и с адаптацией населения и рекреантов. В случае достижения лавинного риска чрезвычайных значений (приведенных выше) объявляется штормовое предупреждение и производится эвакуация местного населения и рекреантов из особо опасных территорий.

Следует также отметить, что введение в эксплуатацию всесезонного туристско-рекреационного комплекса «Эльбрус» очень сильно усложнит лавинную опасность комплекса и потребует больших усилий для безопасной организации эксплуатации комплекса. Об этом свидетельствуют лавинные отложения, указанные на рисунках 4 и 5.



Рис. 4. Отложения лавины, 06.12.1973 г. Фото Е.А. Золотарёва

Fig. 4. Avalanche deposits, December 6, 1973. Photo by E.A. Zolotarev

На рисунке 4 показаны лавинные отложения лавины, сошедшей 06.12.1973 г. с северного склона г. Чегет, которая полностью перекрыла долину реки Азау на протяжении 800 метров от моста на р. Гарабаши в сторону поляны Азау. Объем снега, сошедшего из двух лавиносборов, составил 2,1 млн м³ и отложенного – 1,2 млн м³. Как следует из рисунка 6, часть курорта «Эльбрус» расположенная на поляне Азау попадает на конус выноса лавины, представленный на рисунке 4.

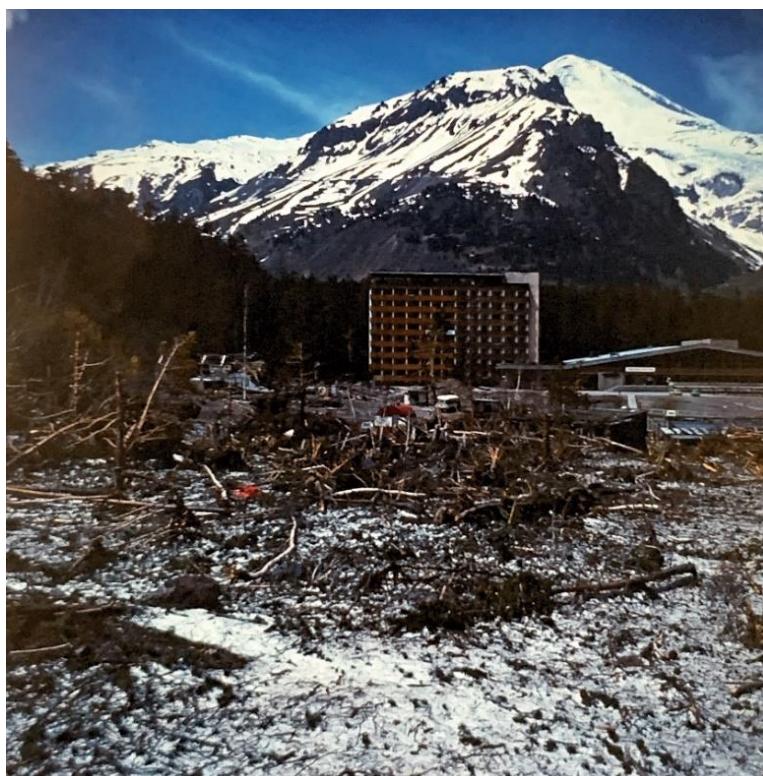


Рис. 5. Поляна Чегет, 1987 г. (архив ФГБУ «ВГИ»)

Fig. 5. Polyana Cheget, 1987. Archival photo of the High-Mountain Geophysical Institute



Рис. 6. Инфраструктура курорта «Эльбрус» на поляне Азау. Фото О.В. Остапцова [6]

Fig. 6. Infrastructure of the Elbrus resort at the Azau Meadow. Photo by O.V. Ostaptsov [6]



Рис. 7. Схема курорта «Эльбрус»

Fig. 7. Map of the Elbrus resort

На рисунке 7 представлена схема будущего курорта «Эльбрус».

По оценке экспертов, противолавинные сооружения, расположенные у подножия северного склона г. Чегет, неспособны защитить инфраструктуру курорта «Эльбрус».

Выводы

В настоящее время противолавинные сооружения, установленные в верховьях р. Баксан, не обеспечивают безопасность местного населения и рекреантов. Ошибки, допущенные при освоении этих территорий во второй половине XX века, были усугублены в начале XXI века. Введение в эксплуатацию ВТРК «Эльбрус» очень сильно усложнит лавинную опасность комплекса и потребует больших финансовых и людских ресурсов.

При дальнейшем рекреационном и хозяйственном освоении Приэльбрусья необходимо подбирать участки, наименее подверженные влиянию опасных природных процессов (ОПП).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Благовещенский В. П. Оценка лавинного риска // МГИ. 1987. Вып. 82. С. 165–168.
2. Керимов А. М. Оценка лавинного риска для населения горных районов Центрального Кавказа (на примере Приэльбрусья и ТрансКАМа) // Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии / Под. ред. А. В. Николаева, В. Б. Заалишвили. Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН, 2019. С. 278–282.
3. Керимов А. М., Акишайков З. Т., Курашева О. А. Регистрация базы данных «Кадастр лавиносборов Баксанского ущелья от г. Тырнауза до поляны Азау и электронная карта-схема лавиносборов». Регистрационный № 2023621428 от 10.05.2023.
4. Андреев Ю. Б., Божинский А. Н. Проблемы оценки и картографирования природного риска (на примере лавин и селей) // Вестник Московского университета. 1996. № 3. Серия 5. География. С. 55–60.
5. Читадзе В. С. Лавинная опасность Баксанского ущелья // Труды ВГИ. 1965 г. Вып. 4. С. 68–111.
6. Беккиев М. Ю., Докукин М. Д., Калов Р. Х. и др. О проблеме защиты объектов, находящихся в лавиноопасной зоне (на примере Приэльбрусья и Домбая) // Вестник Владикавказского научного центра. 2023. Том 23. № 4. С. 68–75. DOI: 10.46698/VNC.2023.39.70.001
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2019 г. № 1743 «О внесении изменений в пункт 1 Постановления Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
8. Постановление Правительства РФ от 14 октября 2010 г. N 833 «О создании особых экономических зон и туристического кластера в Северо-Кавказском федеральном округе».
9. Селиверстов Ю. Г., Шныпарков А. Л., Глазовская Т. Г. Оценка лавинного риска для населения горных районов России // Лед и снег. 2010. № 4(112). С. 41–44. EDN: PIVOQZ
10. Отчеты Эльбрусской ВСБГ (ФГБУ «Северо-Кавказская военизированная служба по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы»). 1980–2025 гг.

REFERENCES

1. Blagoveshchensky V.P. Avalanche risk assessment.MGI. 1987. Issue 82. Pp. 165–168. (In Russian)
2. Kerimov A.M. Avalanche risk assessment for the population of the mountainous regions of the Central Caucasus (using the Elbrus region and TransKAM as an example). Hazardous natural and man-made processes in mountainous regions: models, systems, technologies / Ed. A.V. Nikolaev, V.B. Zaalishvili. Vladikavkaz: GPI VSC RAS, 2019. Pp. 278–282. (In Russian)
3. Kerimov A.M., Akshayakov Z.T., Kurasheva O.A. Registration of the database “Cadastre of avalanche collections of the Baksan Gorge from the city of Tyrnauz to the Azau clearing and electronic map-scheme of avalanche collections”. Registration No. 2023621428 dated 05/10/2023. (In Russian)
4. Andreev Yu.B., Bozhinsky A.N. Problems of assessment and mapping of natural risk (on the example of avalanches and mudflows). *Bulletin of Moscow University*. 1996. No. 3. Series 5. Geography. Pp. 55–60. (In Russian)
5. Chitadze V.S. Avalanche danger of the Baksan Gorge. *Proceedings of the HMGI*. 1965. No. 4. Pp. 68–111. (In Russian)
6. Bekkiev M.Yu., Dokukin M.D., Kalov R.Kh. et al. About the problem of protection of objects located in an avalancheprone zone (on the example of the Elbrus region and Dombay). *Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center*. 2023. Vol. 23. No. 4. Pp. 68–75. DOI: 10.46698/VNC.2023.39.70.001. (In Russian)

7. Resolution of the Government of the Russian Federation of December 20, 2019 No. 1743 «On amendments to paragraph 1 of the Resolution of the Government of the Russian Federation of May 21, 2007 No. 304 “On the classification of natural and man-made emergencies”. (In Russian)
8. Resolution of the Government of the Russian Federation of October 14, 2010 No. 833 “On the creation of special economic zones and a tourism cluster in the North Caucasus Federal District”. (In Russian)
9. Seliverstov Yu.G., Shnyparkov A.L., Glazovskaya T.G. Avalanche risk assessment for the population of mountainous regions of Russia. *Ice and Snow*. 2010. No. 4(112). Pp. 41–44. EDN: PIVOQZ. (In Russian)
10. Reports of the Elbrus VSBG (Federal State Budgetary Institution “North Caucasus Military Service for Active Influence on Meteorological and Other Geophysical Processes”). 1980–2025. (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. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

Керимов Абдуллах Мухаметович, канд. геогр. наук, вед. науч. сотр. отдела стихийных явлений, Высокогорный геофизический институт;

360001, Россия, г. Нальчик, проспект Ленина, 2;

kerimov.a.m.@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6225-8053>

Акшайков Заур Тахирович, науч. сотр. отдела экологических исследований, Высокогорный геофизический институт;

360001, Россия, г. Нальчик, проспект Ленина, 2;

akzaur@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3037-7004>

Долова Мадина Лионовна, канд. геогр. наук, науч. сотр. отдела стихийных явлений, Высокогорный геофизический институт;

360001, Россия, г. Нальчик, проспект Ленина, 2;

madinadolova@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5745-973X>

Information about the authors

Abdullah M. Kerimov, Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Department of Natural Phenomena, High-mountain Geophysical Institute;

2, Lenin avenue, Nalchik, 360001, Russia;

kerimov.a.m.@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6225-8053>

Zaur T. Akshayakov, Researcher, Department of Environmental Research, High-mountain Geophysical Institute;

2, Lenin avenue, Nalchik, 360001, Russia;

akzaur@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3037-7004>

Madina L. Dolova, Candidate of Geographical Sciences, Researcher, Department of Natural Phenomena, High-mountain Geophysical Institute;

2, Lenin avenue, Nalchik, 360001, Russia;

madinadolova@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5745-973X>

Применение симуляторов Gazebo и Webots для проверки физической совместимости мобильных роботов со складским помещением

А. С. Подгорный¹, Р. А. Мунасыпов^{✉ 2}

¹РН-Технологии

119607, Россия, Москва, Раменский бульвар, 1

²Уфимский университет науки и технологий

450076, Россия, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32

Аннотация. В статье сравниваются два симулятора роботов с открытым исходным кодом в применении к складу, подходящих для импортозамещения.

Цель исследования – выяснить, подходят ли симуляторы Webots и Gazebo для проверки физической совместимости мобильных роботов со складским помещением, а также сравнить, какой из них лучше выполняет поставленную задачу.

Материалы и методы исследования. Симуляторы сравниваются методом выполнения тестового задания – прохождения роботом маршрута по складу с помощью радиоуправления. Маршрут включает в себя остановки в зоне разгрузки и загрузки, маневрирование между стеллажами, проезд в узких пространствах, длинные скоростные участки. Условия выполнения задачи идентичные – одинаковые модели склада, одинаковые модели робота, одинаковый маршрут и одинаковый компьютер для запуска симуляции.

Результаты. В процессе подготовки сцены, моделей робота, доработки стандартной программы робота и прохождения тестового задания были отмечены особенности использования симуляторов, такие как удобство пользовательского интерфейса, его адаптивность, стабильность симулятора, его производительность, возможности работы с моделями роботов и построения сцен. Отдельно отмечены необходимость использования стороннего программного обеспечения для построения сцен и разработки программ для симулятора, подробность документации к симуляторам, качество предоставленных разработчиками моделей. Результаты тестового задания сравнивались между симуляторами по точности траектории поворотов, отзывчивости управления, возможностям наблюдения за результатами симуляции в реальном времени.

Заключение. В результате тестирования роботов в обоих симуляторах маршрут был успешно пройден, маневренности роботов оказалось достаточно для совершения всех поворотов и разворотов. Траектория маневров роботов совпадает в обоих симуляторах, движение происходит плавно и предсказуемо. Несмотря на идентичный результат испытаний симулятор Webots показал себя лучше Gazebo в отношении удобства использования, стабильности и производительности. В отличие от Gazebo симулятор Webots поставляется со всеми необходимыми утилитами для создания сцены и написания программ, имеет более подробную документацию и более качественные модели роботов. Таким образом, из симуляторов роботов с открытым исходным кодом симулятор Webots лучше подходит для складского применения, чем симулятор Gazebo.

Ключевые слова: симуляция, мобильный робот, склад, импортозамещение, открытый исходный код, совместимость

Поступила 19.04.2026, одобрена после рецензирования 21.05.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Подгорный А. С., Мунасыпов Р. А. Применение симуляторов Gazebo и Webots для проверки физической совместимости мобильных роботов со складским помещением // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 21–32. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-21-32

MSC: 68M14

Original article

Gazebo and Webots simulators for mobile robot physical compatibility verification in a warehouse environment

A.S. Podgorniy¹, R.A. Munasypov^{✉ 2}

¹RN-Technologies

1, Ramenskiy boulevard, Moscow, 119607, Russia

²Ufa University of Science and Technology

32, Zaki Validi street, Ufa, 450076, Russia

Abstract. The study compares two open-source robot simulators in a warehouse context, assessing their potential for technological sovereignty.

Aim. The study aims to determine whether the Webots and Gazebo simulators are suitable for verifying the physical compatibility of mobile robots with a warehouse environment, and to compare which of them performs this task more effectively.

Materials and methods. The simulators are compared by executing a test task: a robot navigating a route through a warehouse via teleoperation. The navigation path comprises stops at the loading and unloading bays, maneuvering between storage racks, driving through confined spaces, and traversing long high-speed sections. To ensure identical testing conditions, the simulation benchmarks were performed using uniform warehouse and robot models, a standardized route, and the same hardware configuration.

Results. During scene preparation, robot modeling, standard robot software refinement, and test task execution, key operational features of the simulators were identified, such as user interface usability, adaptability, simulator stability, performance, and capabilities for robot modeling and scene construction. Special note was made of the necessity to use third-party software for scene construction and simulator program development, the comprehensiveness of the simulator documentation, and the quality of the models provided by the developers. The test task results were compared between the simulators based on cornering trajectory accuracy, control responsiveness, and real-time simulation monitoring capabilities.

Conclusion. Testing in both simulators showed that the route was successfully completed, with the robots' maneuverability being sufficient for all turns and U-turns. The robots' maneuver trajectories match in both simulators, with the movement being smooth and predictable. Despite identical test results, the Webots simulator outperformed Gazebo in terms of usability, stability, and performance. Unlike Gazebo, the Webots simulator comes bundled with all the necessary tools for scene construction and software development, while also offering more comprehensive documentation and higher-quality robot models. Thus, among open-source robot simulators, Webots is better suited for warehouse applications than the Gazebo simulator.

Keywords: simulation, mobile robot, warehouse, import substitution, open source, compatibility

Submitted 19.04.2026, approved after reviewing 21.05.2026, accepted for publication 07.08.2026

For citation. Podgorniy A.S., Munasypov R.A. Gazebo and Webots simulators for mobile robot physical compatibility verification in a warehouse environment. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 21–32. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-21-32

© Podgorniy A.S., Munasypov R.A., 2026



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

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня часто используется автоматизация складов с помощью роботов. Как правило, современные высокотехнологичные складские системы строятся и проектируются с нуля, чтобы обеспечить максимальную эффективность работы с учетом отличия возможностей роботов и возможностей человека, а также для интеграции вспомогательного оборудования, необходимого для точной навигации роботов в пространстве склада и точной манипуляции палетами [1].

Но построение склада с нуля – это очень дорогостоящее мероприятие с длительным периодом окупаемости, поэтому существует такая область деятельности, как интеграция роботов в существующие склады, чтобы обеспечить ускорение складских процессов без масштабных вложений.

Каждое складское помещение уникально, поэтому симуляция робота на модели исследуемого помещения необходима, чтобы минимизировать риск невозможности робота оперировать на конкретном складе [2]. Поэтому программное обеспечение, позволяющее с наименьшими усилиями создать модель склада или импортировать готовую, смоделировать типичные сценарии перемещения складского робота, проверить физическую совместимость робота со складом, является актуальным.

Современное состояние программ симуляции робототехники таково, что существует множество программ, привязанных к роботам конкретной фирмы, множество платных программ с закрытым исходным кодом разной степени направленности, но существует гораздо меньше программ с открытым исходным кодом, которые могли бы применяться в условиях импортозамещения [3]. Уже существуют исследования по складскому моделированию роботов, но они выполнены с использованием зарубежного проприетарного программного обеспечения и потому неприменимы в текущих реалиях.

Существует множество симуляторов роботов. Часто их создают производители под свою линейку роботов для того, чтобы упростить разработку программ для них и тестирование, например Kuka.Sim [4], DobotLab. Также существуют проприетарные универсальные симуляторы, например, Factory I/O [5], CoppeliaSim [6].

Несмотря на возможность бесплатного использования некоторых из этих программ в целях обучения их внедрение в производственный процесс затруднено ввиду сложности организации процесса лицензирования программного обеспечения в условиях развивающегося технологического суверенитета страны. Таким образом, возникает необходимость в симуляторах, обладающих открытой лицензией¹. Симуляторы Webots и Gazebo, несмотря на зарубежное происхождение, имеют открытый исходный код, позволяют осуществлять аудит кода, адаптацию, а также свободное использование для любых целей, что подходит для использования в условиях импортозамещения [7].

ОБЗОР СИМУЛЯТОРОВ

Симулятор – это имитатор, механический или компьютерный, воссоздающий управление каким-либо процессом, аппаратом или техническим средством [8].

Таким образом, под симулятором робота можно понимать вариант компьютерного имитатора, воссоздающего управление автономным складским роботом и служащего для решения складских задач. Например, транспортировка груза между стеллажами, разгрузка грузовика, погрузка на грузовик, транспортировка на место сборки.

¹Статья 1286.1. Открытая лицензия на использование произведения науки, литературы или искусства // Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая) от 18.12.2006 № 230-ФЗ

Симулятор позволяет тестировать различные модели роботов и различные конфигурации склада: например, разные расположения стеллажей, разное количество роботов, разные размеры палет. Он также позволяет спрогнозировать потенциальную проблему масштабирования действующих единиц.

Существуют симуляторы с упрощенной визуализацией, ориентированные на стохастические процессы, например AnyLogic. Подобные симуляторы позволяют довольно точно протестировать время ожидания, загрузку склада, но они не содержат физического движка, позволяющего моделировать столкновения объектов, устойчивость и прочие физические характеристики. Поэтому задачу проверки физической совместимости робота с моделью склада они выполнить не смогут.

Для решения задачи моделирования робота в складском помещении были отобраны две программы – Gazebo и Webots, результаты работы в них подлежат сравнению.

Webots – это универсальный симулятор роботов с открытым исходным кодом (рис. 1). Он поставляется с готовыми файлами проекта для 63 различных роботов, среди которых есть как широко известные роботы (Kuka youBot, Boston Dynamics' Atlas, Sony's Aibo ERS7), так и малоизвестные. Симулятор поддерживает программирование на языках C, C++, Java, Python, MATLAB. Поддерживается эмуляция множества периферийных устройств, таких как акселерометр, GPS, Lidar, дисплей, камера, компас, двигатели, радары, батареи и прочие. Симулятор поставляется с набором готовых моделей помещений, нескольких открытых пространств, например город, пересеченная местность, и также позволяет импортировать свои. К сожалению, в симуляторе нет ни одной модели склада, но есть три модели складских роботов. Программа загружает модели из интернета по мере надобности, но на сайте есть возможность загрузить все модели сразу для использования без доступа к интернету.

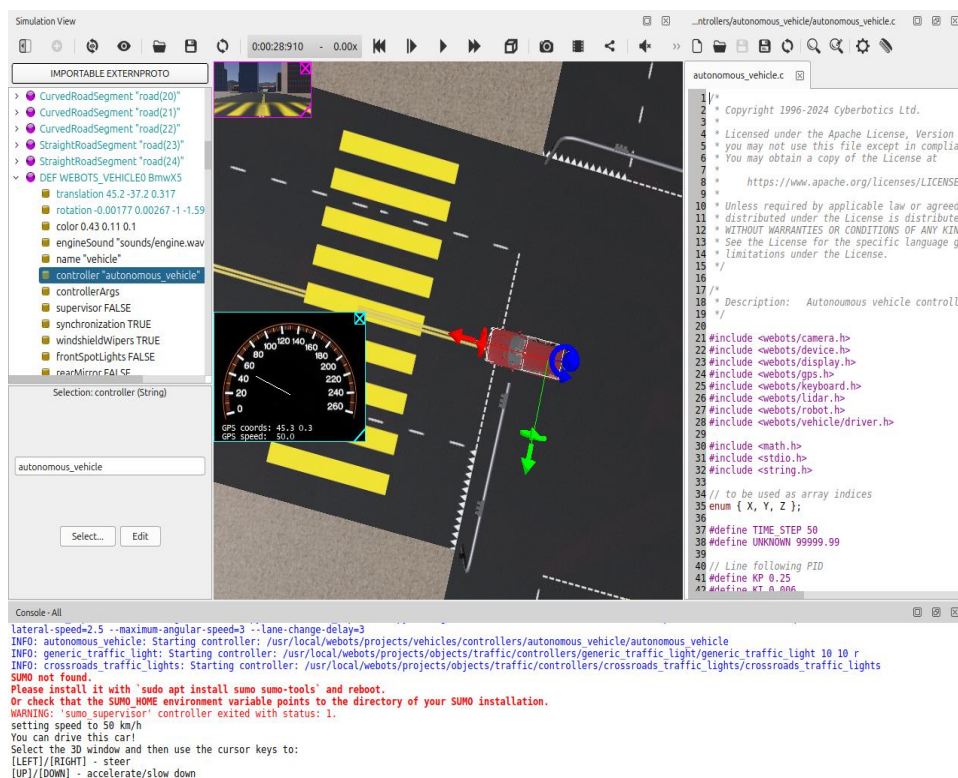


Рис. 1. Интерфейс симулятора Webots

Fig. 1. Webots simulator interface

Gazebo – это универсальный симулятор роботов с открытым исходным кодом (рис. 2). Он написан на языке C++, содержит множество библиотек для симуляции физики, обработки сложных сенсоров, таких как камеры и лидары, а также имеет несколько графических решений для фотореалистичного рендеринга. По умолчанию используется физический движок DART [9].

Для скачивания роботов в симуляторе Gazebo используется интернет-библиотека Fuel. Она содержит множество готовых роботов и окружений. Встроенный в симулятор плагин позволяет искать и скачивать модели прямо из интерфейса симулятора, но качество моделей уступает моделям из симулятора Webots. Также библиотека Fuel не предоставляет возможности скачать все модели для использования оффлайн.

Симулятор поставляется с одной моделью склада, на сайте библиотеки моделей Fuel можно скачать две модели складских роботов, а также множество моделей мобильных и стационарных роботов для прочих видов деятельности.

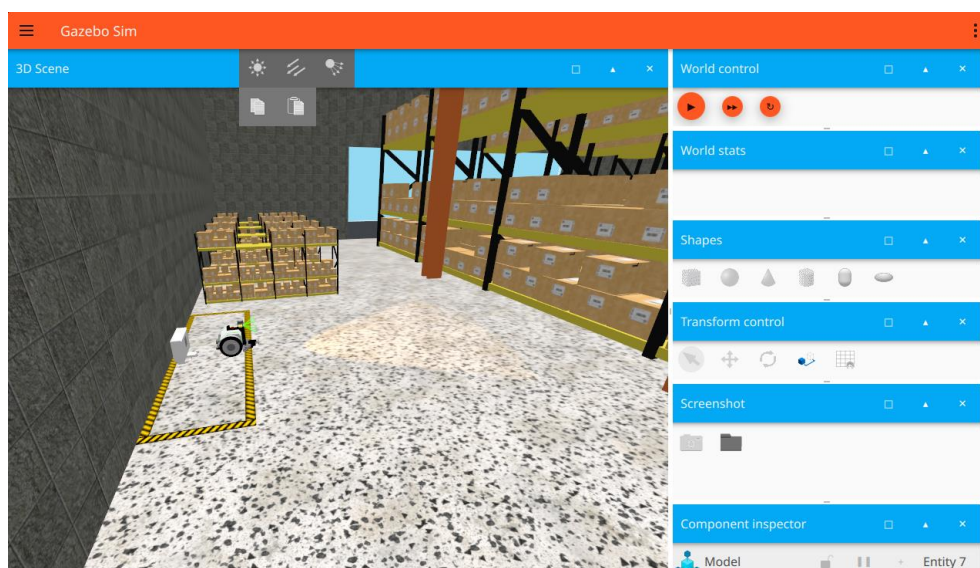


Рис. 2. Интерфейс симулятора Gazebo

Fig. 2. Gazebo simulator interface

Таблица 1. Прямое сравнение программ-симуляторов

Table 1. Direct comparison of simulation software

Симулятор	Поддержка языков программирования	Количество моделей складских роботов	Количество моделей складов	Интерфейс	Поддерживаемые форматы моделей	Поддерживаемые датчики
Webots	C, C++, Java, Python, MATLAB	3	0	Полностью настраиваемый	dae, obj, stl	Камера, лидар, датчик ускорения, компас, GPS, гироскоп, датчик света, энкодер, радар, камера глубины, датчик радиоволн, датчик касания
Gazebo	C++	2	1	Частично настраиваемый	dae, stl	Давление воздуха, скорость ветра, камера, камера глубины, датчики высоты, скорости, момента, ускорения, магнитного поля, лидар, GPS, тепловизор

Производительность симуляторов

Симулятор Webots имеет следующие системные требования: процессор – частота более двух гигагерц, два и более ядра, 4 ядра рекомендуется; память – 2 гигабайта и выше; видеокарта – производителя Nvidia или AMD с версией OpenGL 3.3, 512 МБ видеопамяти.

Авторы симулятора Gazebo не указали системные требования для своей программы, однако тесты показывают, что в одинаковых условиях симулятор Gazebo работает в два раза медленнее, а именно – демонстрирует меньшее количество кадров в секунду по сравнению с симулятором Webots на одинаковом компьютере и с аналогичной сценой [10].

Навигация в программе

Внешний интерфейс симулятора Webots представляет собой несколько областей: структура объектов, область взаимодействия, тестовый редактор и консоль. Над каждой областью находится несколько кнопок, отвечающих за действие с конкретной областью. Это типичное решение для всех симуляторов, поэтому если у пользователя уже имеется опыт работы с другими симуляторами, движками для создания игр или программами для трехмерного моделирования, то при переходе с другого симулятора пользователь сможет быстро адаптироваться к интерфейсу.

Интерфейс симулятора Gazebo выглядит очень простым. Левая область представляет собой область взаимодействия, а правая целиком уделена модулям: например, модуль структуры объектов, свойства, модуль запуска симуляции, модуль удаленного управления. Есть возможность разместить модули на область взаимодействия, но тогда они будут частично закрывать ее. Интерфейс имеет очень большие отступы и адаптирован под работу на сенсорном экране. Из-за этого стандартный набор модулей не помещается на экране целиком, поэтому необходимо прокручивать список модулей при работе с симулятором.

Работу в Webots можно осуществлять целиком внутри симулятора, включая написание кода, его редактирование и сборку. Симулятор Gazebo же не предполагает быть постоянно открытым, он используется только для тестирования файла симуляции, подготовленного из внешнего редактора кода, но может использоваться и для перемещения уже существующих объектов и импорта моделей из интернета. Также симулятор Gazebo не имеет возможности открывать сохраненную сцену через графический интерфейс, только через запуск из консоли или через ассоциацию файла. Симулятор не отображает ошибки в своем графическом интерфейсе, как это делает Webots, а пишет их в консоли, из которой был запущен, что еще раз подтверждает, что работа в нем ориентирована на внешний текстовый редактор и консоль.

Обе программы не позволяют переназначить клавиши взаимодействия с интерфейсом. При этом перемещение по сцене с использованием мыши сильно отличается от большинства симуляторов и программ для трехмерного моделирования. В симуляторе Gazebo вращение осуществляется средней кнопкой мыши, перемещение – левой, а масштаб – правой. В симуляторе Webots вращение осуществляется левой кнопкой мыши, перемещение – правой, а средняя кнопка мыши наклоняет камеру при перемещении по горизонтали и приближает при перемещении по вертикали. Функция наклона не отключается, поэтому после других симуляторов часто путает пользователя. В обоих симуляторах есть возможность следить за объектами, при этом в симуляторе Webots есть возможность одновременно наблюдать за несколькими камерами, прикрепленными к объекту.

Создание и импорт модели склада

Симуляторы поддерживают модели формата STL и DAE, являющиеся стандартными в программах для трехмерного моделирования. Формат DAE лучше поддерживается обоими симуляторами, обеспечивает предсказуемый масштаб модели, а также поддерживает текстуры формата PBR, являющиеся основой для фотореалистичного рендеринга. Оба симулятора предоставляют возможность создавать примитивные объекты типа кубов, сфер, плоскостей, но только Webots позволяет изменять размер примитивов из интерфейса без перезапуска программы, а также менять их цвет и текстуру. Размер импортируемых объектов в симуляторах фиксированный, из-за чего могут возникать конфликты, например, если при создании модели за единицу был принят сантиметр, а не метр, как в большинстве программ. Для обоих симуляторов желательно иметь навыки использования сопутствующего программного обеспечения для моделирования, например Blender, чтобы упростить создание модели склада, иметь возможность исправить недостатки моделей роботов и предметов, загруженных из неизвестных источников, а также осуществлять конвертацию форматов, так как форматы DAE и STL не всегда доступны для загрузки.

Сравнение симуляторов на тестовом задании

Для теста работы было выбрано одинаковое задание – пройти маршрут роботом MiR100 на складе с помощью радиоуправления. Ввиду отсутствия модели склада в симуляторе Webots она была позаимствована из симулятора Gazebo. Сцены между симуляторами несовместимы, однако оба симулятора поддерживают одинаковый формат моделей DAE. Небольшое количество объектов и возможность использования одинаковых моделей позволили быстро воссоздать сцену в симуляторе Webots. В качестве испытуемой модели робота была выбрана MiR100, поскольку она есть в обоих симуляторах, а также потому, что эта модель робота подходит для складских задач [11]. Грузоподъемность робота составляет 100 килограммов, размер погрузочной поверхности – 80 сантиметров в длину и 60 в ширину.

Прохождение маршрута роботом на радиоуправлении позволяет проверить его возможность маневрировать в ограниченном пространстве конкретного склада, не останавливая работу реального складского помещения. Складские роботы имеют разные системы колес, например, комбинации рулевых колес, системы с всенаправленными колесами [12], а в случае робота MiR100 это два приводных колеса и четыре поддерживающих, подобных коляске. Точность при симуляции данных комбинаций колес важна для тестирования, так как от нее зависит возможность аппарата маневрировать в узких пространствах [13].

Создание программы в симуляторе

В симуляторе Webots после импорта модели робота MiR100 при выборе модели сразу же появляется возможность управления с помощью клавиатуры или подключения своего модуля управления. В симуляторе Gazebo скачанная модель имела только устаревший алгоритм управления, без документации. Для решения проблемы модуль управления был установлен от робота TugBot, который поставлялся вместе со сценой склада. Робот также имеет 2 ведущих колеса и схожие с роботом MiR100 габариты. В алгоритме были указаны новые координаты колес и ссылки на объекты колес, после чего робот был готов к запуску.

В симуляторе Webots модули управления роботом, а также связи с объектами можно менять из интерфейса пользователя, в симуляторе Gazebo необходимо изменение кода сцены и перезапуск программы.

Чтобы сравнить симуляторы в действии, был построен следующий маршрут (рис. 3).

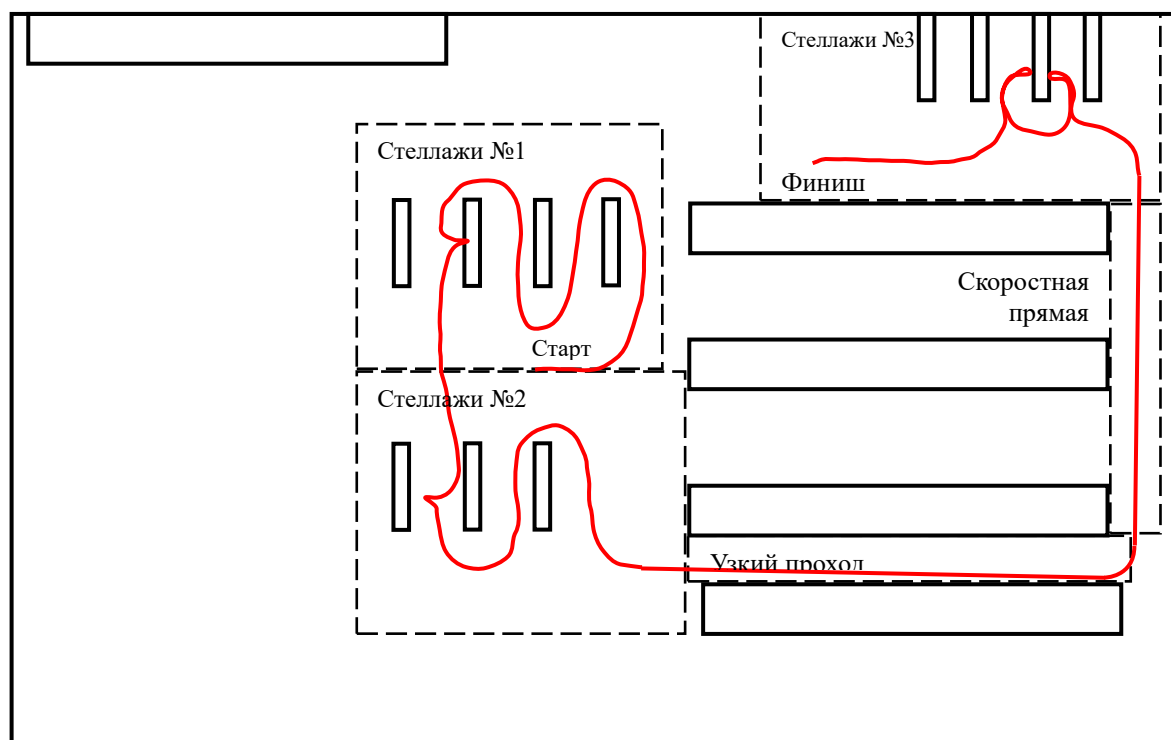


Рис. 3. Маршрут тестирования и схема симулятора

Fig. 3. Test route and simulator interface layout

Маршрут составлен таким образом, чтобы объехать стеллажи с разных сторон, а также заехать между стеллажами и встать перпендикулярно между ними, имитируя погрузку и загрузку. На длинных прямых проверяется устойчивость робота на максимальной скорости [14]. Длина маршрута составляет 126,1 метра при размерах склада 50 метров в длину и 30 метров в ширину. Расстояние между стеллажами варьирует в пределах от 2,5 метра до 2 метров. Самое узкое расстояние для проезда, когда необходимо маневрировать между стеллажами и опорами здания, составляет 1,1 метра. Маршрут поделен на 5 участков – стеллажи № 1, 2, узкий проход, скоростная прямая и стеллажи № 3 (рис. 3). Длина маршрута на данных участках составляет 37,7; 28,0; 18,7; 15,4 и 26,3 метра соответственно.

Процесс использования симулятора Gazebo состоит в редактировании файла проекта формата SDF, основанного на XML, а также отдельном редактировании кода модулей, их компиляции и периодическом запуске симулятора для проверки изменений. Симулятор не поддерживает загрузку изменений в реальном времени, за исключением изменения позиций существующих объектов или добавления примитивов.

Симулятор Webots позволяет применять изменения в коде проекта без перезапуска программы. Интерфейс позволяет изменять свойства всех объектов без необходимости редактировать код проекта напрямую, а также в интерфейс встроен редактор кода, имеющий возможность управления процессом компиляции. Симулятор тоже основан на использовании модулей, однако их привязка осуществляется напрямую из интерфейса, что значительно упрощает процесс программирования.

Во время подготовки сцены было замечено, что симулятор Gazebo периодически завершается с ошибкой, например, при попытке продублировать робота на сцену, а также в случайные моменты в процессе редактирования сцены. За симулятором Webots такого поведения замечено не было, а ошибки в конфигурации или коде выводятся во встроенную в интерфейс консоль и не приводят к завершению программы.

РЕЗУЛЬТАТ СИМУЛЯЦИИ

Маршрут был пройден три раза в каждом симуляторе, управление осуществлял один и тот же человек. Был произведен замер времени прохождения как маршрута целиком, так и отдельных участков.

Таблица 2. Время прохождения участков маршрута

Table 2. Travel times for specific route sections

Симулятор	Стеллажи № 1 (с)	Стеллажи № 2 (с)	Узкий проход (с)	Скоростная прямая (с)	Стеллажи № 3 (с)	Общее время (м:с)
Webots (попытка 1)	56	27	37	15	53	3:10
Webots (попытка 2)	56	34	20	15	42	2:49
Webots (попытка 3)	52	36	23	16	33	2:41
Gazebo (попытка 1)	59	46	20	16	40	3:02
Gazebo (попытка 2)	59	38	21	15	37	2:52
Gazebo (попытка 3)	55	36	22	18	28	2:41

В результате тестирования оба робота прошли маршрут практически одинаково. Не наблюдалось избыточной инерционности, дрожания и нестабильности физики, типичных для более примитивных симуляторов. При столкновении с препятствиями роботы вели себя одинаково. В симуляторе Gazebo поддерживающие вращающиеся колеса у робота зафиксированы, в то время как в Webots они вращаются соответственно движению робота.

Во время испытаний выделяется склонность к обучению пользователя, об этом свидетельствует тот факт, что последующие попытки прохождения маршрута занимают меньше времени, чем предыдущие. Скачки в длительности поездки связаны со столкновением робота с препятствием при первой попытке прохождения, а именно: в симуляторе Webots в узком проходе и в симуляторе Gazebo в зоне стеллажей № 1.

Управление роботом в обоих симуляторах происходит разным образом. В симуляторе Webots нажатия на стрелки клавиатуры увеличивают или уменьшают интенсивность ввода, позволяя роботу двигаться на частичной скорости с шагом 10 %. В контексте испытания это полезно для плавного захода в поворот. В симуляторе Gazebo при управлении с клавиатуры робот принимает ввод от 0 до 100 %, без промежуточных шагов. Плюсом является скорость реагирования робота в таком режиме работы, так как клавиши не требуется нажимать несколько раз. В модуле управления есть режим плавного управления слайдерами, но тогда необходимо управлять мышкой, из-за чего отзывчивость будет еще меньше, чем в симуляторе Webots с плавным управлением с клавиатуры.

Важно отметить, что модуль управления с клавиатуры в симуляторе Webots очень легко перепрограммировать и доработать, так как функционал встроен в подключаемый модуль, в то время как аналогичный модуль в симуляторе Gazebo требует большего количества шагов для замены, так как это встроенный модуль. Также в симуляторе Webots выборочное управление двумя разными роботами реализовано через выделение роботов мышкой, а не через изменение строки с названием адреса, как это сделано в Gazebo. Выделение

мышкой требует меньшего количества взаимодействий, чем ввод адреса, таким образом в симуляторе Webots проще управлять несколькими роботами.

Скорость перемещения испытуемого робота в обоих симуляторах составляет 0,95 метра в секунду, скорость вращения – 17 градусов в секунду. Основным ограничивающим фактором при прохождении данного маршрута является скорость вращения робота, из-за чего есть необходимость уменьшать скорость движения при прохождении поворотов. Так как склад достаточно просторный для робота (ширина робота 0,6 метра, среднее расстояние между стеллажами 2,25 метра, самое узкое место на маршруте – 1,1 метра), управление им не вызывает затруднений. Во время испытаний самый узкий участок маршрута в 5 из 6 случаев был пройден без снижения скорости. Время прохождения маршрута и отдельных участков отличается незначительно, из чего можно сделать вывод, что оба метода управления (плавный в Webots и резкий в Gazebo) одинаково подходят для данного сценария.

Перед прохождением маршрута были опробованы разные режимы наблюдения за роботом, но наиболее удобным для данного сценария оказалась статическая камера. Симулятор Webots в режиме наблюдения за роботом позволяет свободно двигаться вокруг него, менять масштаб и угол наблюдения. В симуляторе есть три режима наблюдения – статичная вращающаяся камера, закрепленная к роботу камера и камера, перемещающаяся рядом, с фиксированным углом наблюдения. В симуляторе Gazebo есть похожие режимы, но они не позволяют менять масштаб, расстояние от объекта или ракурс наблюдения. Также в симуляторе Webots можно добавлять дополнительные камеры и наблюдать за ними параллельно основной, чего нельзя сделать из интерфейса Gazebo.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате тестирования роботов в обоих симуляторах маршрут был успешно пройден, маневренности роботов оказалось достаточно для совершения всех поворотов и разворотов. Траектория маневров роботов совпадает в обоих симуляторах, движение происходит плавно и предсказуемо. Несмотря на идентичный результат испытаний симулятор Webots показал себя лучше Gazebo в отношении удобства использования, стабильности и производительности. В отличие от Gazebo симулятор Webots поставляется со всеми необходимыми утилитами для создания сцены и написания программ, имеет более подробную документацию и более качественные модели роботов. Таким образом, из симуляторов роботов с открытым исходным кодом Webots лучше подходит для складского применения, чем Gazebo.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подгорный А. С. Использование высокоадаптивных роботов для склада // Современные проблемы теории машин. 2025. № 19. С. 83–85. DOI: 10.26160/2307-342X-2025-19-83-85
2. Брылев А. А. Использование компьютерной симуляции для оценки рисков ошибок планирования и принятия решений при работе с масштабными проектами // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 112-6. С. 162–164. DOI: 10.18411/trnio-08-2024-322
3. Чурилов А. Особенности распространения программ для ЭВМ на условиях открытых лицензий и лицензий программ с открытым исходным кодом // Интеллектуальная собственность. Авторское право и смежные права. 2018. № 3. С. 47–56. EDN: YQXRGK
4. Егорова Л. Г., Калинтаев А. Н., Логунова О. С., Панов Д. А. Имитационная модель работы робота-манипулятора Kuka youBot для укладки и выгрузки посылок // Вестник Череповецкого государственного университета. 2025. № 3(126). С. 17–27. DOI: 10.23859/1994-0637-2025-3-126-2
5. Байков Д. В., Егоров Д. С., Иншаков А. П. Имитационное моделирование автоматизированной системы управления складским помещением // Современные наукоемкие технологии. 2025. № 6. С. 8–14. DOI: 10.17513/snt.40416

6. Атрохов А. А., Колесников В. О., Изюмов А. И. Конструкторские решения мобильного робота для складской логистики транспортного предприятия // Актуальные проблемы науки и техники: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 19–21 марта 2024 года. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2024. С. 859–860. EDN: ENBKZD
7. Юневич Н. Г. Программное обеспечение с открытым исходным кодом в национальной политике мировых держав // Современные средства связи. 2022. Т. 1. № 1. С. 35–37. EDN: BGQRMU
8. Пикалев Я. С. Анализ существующих симуляторов робототехнических систем // Проблемы искусственного интеллекта. 2017. № 1(4). С. 51–65. EDN: YOJGTN
9. Lee J., Grey M. X., Ha S. et al. DART: Dynamic animation and robotics toolkit // Journal of Open Source Software. 2018. Vol. 3. No. 22. P. 500. DOI: 10.21105/joss.00500
10. Зуева Д. И. Исследование показателей производительности рендеринга трехмерной графики WebGL Three.js // Научно-технические инновации и веб-технологии. 2023. № 1. С. 64–69. EDN STAXQY
11. Ложкин В. А., Докичев Е. А., Моисеенко М. С. Проблематика проектирования ходовой части мобильного колесного сервисного робота // Extreme Robotics. 2025. № 1(36). С. 54–60. EDN: GCCQGV
12. Кремповский П. Р., Луцков Ю. И. Аналитический обзор оптимальных типов колес промышленного складского робота-телеги // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 6. С. 36–39. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-6-36-39
13. Чэ М., Кулик А. А. Управление отслеживанием траектории колесного мобильного робота с учетом внешних возмущений // Математические методы в технологиях и технике. 2024. № 2. С. 92–98. EDN: EYVXYE
14. Мартыненко Ю. Г. Устойчивость стационарных движений мобильного робота с роликонесущими колесами и смещенным центром масс // Прикладная математика и механика. 2010. Т. 74. № 4. С. 610–619. EDN: MTIDLL

REFERENCES

1. Podgorniy A.S. Usage of highly adaptive robots for a warehouse. *Sovremennye problemy teorii mashin* [Modern Problems in the Theory of Machines]. 2025. No. 19. Pp. 83–85. DOI: 10.26160/2307-342X-2025-19-83-85. (In Russian)
2. Brylev A.A. Using computer simulation to assess the risks of planning and decision-making errors when working with large-scale projects. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the Development of Science and Education]. 2024. No. 112-6. Pp. 162–164. DOI: 10.18411/trnio-08-2024-322. (In Russian)
3. Churilov A. Specificity of the distribution of computer programs under the terms of open licenses and open source software licenses. *Intellektual'naya sobstvennost'. Avtorskoe pravo i smezhnye prava* [Intellectual Property. Copyright and Neighboring Rights]. 2018. No. 3. Pp. 47–56. EDN: YQXRK. (In Russian)
4. Egorova L.G., Kalitaev A.N., Logunova O.S., Panov D.A. Simulation model of the KUKA YouBOT robotic manipulator for stacking and unloading parcels. *Cherepovets State University Bulletin*. 2025. No. 3(126). Pp. 17–27. DOI: 10.23859/1994-0637-2025-3-126-2. (In Russian)
5. Baykov D.V., Egorov D.S., Inshakov A.P. Simulation of an automated warehouse management system. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern Science-Intensive Technologies]. 2025. No. 6. Pp. 8–14. DOI: 10.17513/snt.40416. (In Russian)
6. Atrokhov A.A., Kolesnikov V.Yu., Izumov A.I. Design solutions for a mobile robot for warehouse logistics of a transport company. *Aktual'nye Problemy Nauki I Tekhniki* [Current Problems of Science and Technology]. Proceedings of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference. 2024. Rostov-na-Dony: Donskoj gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. Pp. 859–860. EDN: ENBKZD

7. Yunevich N.G. Open source software in the national politics of the world powers. *Sovremennye sredstva svyazi* [Modern Means of Communication]. 2022. Vol. 1. No. 1. Pp. 35–37. EDN: BGQRMU. (In Russian)
8. Pikalev Ya.S. Analysis of existing simulators for robotic systems. *Problems of Artificial Intelligence*. 2017. No. 1(4). Pp. 51–65. EDN: YOJGTN. (In Russian)
9. Lee J., Grey M.X., Ha S. et al. DART: Dynamic animation and robotics toolkit. *Journal of Open Source Software*. 2018. Vol. 3. No. 22. P. 500. DOI: 10.21105/joss.00500
10. Zueva D.I. Research of performance indicators for rendering three-dimensional graphics webgl three.js. *Nauchno-tekhnicheskie innovatsii i veb-tehnologii* [Scientific and Technical Innovations and Web Technologies]. 2023. No. 1. Pp. 64–69. EDN: STAXQY. (In Russian)
11. Lozhkin V.A., Dokichev E.A., Moiseenko M.S. The problems of designing the undercarriage of a mobile wheeled service robot. *Extreme Robotics*. 2025. No. 1(36). Pp. 54–60. EDN: GCCQGV. (In Russian)
12. Krempovskiy P.R., Lutskov Yu.I. Analytical review of the optimal types of wheels of the industrial warehouse robot trolley. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 2021. No. 6. Pp. 36–39. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-6-36-39. (In Russian)
13. Che M., Kulik A.A. Trajectory tracking control of wheeled mobile robot considering external interference. *Mathematical Methods in Technologies and Technics*. 2024. No. 2. Pp. 92–98. EDN: EYVXYE. (In Russian)
14. Martynenko Y.G. Stability of steady motions of a mobile robot with roller-carrying wheels and a displaced centre of mass. *Journal of Applied Mathematics and Mechanics*. 2010. Vol. 74. No. 4. Pp. 436–442. DOI: 10.1016/j.jappmathmech.2010.09.009

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

Подгорный Александр Сергеевич, аспирант, главный специалист, РН-Технологии;
119607, Россия, Москва, Раменский бульвар, 1;
scaled@scaledteam.ru

Мунасыпов Рустэм Анварович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой автоматизации технологических процессов (АТП), Уфимский университет науки и технологий;
450076, Россия, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32;
rust40@mail.ru, SPIN-код: 1949-7757

Information about the authors

Aleksandr S. Podgorniy, Postgraduate Student, Chief Specialist, RN-Technologies;
1, Ramenskiy boulevard, Moscow, 119607, Russia;
scaled@scaledteam.ru

Rustem A. Munasyrov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Process Automation, Ufa University of Science and Technology;
32, Zaki Validi street, Ufa, 450076, Russia;
rust40@mail.ru, SPIN-code: 1949-7757

Точные решения для нестационарных изобарических течений вязкой несжимаемой жидкости в слое с проницаемыми границами и постоянной поперечной скоростью

К. В. Губарева^{✉1}, Е. Ю. Просвирыков^{2,3}, А. В. Еремин¹

¹Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

²Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
620062, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

³Институт машиноведения имени Э. С. Горкунова Уральского отделения Российской академии наук
620049, Россия, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34

Аннотация. Исследование точных решений уравнений Навье–Стокса остается важной задачей механики жидкости, поскольку такие решения служат эталоном для верификации численных методов и позволяют выявить фундаментальные закономерности течений. Особый интерес представляют трехмерные нестационарные изобарические течения с постоянной поперечной скоростью, моделирующие процессы фильтрации и движения жидкости в слоях с проницаемыми границами.

Цель исследования. Провести полный анализ совместности переопределенной системы уравнений Навье–Стокса для трехмерных нестационарных изобарических течений с постоянной поперечной скоростью в слое с проницаемыми границами, осуществить ее редукцию к разрешимой системе и построить новые семейства точных решений.

Методы. Анализ условий совместности переопределенных систем дифференциальных уравнений, метод характеристик для линейных уравнений в частных производных, редукция к связанным параболическим уравнениям, построение полиномиальных и автомодельных решений, преобразование Галилея для сведения к уравнению теплопроводности, численная визуализация в среде MATLAB с параметрами воды при 20 °С.

Результаты. Выведены условия совместности, приводящие к линейной функциональной зависимости между горизонтальными компонентами скорости. Исходная переопределенная система сведена к паре квазилинейных параболических уравнений. Построены новые классы точных решений: полиномиальные по характеристической переменной, обобщающие сдвиговые течения, а также автомодельные решения типа движущегося и диффундирующего гауссова импульса, описывающие эволюцию локализованных возмущений. Проведен анализ предельного перехода к идеальной жидкости.

Выводы. Впервые получены точные решения, описывающие трехмерные нестационарные течения вязкой жидкости с постоянной поперечной скоростью. Результаты вносят вклад в теорию слоистых течений и могут быть использованы для верификации численных методов вычислительной гидродинамики.

Ключевые слова: изобарическое течение, постоянная поперечная скорость, условия совместности, точные решения, редукция уравнений Навье–Стокса, слоистые течения, автомодельные решения

Поступила 10.03.2026, одобрена после рецензирования 05.05.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Губарева К. В., Просвирыков Е. Ю., Еремин А. В. Точные решения для нестационарных изобарических течений вязкой несжимаемой жидкости в слое с проницаемыми границами и постоянной поперечной скоростью // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 33–45. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-33-45

Exact solutions for unsteady isobaric flows of a viscous incompressible fluid in a layer with permeable boundaries and a constant transverse velocity

K.V. Gubareva^{✉1}, E.Yu. Prosviryakov^{2,3}, A.V. Eremin¹

¹Samara State Technical University

244, Molodogvardeyskaya street, Samara, 443100, Russia

²Ural Federal University

19, Mira street, Ekaterinburg, 620002, Russia

³Institute of Engineering Science, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

34, Komsomolskaya street, Ekaterinburg, 620049, Russia

Abstract. The study of exact solutions to the Navier–Stokes equations remains an important task in fluid mechanics, as such solutions serve as a benchmark for verifying numerical methods and reveal fundamental flow patterns. Of particular interest are three-dimensional unsteady isobaric flows with constant transverse velocity, which model filtration processes and fluid motion in layers with permeable boundaries.

Aim. To perform a complete compatibility analysis of the overdetermined system of Navier–Stokes equations for three-dimensional unsteady isobaric flows with a constant transverse velocity in a layer with permeable boundaries, reduce it to a solvable system, and construct new families of exact solutions.

Methods. Compatibility analysis of overdetermined systems of partial differential equations, the method of characteristics for linear partial differential equations, reduction to coupled parabolic equations, construction of polynomial and self-similar solutions, the Galilean transformation for reduction to the heat equation, and numerical visualization in MATLAB using the parameters of water at 20°C.

Results. Compatibility conditions are derived, leading to a linear functional relationship between the horizontal velocity components. The original overdetermined system is reduced to a pair of quasilinear parabolic equations. New classes of exact solutions have been constructed: polynomial solutions in the characteristic variable, which generalize shear flows, as well as self-similar solutions of the moving and diffusing Gaussian pulse type that describe the evolution of localized perturbations. An analysis of the limit transition to an ideal fluid is performed.

Conclusions. For the first time, exact solutions describing three-dimensional unsteady viscous fluid flows with a constant transverse velocity have been obtained. The results contribute to the theory of layered flows and can be used to verify numerical methods in computational fluid dynamics (CFD).

Keywords: isobaric flow, constant transverse velocity, compatibility conditions, exact solutions, reduction of Navier–Stokes equations, layered flows, self-similar solutions

Submitted 10.03.2026,

approved after reviewing 05.05.2026,

accepted for publication 07.08.2026

For citation. Gubareva K.V., Prosviryakov E.Yu., Eremin A.V. Exact solutions for unsteady isobaric flows of a viscous incompressible fluid in a layer with permeable boundaries and a constant transverse velocity. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 33–45. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-33-45

ВВЕДЕНИЕ

Уравнения Навье–Стокса, описывающие движение вязкой несжимаемой жидкости, представляют собой фундаментальную, но чрезвычайно сложную для анализа систему нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Несмотря на более



чем двухвековую историю их изучения, проблема построения точных аналитических решений в трехмерном нестационарном случае остается открытой и исключительно актуальной. Как отмечено в классических монографиях [1, 2], точные решения позволяют не только глубже понять физическую природу течений, но и служат незаменимым инструментом для тестирования численных алгоритмов, используемых в современной вычислительной гидродинамике [3]. Без таких эталонных решений невозможно оценить точность и сходимость приближенных методов, что особенно важно при моделировании сложных течений в промышленных и природных процессах.

Среди многообразия гидродинамических задач особое место занимают изобарические течения, в которых давление постоянно во всем объеме жидкости. Такие течения возникают, например, при движении жидкости под действием инерционных и вязких сил в отсутствие внешнего перепада давления, а также в некоторых приближениях геофизической гидродинамики [4–6]. Исторически первые точные решения для стационарных течений Пуазейля и Куэтта были получены именно в предположении постоянства или линейной зависимости давления в классических работах XIX века. Однако в трехмерной нестационарной постановке система становится переопределенной, что требует дополнительного анализа условий совместности. Методы анализа таких систем и построения точных решений развиты в работах [5–9].

Систематическое исследование точных решений уравнений Навье–Стокса активно развивается в работах как отечественных, так и зарубежных авторов. Фундаментальные результаты получены в [5–13]. В частности, в [5, 6] рассмотрены вихревые течения и течения во вращающихся слоях, в [7] – сдвиговые течения Куэтта, в [8] – точные решения для уравнений термодиффузии, в [9–11] предложены методы построения решений с линейной зависимостью скорости от координат, в [12, 13] изучены новые эффекты, связанные с колебаниями момента импульса. В последние годы значительный прогресс достигнут в построении решений для слоистых и вертикально завихренных течений [14–17], течений с проницаемыми границами [18–21], а также для бинарных жидкостей и термодиффузионных процессов [22–25]. Особо следует отметить работы [14–17, 21], где разработаны методы редукции и получены многочисленные классы точных решений для широкого круга гидродинамических моделей, включая трехмерные нестационарные течения.

Важным направлением является исследование течений в слоях с проницаемыми границами, которые моделируют процессы фильтрации, мембранного разделения, движения жидкости в пористых средах и биологических системах. Классические работы [18–20] заложили основы теории ламинарных течений с отсосом и вдувом через стенки. Дальнейшее развитие эти идеи получили в [21, 25], где построены точные решения для каналов с проницаемыми стенками при различных граничных условиях. Однако большинство известных решений относятся либо к стационарным, либо к двумерным течениям. Трехмерные нестационарные изобарические течения с постоянной поперечной скоростью оставались малоизученными, несмотря на их важность для приложений.

Настоящая работа продолжает это направление и посвящена анализу трехмерных нестационарных изобарических течений с дополнительным кинематическим условием – постоянством поперечной скорости. Такая постановка обобщает классические задачи о течениях в каналах с проницаемыми стенками [18–20] и находит применение при моделировании процессов фильтрации, мембранного разделения, а также в геофизической гидродинамике [6]. Кроме того, полученные решения могут служить основой для верификации численных методов, применяемых в современных вычислительных комплексах [3, 24].

Целью данной работы является проведение полного анализа совместности переопределенной системы уравнений Навье–Стокса для указанного класса течений, осуществление ее редукции к разрешимой системе и построение новых семейств точных решений, включая полиномиальные и локализованные автомодельные течения.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим движение вязкой несжимаемой жидкости в бесконечном плоском слое. В декартовых координатах (x, y, z) уравнения Навье–Стокса для поля скорости (V_x, V_y, V_z) и давления P имеют вид

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{V} = -\frac{1}{\rho} \nabla P + \nu \nabla^2 \mathbf{V}, \nabla \cdot \mathbf{V} = 0,$$

где ν – кинематическая вязкость, ρ – плотность. В предположении изобаричности течения градиент давления отсутствует: $\nabla P = 0$. В нестационарных течениях вязкая диссипация компенсируется убыванием кинетической энергии со временем (амплитуда решений убывает как $\sim 1/t$), а перенос импульса через проницаемые границы при постоянной поперечной скорости может служить дополнительным источником или стоком энергии, что делает изобарическое приближение физически обоснованным. Дополнительно полагаем, что поперечная компонента скорости постоянна: $V_z = w_0 = \text{const}$. Это условие соответствует равномерному просачиванию жидкости через проницаемые границы слоя. Следует подчеркнуть, что условие $V_z = w_0 = \text{const}$ задает лишь вертикальную составляющую скорости на проницаемых границах $z = \text{const}$. Граничные условия для горизонтальных компонент скорости V_x и V_y на этих границах в рамках данной работы не фиксируются жестко, поскольку проницаемость границ не накладывает автоматических условий прилипания или проскальзывания на касательные компоненты. Физически это соответствует ситуации, когда проходящая через границу жидкость может сохранять касательный импульс, величина которого определяется внешними факторами (интенсивностью вдува/отсоса, характеристиками внешнего потока). Такой подход позволяет при построении конкретных классов точных решений использовать возникающие произвольные функции и постоянные для удовлетворения различным типам граничных условий (прилипание, проскальзывание, заданное касательное напряжение) в зависимости от конкретной физической задачи. Тогда система упрощается до двух уравнений для горизонтальных компонент:

$$\frac{\partial V_x}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} + w_0 \frac{\partial V_x}{\partial z} = \nu \left(\frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

$$\frac{\partial V_y}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_y}{\partial y} + w_0 \frac{\partial V_y}{\partial z} = \nu \left(\frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial z^2} \right), \quad (2)$$

при условии неразрывности

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = 0. \quad (3)$$

Таким образом, имеем три уравнения для двух неизвестных функций V_x, V_y , что делает систему переопределенной. Возникает задача о нахождении условий, при которых такая система совместна.

УСЛОВИЯ СОВМЕСТИНОСТИ И РЕДУКЦИЯ

Продифференцируем (1) по x , а (2) по y и сложим. Используя (3), после преобразований получаем соотношение

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} \frac{\partial V_y}{\partial y} - \frac{\partial V_x}{\partial y} \frac{\partial V_y}{\partial x} = 0, \quad (4)$$

которое представляет собой обращение в нуль якобиана отображения $(x, y) \rightarrow (V_x, V_y)$ при фиксированных z, t . Следовательно, компоненты скорости функционально зависимы:

$$V_y = F(V_x, z, t). \quad (5)$$

Подстановка (5) в (1)–(2) и анализ полученных уравнений приводит к условиям на функцию F . Требование совместности при произвольном поле V_x дает два соотношения:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial V_x^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial V_x \partial z} = 0. \quad (6)$$

Условия (6) означают, что функция F линейна по V_x . Таким образом, получаем

$$F(V_x, z, t) = k(z, t) V_x + h(z, t). \quad (7)$$

Коэффициенты k и h удовлетворяют одинаковым линейным параболическим уравнениям:

$$\frac{\partial k}{\partial t} + w_0 \frac{\partial k}{\partial z} = v \frac{\partial^2 k}{\partial z^2}, \quad \frac{\partial h}{\partial t} + w_0 \frac{\partial h}{\partial z} = v \frac{\partial^2 h}{\partial z^2}. \quad (8)$$

Уравнения (8) описывают конвективно-диффузионный перенос этих коэффициентов в поперечном направлении. Уравнение неразрывности (3) с учетом (5) и (7) принимает вид

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + k(z, t) \frac{\partial V_x}{\partial y} = 0. \quad (9)$$

Уравнение (9) является линейным уравнением в частных производных первого порядка. Его решение записывается через характеристическую переменную $\xi = y - K(z, t)x$, где $\partial K / \partial x = k(z, t)$. Для дальнейшего анализа ограничимся случаем постоянного коэффициента $k(z, t) = K_0 = \text{const}$, что соответствует однородной связи между компонентами скорости. Тогда $\xi = y - K_0 x$, и поле скорости можно представить как

$$V_x = U(\xi, z, t), \quad V_y = K_0 U(\xi, z, t) + W(z, t), \quad (10)$$

где $W(z, t) = h(z, t)$. Подстановка (10) в исходное уравнение (1) приводит к системе двух уравнений:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + w_0 \frac{\partial U}{\partial z} + W \frac{\partial U}{\partial \xi} = v \left(\frac{\partial^2 U}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \right), \quad (11)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} + w_0 \frac{\partial W}{\partial z} = v \frac{\partial^2 W}{\partial z^2}. \quad (12)$$

Уравнение (12) для W является независимым и описывает конвективно-диффузионный перенос в поперечном направлении. После его решения уравнение (11) становится линейным относительно U и может быть исследовано аналитически.

ПОЛИНОМИАЛЬНЫЕ КЛАССЫ ТОЧНЫХ РЕШЕНИЙ

Рассмотрим случай, когда функция W линейна по координате z : $W(z, t) = \alpha(t) z + \beta(t)$. Подстановка в (12) дает

$$\frac{d\alpha}{dt} = 0, \frac{d\beta}{dt} + w_0 \alpha = 0,$$

откуда $\alpha = \alpha_0 = \text{const}$, $\beta(t) = \beta_0 - w_0 \alpha_0 t$. Таким образом, $W(z, t) = \alpha_0 z + \beta_0 - w_0 \alpha_0 t$.

Решение для U будем искать в виде полинома конечной степени N по переменной ξ :

$$U(\xi, z, t) = \sum_{n=0}^N \frac{a_n(z, t)}{n!} \xi^n. \quad (13)$$

Подставляя (13) в (11) и приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях ξ , получаем рекуррентную систему уравнений для функций $a_n(z, t)$:

$$\frac{\partial a_n}{\partial t} + w_0 \frac{\partial a_n}{\partial z} + W(z, t) a_{n+1} = \nu \left(\frac{\partial^2 a_n}{\partial z^2} + a_{n+2} \right), n = 0, 1, \dots, N-2, \quad (14)$$

$$\frac{\partial a_{N-1}}{\partial t} + w_0 \frac{\partial a_{N-1}}{\partial z} + W(z, t) a_N = \nu \frac{\partial^2 a_{N-1}}{\partial z^2}, \quad (15)$$

$$\frac{\partial a_N}{\partial t} + w_0 \frac{\partial a_N}{\partial z} = \nu \frac{\partial^2 a_N}{\partial z^2}. \quad (16)$$

Система решается последовательно, начиная с уравнения (16) для старшего коэффициента. Уравнения (14)–(15) позволяют определить младшие коэффициенты. При $N = 1$ получаем решение, обобщающее классический сдвиговый поток. На рисунке 1 представлены профили V_x и V_y для линейного случая ($N = 1$) в сечении $z = 0$ при $t = 0$. Изолинии подчеркивают линейную зависимость от ξ .

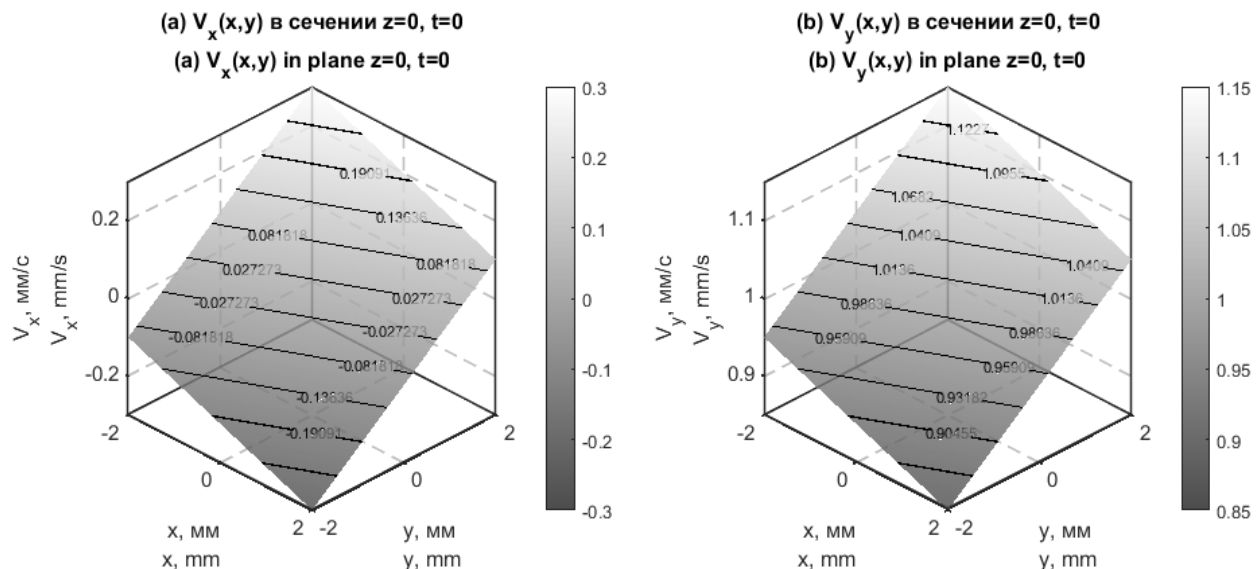


Рис. 1. Полиномиальное течение (линейный профиль): (a) $V_x(x, y)$, (b) $V_y(x, y)$ в сечении $z = 0, t = 0$.
Параметры: $K_0 = 0.5$, $W_0 = 1$ мм/с, $a_1 = 0.1$ с⁻¹

Fig. 1. Polynomial flow (linear profile): (a) $V_x(x, y)$, (b) $V_y(x, y)$ in the cross-section $z = 0, t = 0$.
Parameters: $K_0 = 0.5$, $W_0 = 1$ mm/s, $a_1 = 0.1$ s⁻¹

АВТОМОДЕЛЬНЫЕ И ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ

В случае постоянной функции $W(z, t) = W_0 = \text{const}$ уравнение (11) упрощается:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + w_0 \frac{\partial U}{\partial z} + W_0 \frac{\partial U}{\partial \xi} = \nu \left(\frac{\partial^2 U}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \right). \quad (17)$$

С помощью преобразования Галилея

$$\eta = \xi - W_0 t, \zeta = z - w_0 t, \tau = t$$

уравнение (17) сводится к двумерному уравнению теплопроводности:

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = \nu \left(\frac{\partial^2 U}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial \zeta^2} \right). \quad (18)$$

Фундаментальное решение уравнения (18), соответствующее точечному начальному возмущению, имеет вид гауссова импульса:

$$U(\eta, \zeta, \tau) = \frac{Q}{4\pi\nu\tau} \exp\left(-\frac{\eta^2 + \zeta^2}{4\nu\tau}\right). \quad (19)$$

Возвращаясь к исходным переменным, получаем точное решение исходной задачи:

$$V_x(x, y, z, t) = \frac{Q}{4\pi\nu t} \exp\left(-\frac{(y - K_0 x - W_0 t)^2 + (z - w_0 t)^2}{4\nu t}\right), \quad (20)$$

$$V_y(x, y, z, t) = K_0 V_x(x, y, z, t) + W_0. \quad (21)$$

Это решение описывает эволюцию локализованного возмущения, которое движется с постоянными скоростями W_0 в направлении y и w_0 в направлении z , одновременно расплываясь за счет вязкости. Амплитуда убывает как $1/t$, а ширина растет пропорционально $\sqrt{\nu t}$.

На рисунке 2 показана эволюция такого возмущения вдоль оси x для трех последовательных моментов времени. Графики построены для фиксированных $y = 0, z = 0$; из-за движения центра амплитуда в этом сечении несколько занижена по сравнению с истинным центром.

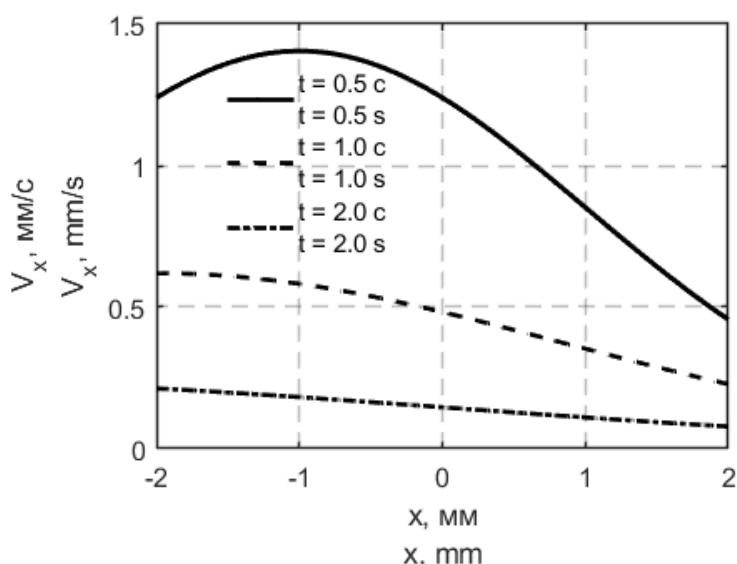


Рис. 2. Эволюция локализованного возмущения вдоль оси x при $y = 0, z = 0$ в моменты $t = 0.5, 1.0, 2.0$ с. Параметры: $\nu = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $Q = 10^{-8} \text{ м}^3/\text{с}$, $w_0 = 1 \text{ мм/с}$, $W_0 = 1 \text{ мм/с}$, $K_0 = 0.5$

Fig. 2. Evolution of a localized perturbation along the x -axis at $y = 0, z = 0$ at times $t = 0.5, 1.0, 2.0$ s. Parameters: $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $Q = 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$, $w_0 = 1 \text{ mm/s}$, $W_0 = 1 \text{ mm/s}$, $K_0 = 0.5$

Пространственная структура возмущения в момент $t = 1$ с представлена на рисунке 3 в двух ортогональных сечениях. Черным крестом отмечено положение центра, координаты которого $\left(-\frac{W_0 t}{K_0}, W_0 t, w_0 t\right)$ полностью соответствуют теоретическим. Синхронизированные цветовые шкалы позволяют сравнить интенсивность в разных плоскостях.

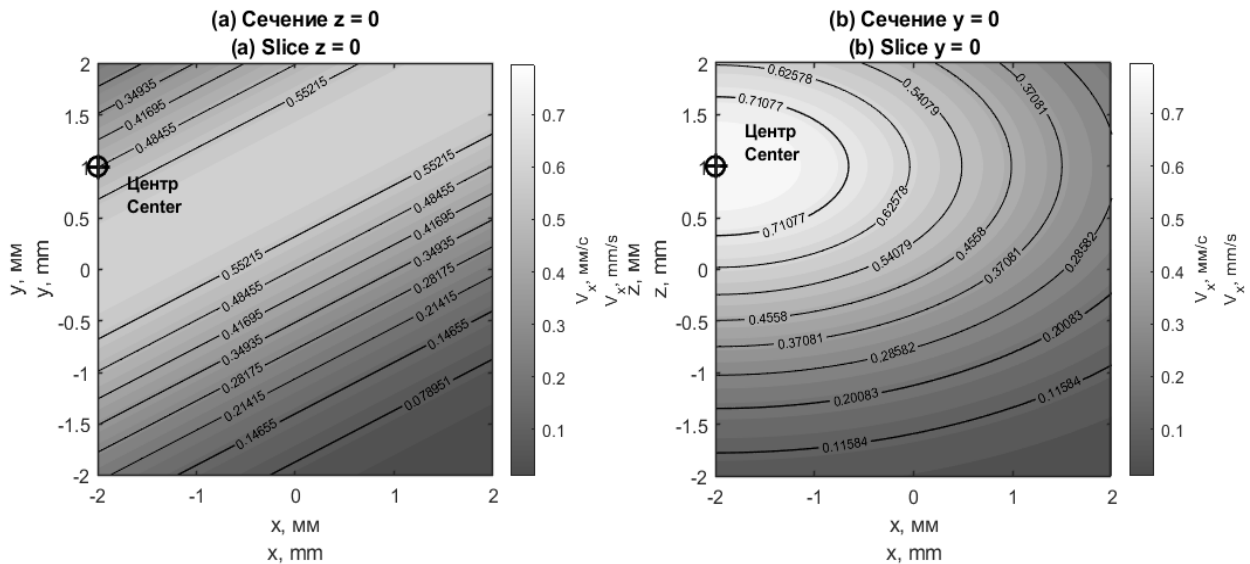


Рис. 3. Локализованное возмущение в момент $t = 1$ с: (а) сечение $z = 0$, (б) сечение $y = 0$

Fig. 3. Localized perturbation at $t = 1$ s: (a) cross-section $z = 0$, (b) cross-section $y = 0$

ПРЕДЕЛЬНЫЙ ПЕРЕХОД К ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

В пределе $\nu \rightarrow 0$ уравнения (11)–(12) переходят в уравнения переноса:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + w_0 \frac{\partial U}{\partial z} + W \frac{\partial U}{\partial \xi} = 0, \quad \frac{\partial W}{\partial t} + w_0 \frac{\partial W}{\partial z} = 0.$$

Общее решение для U имеет вид $U = \Psi(\xi - Wt, z - w_0 t)$, где Ψ – произвольная функция. В идеальной жидкости начальное возмущение переносится без изменения формы. На рисунке 4 сопоставлены решение для вязкой жидкости и решение в приближении идеальной жидкости для гауссова импульса с начальной полушириной $\sigma_0 = 0.2$ мм и амплитудой 1 мм/с в момент $t = 1$ с. Решение, соответствующее вязкой жидкости, демонстрирует существенное уширение и падение амплитуды до 0.14 мм/с, тогда как решение для идеальной жидкости сохраняет исходные параметры.

Важно отметить, что в данной постановке классический пограничный слой не формируется, поскольку постоянный поперечный перенос массы ($V_z = w_0$) изменяет структуру течения у стенки по сравнению со случаем непроницаемых границ. Решение остается регулярным при $\nu \rightarrow 0$, переходя в уравнения переноса идеальной жидкости. Отсутствие градиента давления ($\nabla P = 0$) означает отсутствие сил давления на границы, а вязкие напряжения стремятся к нулю вместе с ν . Это согласуется с фундаментальными свойствами идеальной жидкости, где сопротивление течению отсутствует (в аналогии с парадоксом Даламбера – Эйлера). Кинематическое условие на проницаемой границе ($V_z = w_0$) остается справедливым и в идеальном случае, определяя перенос возмущений без их диссипации.



Рис. 4. Сравнение решений для вязкой и идеальной жидкости: гауссов импульс при $t = 1$ с.
Начальная полуширина $\sigma_0 = 0.2$ мм, амплитуда 1 мм/с

Fig. 4. Comparison of solutions for the viscous and ideal fluids: Gaussian pulse $t = 1$ s.
Initial half-width $\sigma_0 = 0.2$ mm, amplitude 1 mm/s

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе проведен систематический анализ трехмерных нестационарных изобарических течений вязкой несжимаемой жидкости с постоянной поперечной скоростью. Основной результат состоит в редукции исходной переопределенной системы уравнений Навье–Стокса к паре связанных параболических уравнений на основе выведенных условий совместности. Показано, что функциональная зависимость между горизонтальными компонентами скорости необходимо является линейной, а ее коэффициенты подчиняются уравнению конвекции-диффузии.

Новизна работы заключается в построении новых классов точных решений редуцированной системы. Впервые получены полиномиальные по характеристической переменной решения, обобщающие сдвиговые течения на случай нестационарной трехмерной геометрии. Также в явном виде найдено автомодельное решение типа движущегося гауссова импульса, которое описывает эволюцию локализованных возмущений в поле постоянно-го поперечного переноса. Это решение демонстрирует характерную для двумерной диффузии зависимость амплитуды от времени, что качественно отличается от одномерного случая и полностью соответствует редуцированной модели.

Достоверность полученных результатов подтверждена численными расчетами в среде MATLAB с использованием физических параметров воды при 20 °С, которые полностью воспроизводят аналитические зависимости. Представленные графические материалы наглядно иллюстрируют структуру течений и влияние вязкости на эволюцию возмущений.

Практическая значимость работы определяется возможностью использования построенных точных решений в качестве тестовых примеров для верификации численных методов и вычислительных алгоритмов, применяемых при моделировании трехмерных течений со сложной кинематикой.

Дальнейшее развитие исследования может быть направлено на учет переменного коэффициента $k(z,t)$ в соотношении (7), что позволит описать более широкий класс течений, а также на включение эффектов стратификации или неоднородной проницаемости границ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 736 с.
2. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. М.: Мир, 1973. 760 с.
3. Temam R. Navier–Stokes equations: theory and numerical analysis. Amsterdam: North-Holland, 2001. 500 p.
4. Drazin P. G., Riley N. The Navier–Stokes equations: a classification of flows and exact solutions. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2006. 196 p.
5. Пухначев В. В. Симметрии в уравнениях Навье–Стокса // Успехи механики. 2006. № 1. С. 6–76.
6. Аристов С. Н., Шварц К. Г. Вихревые течения адвективной природы во вращающемся слое жидкости. Пермь: Изд-во Пермск. гос. ун-та, 2006. 155 с.
7. Аристов С. Н., Просвирыков Е. Ю. Неоднородные течения Куэтта // Нелинейная динамика. 2014. Т. 10. Вып. 2. С. 177–182. DOI: 10.20537/nd1402004
8. Turkyilmazoglu M. Exact solutions for the incompressible viscous fluid of a porous rotating disk flow // International Journal of Non-Linear Mechanics. 2009. Vol. 44. Pp. 352–357. DOI: 10.1016/j.ijnonlinmec.2008.12.007
9. Полянин А. Д., Журов А. И. Методы разделения переменных и точные решения нелинейных уравнений математической физики. М.: Изд-во «ИПМех РАН», 2020. 384 с.
10. Полянин А. Д., Аристов С. Н. Новый метод построения точных решений трехмерных уравнений Навье–Стокса и Эйлера // Теоретические основы химической технологии. 2011. Т. 45. № 6. С. 696–701.
11. Wang C. Y. Exact solutions of the unsteady Navier–Stokes equations // Appl. Mech. Rev. 1989. Vol. 42 (11S). Pp. 269–282. DOI: 10.1115/1.3152400
12. Wang C.Y. Exact solutions of the steady-state Navier–Stokes equations // Annu. Rev. Fluid Mech. 1991. Vol. 23. P. 159–177. DOI: 10.1146/annurev.fl.23.010191.001111
13. Bogoyavlenskij O. The new effect of oscillations of the total angular momentum vector of viscous fluid // Physics Fluids. 2022. Vol. 34. 083108. DOI: 10.1063/5.0101870
14. Zatorska M.B., Banks W.H.H. New solutions for flow in a channel with porous walls and/or non-rigid walls // Fluid Dynamics Research. 2003. Vol. 33. No. 1–2. P. 57–71. DOI: 10.1016/S0169-5983(03)00044-3
15. Baron A. Exact solutions to the three-dimensional Navier–Stokes equations based on the stream function approach // Physics of Fluids. 2025. Vol. 37. No. 1. 013607. DOI: 10.1063/5.0245978
16. Goruleva L.S., Prosviryakov E.Yu. Exact Solutions to the Navier–Stokes equations for describing inhomogeneous isobaric vertical vortex fluid flows in regions with permeable boundaries // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. 2023. Iss. 1. Pp. 41–53. DOI: 10.17804/2410-9908.2023.1.041-053
17. Prosviryakov E.Y. New class of exact solutions of Navier–Stokes equations with exponential dependence of velocity on two spatial coordinates // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2019. Vol. 53. No. 1. Pp. 107–114. DOI: 10.1134/S0040579518060088.
18. Berman A.S. Laminar flow in channels with porous walls // J. Appl. Phys. 1953. Vol. 24. No. 9. Pp. 1232–1235. DOI: 10.1063/1.1721476
19. Yuan S.W. Further investigation of laminar flow in channels with porous walls // J. Appl. Phys. 1956. Vol. 27. Issue 3. P. 267. DOI: 10.1063/1.1722355

20. Резицер С. А. О приближенной теории течения вязкой несжимаемой жидкости в трубах с пористыми стенками // *Известия высших учебных заведений. Математика*. 1962. № 5. С. 65–74. <https://www.mathnet.ru/rus/ivm2101>
21. Zubarev N.M., Prosviryakov E.Y. Exact solutions for layered three-dimensional nonstationary isobaric flows of a viscous incompressible fluid // *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*. 2019. Vol. 60. No. 6. Pp. 1031–1037. DOI: 10.1134/S0021894419060075
22. Watson E.B.B., Banks W.H.H., Zaturka M.B., Drazin P.G. On transition to chaos in two-dimensional channel flow symmetrically driven by accelerating walls // *Journal of Fluid Mechanics*. 1990. Vol. 212. Pp. 451–485. DOI: 10.1017/S0022112090002051
23. Watson E.B.B., Banks W.H.H., Zaturka M.B., Drazin P.G. Laminar channel flow driven by accelerating walls // *European Journal of Applied Mathematics*. 1991. Vol. 2. No. 4. Pp. 359–385. DOI: 10.1017/S0956792500000607
24. Губарева К. В., Еремин А. В. Численное решение задачи теплопроводности в пористой пластине с топологией трижды периодических минимальных поверхностей // *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*. 2025. Т. 25. № 1. С. 23–31. DOI: 10.23947/2687-1653-2025-25-1-23-31
25. Сизых Г. Б. Течение пуазейлевского типа в канале с проницаемыми стенками // *Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки*. 2022. Т. 26. № 1. С. 190–201. DOI: 10.14498/vsgtu1900

REFERENCES

1. Landau L.D., Lifshits E.M. *Gidrodinamika* [Hydrodynamics]. Moscow: Nauka, 1986. 736 p. (In Russian)
2. Batchelor G.K. *Vvedenie v dinamiku zhidkosti* [Introduction to fluid dynamics]. Moscow: Mir, 1973. 760 p. (In Russian)
3. Temam R. *Navier–Stokes equations: theory and numerical analysis*. Amsterdam, North-Holland, 2001. 500 p.
4. Drazin P.G., Riley N. *The Navier–Stokes equations: a classification of flows and exact solutions*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 2006. 196 p.
5. Pukhnachev V.V. *Simmetrii v uravneniyakh Nav'e–Stoksa* [Symmetries in the Navier–Stokes equations]. *Uspekhi mekhaniki*. 2006. No. 1. Pp. 6–76. (In Russian)
6. Aristov S.N., Shvarts K.G. *Vikhrevye techeniya advektivnoi prirody vo vrashchayushchemsya sloe zhidkosti* [Vortical flows of advective nature in a rotating fluid layer]. Perm: Perm State Univ., 2006. 155 p. (In Russian)
7. Aristov S.N., Prosviryakov E.Yu. Inhomogeneous Couette flows. *Nelineinaya dinamika* [Russian Journal of Nonlinear Dynamics]. 2014. Vol. 10. No. 2. Pp. 177–182. DOI: 10.20537/nd1402004. (In Russian)
8. Turkyilmazoglu M. Exact solutions for the incompressible viscous fluid of a porous rotating disk flow. *International Journal of Non-Linear Mechanics*. 2009. Vol. 44. Pp. 352–357. DOI: 10.1016/j.ijnonlinmec.2008.12.007
9. Polyanin A.D., Zhurov A.I. *Metody razdeleniya peremennykh i tochnye resheniya nelineinykh uravnenii matematicheskoi fiziki* [Methods of separation of variables and exact solutions of nonlinear equations of mathematical physics]. Moscow, IPMekh RAN Publ., 2020. 384 p. (In Russian)
10. Polyanin A.D., Aristov S.N. A new method for constructing exact solutions of three-dimensional Navier–Stokes and Euler equations. *Teoreticheskie osnovy khimicheskoi tekhnologii* [Theoretical Foundations of Chemical Engineering]. 2011. Vol. 45. No. 6. Pp. 696–701. (In Russian)
11. Wang C.Y. Exact solutions of the unsteady Navier–Stokes equations. *Appl. Mech. Rev.*, 1989. Vol. 42 (11S). Pp. 269–282. DOI: 10.1115/1.3152400

12. Wang C.Y. Exact solutions of the steady-state Navier–Stokes equations. *Annu. Rev. Fluid Mech.*, 1991. Vol. 23. Pp. 159–177. DOI: 10.1146/annurev.fl.23.010191.001111
13. Bogoyavlenskij O. The new effect of oscillations of the total angular momentum vector of viscous fluid. *Physics Fluids*. 2022. Vol. 34. 083108. DOI: 10.1063/5.0101870
14. Zaturka M.B., Banks W.H.H. New solutions for flow in a channel with porous walls and/or non-rigid walls. *Fluid Dynamics Research*. 2003. Vol. 33. No. 1–2. Pp. 57–71. DOI: 10.1016/S0169-5983(03)00044-3
15. Baron A. Exact solutions to the three-dimensional Navier–Stokes equations based on the stream function approach. *Physics of Fluids*. 2025. Vol. 37. No. 1. 013607. DOI: 10.1063/5.0245978
16. Goruleva L.S., Prosviryakov E.Yu. Exact solutions to the Navier–Stokes equations for describing inhomogeneous isobaric vertical vortex fluid flows in regions with permeable boundaries. *Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures*, 2023. Iss. 1. Pp. 41–53. DOI: 10.17804/2410-9908.2023.1.041-053
17. Prosviryakov E.Y. New class of exact solutions of Navier–Stokes equations with exponential dependence of velocity on two spatial coordinates. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2019. Vol. 53. No. 1. Pp. 107–114. DOI: 10.1134/S0040579518060088
18. Berman A.S. Laminar flow in channels with porous walls. *J. Appl. Phys.*, 1953. Vol. 24. No. 9. Pp. 1232–1235. DOI: 10.1063/1.1721476
19. Yuan S.W. Further investigation of laminar flow in channels with porous walls. *J. Appl. Phys.*, 1956. Vol. 27. Iss. 3. p. 267. DOI: 10.1063/1.1722355
20. Regirer S.A. On an approximate theory of viscous incompressible fluid flow in pipes with porous walls. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Matematika* [Russian Mathematics]. 1962. No. 5. Pp. 65–74. (In Russian)
21. Zubarev N.M., Prosviryakov E.Y. Exact solutions for layered three-dimensional nonstationary isobaric flows of a viscous incompressible fluid. *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*. 2019. Vol. 60. No. 6. Pp. 1031–1037. DOI: 10.1134/S0021894419060075
22. Watson E.B.B., Banks W.H.H., Zaturka M.B., Drazin P.G. On transition to chaos in two-dimensional channel flow symmetrically driven by accelerating walls. *Journal of Fluid Mechanics*. 1990. Vol. 212. Pp. 451–485. DOI: 10.1017/S0022112090002051
23. Watson E.B.B., Banks W.H.H., Zaturka M.B., Drazin P.G. Laminar channel flow driven by accelerating walls. *European Journal of Applied Mathematics*. 1991. Vol. 2. No. 4. Pp. 359–385. DOI: 10.1017/S0956792500000607
24. Gubareva K.V., Eremin A.V. *Chislennoe reshenie zadachi teploprovodnosti v poristoi plastine s topologiei trizhdy periodicheskikh minimal'nykh poverkhnostei* [Numerical solution of the heat conduction problem in a porous plate with the topology of triply periodic minimal surfaces]. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*. 2025. Vol. 25. No. 1. Pp. 23–31. DOI: 10.23947/2687-1653-2025-25-1-23-31. (In Russian)
25. Sizykh G.B. Poiseuille-type flow in a channel with permeable walls. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Fiziko-matematicheskie nauki* [Vestnik of Samara State Technical University. Series: Physical and Mathematical Sciences]. 2022. Vol. 26. No. 1. Pp. 190–201. DOI: 10.14498/vsgtu1900. (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

Губарева Кристина Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика», Самарский государственный технический университет;

443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244;

r.kristina2017@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9845-8372>, SPIN-код: 4171-9816

Просвиряков Евгений Юрьевич, д-р физ.-мат. наук, доцент, профессор кафедры «Информационные технологии и системы управления» Института радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина;

620062, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19;

заведующий сектором нелинейной вихревой гидродинамики Института машиноведения имени Э. С. Горкунова, Уральское отделение Российской академии наук;

620049, Россия, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34;

evgen_pros@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2349-7801>, SPIN-код: 3880-5690

Еремин Антон Владимирович, д-р техн. наук, доцент, проректор по научной работе, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», Самарский государственный технический университет;

443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244;

a.v.eremin@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2614-6329>, SPIN-код: 3892-0775

Information about the authors

Kristina V. Gubareva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Industrial Thermal Power Engineering, Samara State Technical University;

244, Molodogvardeyskaya street, Samara, 443100, Russia;

r.kristina2017@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9845-8372>, SPIN-code: 4171-9816

Evgenii Yu. Prosviryakov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Information Technology and Automation, Ural Federal University;

19, Mira street, Ekaterinburg, 620002, Russia;

Head of Sector, Sector of Nonlinear Vortex Hydrodynamics, Institute of Engineering Science, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences;

34, Komsomolskaya street, Ekaterinburg, 620049, Russia;

evgen_pros@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2349-7801>, SPIN-code: 3880-5690

Anton V. Eremin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Scientific Work, Head of the Department of Industrial Thermal Power Engineering, Samara State Technical University;

244, Molodogvardeyskaya street, Samara, 443100, Russia;

a.v.eremin@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2614-6329>, SPIN-code: 3892-0775

УДК 004.4:004.8:338.48

Научная статья

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-4-46-61>

 LSXPHG

Проектирование iOS-приложения интеллектуального туристического гида с интеграцией AI-сервисов: архитектура, UX и технологии

К. А. Бережной

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

Аннотация. Мобильные приложения стали основным каналом сопровождения путешественника на всех этапах поездки, а развитие искусственного интеллекта формирует у пользователей ожидание персонализированного «умного гида». При этом существующие туристические сервисы редко сочетают глубокую персонализацию, контекстную маршрутизацию, защиту приватности данных и устойчивую работу при нестабильном интернет-соединении.

Цель исследования – разработать и обосновать подход к проектированию iOS-приложения интеллектуального туристического гида с интеграцией AI-сервисов, включая выбор архитектуры, технологического стека, методов персонализации и UX-решений.

Материалы и методы исследования. Выполнен анализ 47 приложений категории «Travel» в App Store и 17 специализированных AI-сервисов; проведен сравнительный анализ подходов к персонализации и рекомендательным системам в туризме; спроектирована многоуровневая архитектура (Clean Architecture и MVVM, SwiftUI, Core ML, облачные языковые модели) и реализован прототип – мобильное приложение на платформе iOS «TripSight».

Результаты. Предложена архитектура приложения и гибридная схема AI-инференса, распределяющая обработку между локальными моделями Core ML и облачными языковыми моделями по критериям задержки, приватности, доступности сети и сложности запроса. Сформулированы научная новизна и авторский вклад, рекомендации по технологическому стеку и UX-паттернам, а также определены ограничения и область применимости решения.

Ключевые слова: мобильные туристические приложения, iOS-разработка, искусственный интеллект, персонализация, рекомендательные системы, Core ML, SwiftUI, маршрутизация, UX/UI-дизайн, гибридный AI-инференс

Поступила 11.03.2026, одобрена после рецензирования 26.06.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Бережной К. А. Проектирование iOS-приложения интеллектуального туристического гида с интеграцией AI-сервисов: архитектура, UX и технологии // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 46–61. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-46-61

Designing an iOS intelligent tourist guide application with integrated AI services: architecture, UX, and technologies

K.A. Berezhnoi

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

Abstract. Mobile applications have become the primary channel for supporting travelers throughout all stages of their journey, while the advancement of artificial intelligence shapes user expectations for a tailored “smart guide”. However, existing travel services rarely combine deep personalization, context-aware routing, data privacy protection, and robust performance under unstable internet connection conditions.

Aim. The study aims to develop and justify an approach to designing an iOS intelligent tourist guide application with integrated AI services, including the choice of architecture, technology stack, personalization methods, and UX solutions.

Materials and methods. An analysis of 47 “Travel” applications in the App Store and 17 specialized AI services was performed; a comparative analysis of approaches to personalization and recommendation systems in tourism was conducted; a multi-tiered architecture (Clean Architecture, MVVM, SwiftUI, Core ML, cloud-based language models) was designed, and a prototype, the iOS mobile application “TripSight”, was implemented.

Results. An application architecture and a hybrid AI inference scheme have been proposed, distributing processing between local Core ML models and cloud-based language models based on criteria of latency, privacy, network availability, and request complexity. The scientific novelty and the author's contribution have been formulated, along with recommendations for the technology stack and UX patterns; furthermore, the limitations and the scope of applicability of the proposed solution have been defined.

Keywords: mobile travel applications, iOS development, artificial intelligence, personalization, recommender systems, Core ML, SwiftUI, routing, UX/UI design, hybrid AI inference

Submitted 11.03.2026,

approved after reviewing 26.06.2026,

accepted for publication 07.08.2026

For citation. Berezhnoi K.A. Designing an iOS intelligent tourist guide application with integrated AI services: architecture, UX, and technologies. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 46–61. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-46-61

ВВЕДЕНИЕ

Мобильные приложения в последние годы стали важнейшим каналом взаимодействия пользователей с цифровыми сервисами. В туристической сфере они выполняют роль помощника на всех этапах планирования и сопровождения поездки – от поиска и бронирования отелей и билетов до получения рекомендаций по достопримечательностям, навигации и анализа внешней среды. Развитие искусственного интеллекта позволило интегрировать в мобильные приложения функции интеллектуального гида: персонализированные маршруты, диалоговые консультации, анализ отзывов и мультимодальные сценарии взаимодействия [1]. Параллельно растёт качество UI/UX мобильных приложений: внедряются более

© Berezhnoi K.A., 2026



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

понятные пользовательские сценарии, упрощается навигация, повышается скорость работы, что формирует у пользователей повышенные ожидания к туристическим сервисам¹.

Цель настоящей статьи – разработать подход к созданию мобильного приложения на платформе iOS с функционалом интеллектуального туристического гида, интегрирующего сервисы искусственного интеллекта для построения персонализированных маршрутов, а также обосновать выбор технологического стека, архитектуры, методов персонализации и UX-решений, опираясь на практику разработки мобильных приложений на iOS.

Задачи исследования:

- выполнить анализ рынка и собрать пользовательские требования к современным iOS-приложениям туристического сегмента;
- исследовать масштабы применения искусственного интеллекта в туризме и провести сравнительный анализ существующих подходов к персонализации маршрутов и рекомендаций;
- рассмотреть современные архитектурные подходы к интеграции внешних AI-API в iOS-приложения;
- определить источники данных и контекстные факторы, необходимые для работы интеллектуального помощника;
- определить требования к дизайну приложения и сформировать метрики оценки качества пользовательского опыта и рекомендаций;
- спроектировать архитектуру iOS-приложения интеллектуального гида, описать ключевые структуры и их взаимодействие;
- сформулировать набор рекомендаций и лучших практик по выбору технологического стека, архитектуре и UI/UX-организации приложений для платформы iOS.

Научная новизна и авторский вклад

Сами по себе архитектурные принципы (Clean Architecture, MVVM) и технологии (Core ML, облачные LLM) являются известными; научный вклад работы состоит не в их изобретении, а в способе их интеграции и адаптации к ограничениям мобильного туристического сценария. Авторский вклад заключается в следующем:

- Предложен способ интеграции контекстных факторов (локация, погода, загруженность, время) в рекомендационный конвейер мобильного гида, в котором контекст применяется на этапе on-device-ранжирования кандидатов, что снижает задержку и зависимость от сети по сравнению с чисто облачными рекомендателями.
- Разработана схема балансировки AI-инференса между устройством и облаком – «диспетчер инференса», распределяющий запросы по критериям задержки, приватности, доступности сети и сложности запроса; это позволяет сочетать отзывчивость и приватность on-device-обработки с качеством облачных языковых моделей.
- Предложена комбинированная схема персонализации, объединяющая начальную сегментацию, профилирование интересов, контекстно-зависимое ранжирование и оптимизацию маршрутов с ограничениями, адаптированная к мобильным ограничениям (офлайн-режим, аппаратные ресурсы, стоимость облачных запросов).
- Сформулирован обоснованный набор рекомендаций по технологическому стеку и UX-паттернам для интеллектуальных туристических ассистентов на iOS, пригодный для практического переноса на другие города и сегменты туризма.

¹AI in Tourism Marketing: Hyper-Personalization and More Bookings. Mize. URL: <https://mize.tech/blog/ai-in-tourism-marketing-hyper-personalization-and-more-bookings> (дата обращения: 10.02.2026).

В отличие от существующих обзоров и систем [2, 3], в которых рассматриваются преимущественно алгоритмы рекомендаций или серверные архитектуры, и от LLM-ориентированных подходов [1, 4] настоящая работа фокусируется на целостном проектировании клиентской части на iOS с явным разделением обязанностей между устройством и облаком.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Анализ предметной области и постановка задачи

В рамках анализа рынка мобильных туристических приложений для платформы iOS было рассмотрено 47 приложений категории «Travel» в App Store, отобранных по критериям: рейтинг не ниже 4.6, не менее 100 отзывов и релевантность функциональности (наличие поисковых и навигационных сценариев). Для каждого приложения фиксировались наличие AI-функций (чат-бот, персональные рекомендации, динамическая маршрутизация), поддержка офлайн-режима, используемые UX-паттерны и способы монетизации. Дополнительно проанализированы 17 специализированных сервисов с заявленной интеграцией технологий искусственного интеллекта. Полученные данные позволили сформулировать требования к функционалу и UX-характеристикам, легшие в основу проектируемого приложения «TripSight».

Задача проектируемого приложения (условно – «TripSight») состоит в том, чтобы облегчить выбор и составление плана путешествия и в формате диалога с AI-ассистентом, использующим персонализированную рекомендательную систему и контекстные факторы (локация, погода, загруженность объектов, время суток), построить маршрут поездки при сохранении высокого уровня приватности данных и возможности работы в условиях нестабильного интернет-соединения.

2. Источники и структура данных

Для реализации интеллектуального туристического гида необходима интеграция нескольких классов данных:

- официальные и коммерческие каталоги достопримечательностей (категории, описания, координаты, расписание, тарифы) и туристической инфраструктуры (музеи, парки, рестораны, транспорт);
- геоданные и картографические сервисы (карты, маршруты, оценка времени в пути), обеспечиваемые, например, MapKit и сторонними API;
- данные о пользователе: настройки, интересы, история просмотренных и посещенных мест, сохраненные маршруты, отзывы и оценки;
- контекстные данные в реальном времени: погода, загруженность локаций, локальные мероприятия, а также телеметрия использования приложения для последующей аналитики.

Структура данных предполагает использование локальной базы (например, Core Data или SQLite) для кеширования ключевой информации и обеспечения офлайн-режима, а также серверной части, агрегирующей внешние источники и выполняющей тяжелые аналитические запросы. Для AI-компоненты используются как облачные языковые модели, доступные по REST API, так и локальные модели, конвертированные в формат Core ML для выполнения на устройстве².

²Core ML. Apple Developer Documentation. URL: <https://developer.apple.com/documentation/coreml> (дата обращения: 05.02.2026).

3. Обоснование выбора методов персонализации и маршрутизации

Персонализация рекомендаций в туристическом приложении может базироваться на комбинации контентно-ориентированных методов, коллаборативной фильтрации и кластеризации пользователей по поведенческим паттернам. Исследования по AI-персонализации в туризме подчеркивают эффективность подходов, объединяющих профилирование интересов, анализ контекста (локация, время, погода) и предсказание вероятности отклика на конкретное предложение [1, 2].

В контексте «TripSight» целесообразно использовать следующую схему:

- начальная сегментация пользователей по типам (любители музеев, поклонники природы, гостротуристы и т. п.) на основе анкеты и первых действий в приложении;
- построение профиля интересов по истории взаимодействий и отзывам;
- применение рекомендательной модели для ранжирования достопримечательностей с учетом контекста (время, погода, близость к текущему местоположению);
- использование алгоритмов оптимизации маршрутов (например, модификации задачи коммивояжера с ограничениями по времени и предпочтениям) для построения дневных и многодневных маршрутов [2].

Ряд работ показывает, что внедрение AI-рекомендателей и динамической маршрутизации повышает вовлеченность и глубину использования туристических приложений за счет ощущения «умного сопровождения» путешественника [2]. В предлагаемой архитектуре вычислительно сложные части (кластеризация, обучение моделей) выполняются на сервере, а ранжирование кандидатов и адаптация в реальном времени – частично на устройстве средствами Core ML.

3.1. Сравнительный анализ существующих подходов к персонализации в туризме

Систематизация существующих исследований позволяет выделить пять основных классов методов персонализации в туристических рекомендательных системах и критически оценить их применимость к мобильной платформе. Контентно-ориентированная фильтрация опирается на соответствие характеристик объектов профилю интересов пользователя; она устойчива к проблеме «холодного старта» по объектам, но склонна к избыточной специализации рекомендаций. Коллаборативная фильтрация использует поведение похожих пользователей и обеспечивает обнаружение неочевидных предложений, однако чувствительна к разреженности данных и «холодному старту» по пользователям [2]. Гибридные и онтологические системы, рассмотренные в обзоре [3], сочетают оба подхода и формализуют предметную область, повышая качество и объяснимость рекомендаций ценой усложнения и трудоемкости поддержки базы знаний.

Контекстно-зависимые методы дополнительно учитывают локацию, время, погоду и социальный контекст, что критично именно для мобильного туризма [2], однако требуют надежного потока контекстных данных. Наиболее новым направлением являются подходы на основе больших языковых моделей (LLM): они обеспечивают диалоговое уточнение предпочтений и генерацию развернутых, объяснимых рекомендаций [1, 4], но остаются ресурсоемкими, зависят от сети и подвержены риску галлюцинаций. Сопоставление подходов (табл. 1) показывает, что ни один метод не покрывает все требования мобильного интеллектуального гида, поэтому в «TripSight» обоснованно применяется гибридная схема, объединяющая контекстно-зависимое ранжирование на устройстве с диалоговым LLM-слоем.

Таким образом, проведенный анализ подтверждает, что ни один класс методов не покрывает все требования мобильного интеллектуального гида. Контентная фильтрация обеспечивает стабильность при ограниченных данных, коллаборативная фильтрация

расширяет охват рекомендаций при накоплении аудитории, а LLM обеспечивают гибкий диалог за счет высоких расходов и зависимости от сети. Именно поэтому в «TripSight» обосновано применение гибридной схемы, объединяющей преимущества каждого подхода и компенсирующей их ограничения [7, 8].

Таблица 1. Сравнительный анализ подходов к персонализации в туризме

Table 1. Comparative analysis of personalization approaches in tourism

Подход	Принцип	Сильные стороны	Ограничения	Роль в «TripSight»
Контентная фильтрация	Сопоставление свойств объектов профилю	Нет «холодного старта» по объектам, прозрачность	Избыточная специализация рекомендаций	Базовое профилирование интересов
Коллаборативная фильтрация	Поведение похожих пользователей	Обнаружение неочевидных предложений	Разреженность данных, «холодный старт»	Дополнение при накоплении данных
Гибридные / онтологические	Комбинация методов и знаний домена	Качество и объяснимость	Сложность и поддержка базы знаний	Концептуальная основа ранжирования
Контекстно-зависимые	Учет локации, времени, погоды	Релевантность «здесь и сейчас»	Нужен поток контекстных данных	On-device ранжирование в реальном времени
На основе LLM	Диалог и генерация на больших моделях	Объяснимость, гибкость диалога	Ресурсоемкость, сеть, галлюцинации	Облачный диалоговый слой

4. Определение метрик качества пользовательского опыта и рекомендаций

Оценка эффективности интеллектуального туристического гида требует сочетания количественных метрик качества рекомендаций и показателей UX. Для рекомендательной части применимы традиционные метрики информационного поиска (precision, recall, NDCG) на основе откликов пользователей, а также бизнес-метрики — конверсия из просмотра в посещение, частота использования рекомендаций, средняя длина сессии.

С точки зрения UX ключевыми показателями являются:

- оценка удобства интерфейса по опросным шкалам (например, SUS);
- время выполнения типичных сценариев (поиск маршрута, добавление места, получение подсказки);
- доля пользователей, использующих офлайн-режим и AI-чат;
- показатели удержания (retention) и возвращаемости.

Эмпирические исследования UX мобильных туристических приложений показывают, что для этого сегмента критически важны простота навигации, минимизация когнитивной нагрузки и работоспособность при плохом соединении, в условиях стресса и спешки, характерных для путешествий [5]³. Дефицит доверия и удобства, выявленный у пользователей поколения Z [5], дополнительно обосновывает приоритет прозрачности и отзывчивости интерфейса. Эти положения легли в основу требований к интерфейсу «TripSight»⁴.

³How to Design a Travel App UI/UX & Case Study. Fuselab Creative. URL: <https://fuselabcreative.com/how-to-design-a-travel-app-ui-ux> (дата обращения: 10.02.2026).

⁴Hospitality and Tourism Mobile App Development: Designing Intuitive Tourism Apps. FasterCapital. URL: <https://fastercapital.com/content/Hospitality-and-tourism-mobile-app-development--User-Experience-Matters--Designing-Intuitive-Tourism-Apps.html> (дата обращения: 14.02.2026).

5. Анализ инструментов и технологий разработки iOS-приложений

Экосистема iOS предоставляет разработчикам широкий набор инструментов и библиотек для создания современных приложений с адаптивными интерфейсами и интеграции AI-инструментов различной сложности: Swift, SwiftUI, UIKit, Core ML, Vision, Core Location, MapKit и др. Декларативный фреймворк SwiftUI упрощает создание плавных и понятных интерфейсов и ускоряет прототипирование сложных экранов.

Интеграция AI-инструментов в iOS-приложения обычно выполняется двумя основными способами: через облачные API крупных провайдеров (языковые модели, внешние рекомендательные сервисы) и через локальные модели, развертываемые средствами Core ML. Эмпирические данные по on-device AI показывают, что размещение моделей на устройстве снижает задержку, уменьшает зависимость от сети и повышает приватность за счет отсутствия передачи сырых данных на сервер [6]⁵. В то же время для сложных языковых моделей и мультимодальной обработки (текст и изображение) по-прежнему целесообразны облачные сервисы, комбинируемые с локальными компонентами в гибридной архитектуре⁶.

Таблица 2. Сравнительные характеристики каналов AI-инференса

Table 2. Comparative characteristics of AI inference channels

Критерий	On-device (Core ML)	Облачные LLM (REST)
Задержка	Низкая (десяtkи–сотни мс)	Выше ($\approx 1-2$ с, зависит от сети)
Приватность	Высокая (данные на устройстве)	Ниже (передача на сервер)
Класс задач	Классификация, ранжирование	Диалог, генерация, мультимодальность
Работа офлайн	Поддерживается	Не поддерживается
Требования к устройству	Память и вычислительные ресурсы	Минимальные
Стоимость эксплуатации	Разовая (модель в приложении)	Растет с числом запросов
Качество на сложных запросах	Ограниченное	Высокое

Сравнение каналов инференса показывает, что on-device-обработка и облачные LLM являются взаимодополняющими, а не конкурирующими подходами. Локальные модели оптимальны для классификации и ранжирования с низкой задержкой и высокой приватностью, тогда как облачные модели незаменимы для сложных диалоговых сценариев и мультимодальной обработки. Диспетчер инференса динамически выбирает канал обработки по критериям таблицы 2, что позволяет реализовывать баланс между производительностью, приватностью и качеством рекомендаций [6, 9].

6. Архитектура мобильного приложения и требования

После анализа большого числа инструментов была предложена многоуровневая архитектура приложения «TripSight», которая сочетает в себе принципы Clean Architecture и MVVM для разделения слоев доменной логики, данных и представления (рис. 1). Верхний

⁵Deploy machine learning and AI models on-device with Core ML. WWDC24, Apple Developer. URL: <https://developer.apple.com/videos/play/wwdc2024/10161> (дата обращения: 12.02.2026).

⁶Machine Learning & AI. WWDC24, Apple Developer. URL: <https://developer.apple.com/machine-learning> (дата обращения: 09.02.2026).

уровень образуют SwiftUI-экраны (чат с AI-ассистентом, карта маршрута, каталог мест, профиль пользователя), взаимодействующие с ViewModel-слоем через привязки состояния. ViewModel инкапсулирует бизнес-логику: построение и изменение маршрутов, подготовку запросов к AI-сервисам, обработку ответов и управление кешем.

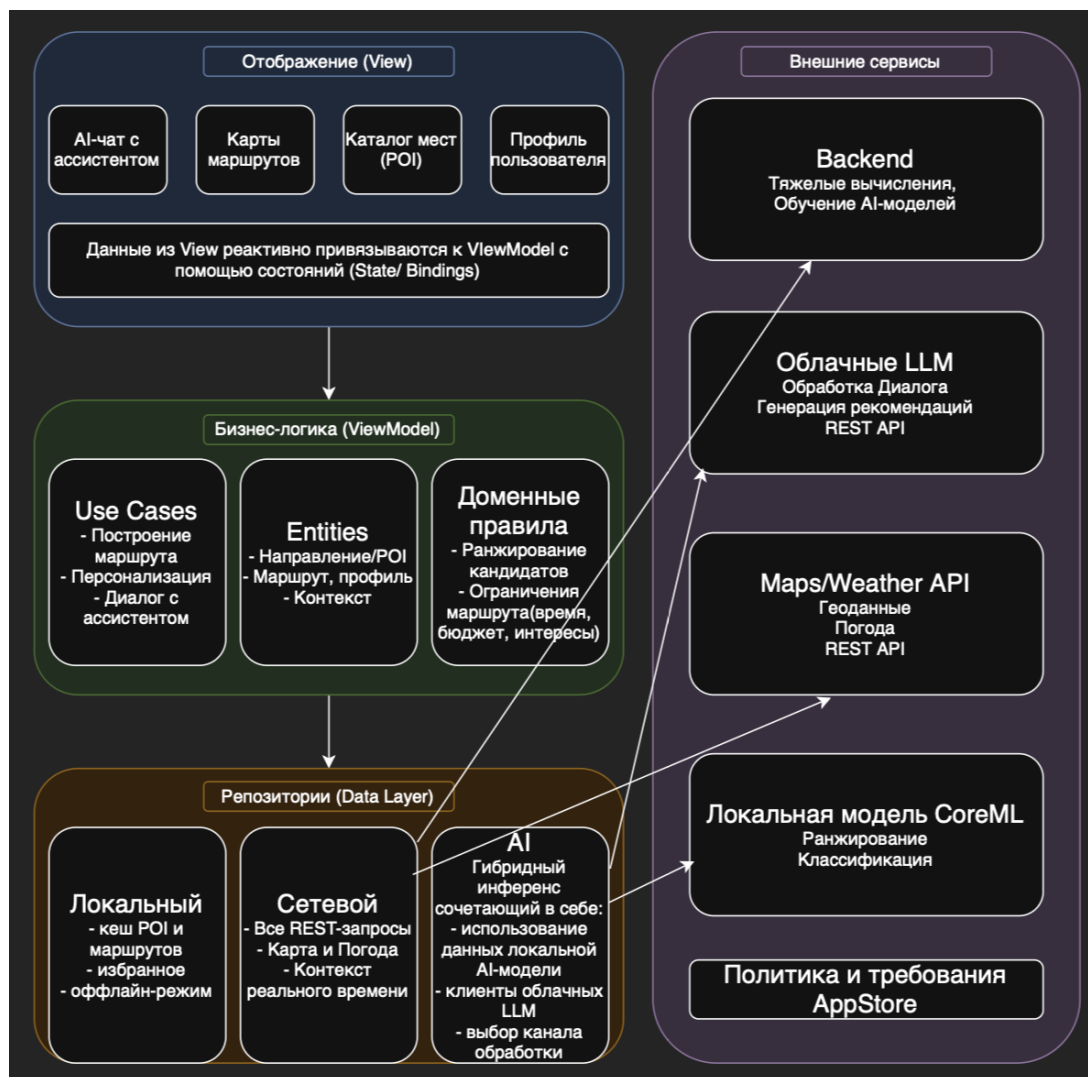


Рис. 1. Глобальная архитектура приложения «TripSight» (Clean Architecture + MVVM)

Fig. 1. Global architecture of the TripSight application (Clean Architecture + MVVM)

Архитектура, изображенная на рисунке, показывает схему взаимодействия всех слоев приложения. SwiftUI-экраны взаимодействуют только с ViewModel, не имея прямого доступа к данным, а доменная логика остается независимой от конкретных реализаций репозитория.

На уровне данных выделяются репозитории для:

- локальных данных (избранное, история, кеш POI и маршрутов);
- сетевого слоя (REST-клиенты к бэкенду, картам, погодным и AI-сервисам);
- AI-инференса (обертки над Core ML-моделями и клиентами облачных LLM).

Распределение AI-инференса между локальными и облачными компонентами иллюстрирует рисунок 2: диспетчер инференса выбирает канал обработки в зависимости от задержки, приватности, доступности сети и сложности запроса.

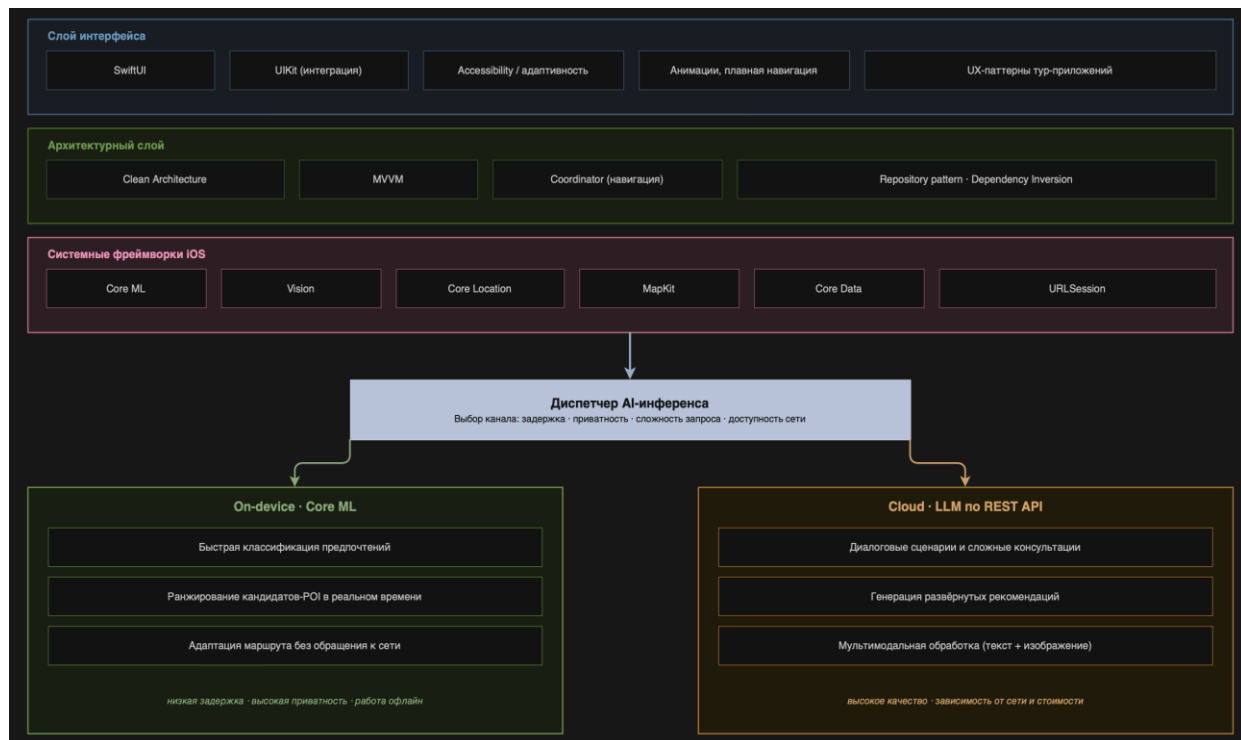


Рис. 2. Технологический стек и гибридная схема AI-инференса

Fig. 2. Tech stack and hybrid AI inference scheme

На этой схеме видно, что диспетчер инференса выступает компонентом, определяющим баланс между производительностью, приватностью и качеством ответа. Запросы с требованиями к задержке или приватности направляются в on-device-канал через Core ML, тогда как сложные диалоговые и мультимодальные задачи – в облачный LLM. Такое разделение позволяет приложению оставаться отзывчивым и работоспособным даже при нестабильном соединении, что критично в условиях туристического сценария.

Таблица 3. Состав модулей прототипа «TripSight»

Table 3. Module composition of the 'TripSight' prototype

Модуль	Назначение	Слой	Технологии
Чат с AI-ассистентом	Диалог, ввод запросов, вывод рекомендаций	Presentation	SwiftUI
Карта маршрута	Визуализация маршрута и точек интереса	Presentation	SwiftUI, MapKit
Каталог достопримечательностей	Просмотр и фильтрация POI	Presentation	SwiftUI
Профиль и настройки	Интересы, предпочтения, история	Presentation	SwiftUI
История и сохраненные маршруты	Хранение и повторный доступ	Data	Core Data / SQLite
Координатор навигации	Переходы, развязка UI и логики	Presentation	Coordinator
Сетевой слой	Запросы к backend, картам, погоде	Data	URLSession, REST
Модуль AI-инференса	Гибридная обработка запросов	Data / Domain	Core ML, REST (LLM)

Все модули приложения на платформе iOS реализуют принцип разделения ответственности: каждый модуль закреплен за конкретным слоем архитектуры и решает строго определенную задачу. Presentation-слой отвечает за отображение и пользовательские сценарии, Data-слой – за хранение и доступ к данным, а специализированный модуль AI-инференса инкапсулирует всю логику взаимодействия с интеллектуальными компонентами. Такая структура упрощает тестирование, поддержку и итеративное развитие приложения.

Таблица 4. Взаимодействие компонентов по слоям

Table 4. Interaction of components by architectural layers

Компонент	Получает	Передает	Взаимодействует с
View (SwiftUI)	Состояние от ViewModel	Пользовательские события	ViewModel
ViewModel	Результаты Use Cases	Состояние для View	Use Cases, Coordinator
Use Case (Domain)	Данные репозитория	Доменный результат	Repositories, Entities
Local Repository	Запросы домена	Кешированные данные	Core Data / SQLite
Network Repository	Запросы домена	Данные внешних API	Backend, Maps, Weather
AI Inference Repository	Запрос на инференс	Ранжирование / ответ	Core ML, облачный LLM

По схеме видно: View получает данные от ViewModel, ViewModel делегирует задачи Use Case, а Use Case обращается к репозиториям. Ни один из слоев не знает о деталях реализации вышестоящего.

Нефункциональные требования включают:

- стандартизированное время ответа AI-ассистента для диалогового режима (десятки – первые сотни миллисекунд при on-device-инференсе и 1–2 секунды при обращении к облаку);
- устойчивость при потере сети и поддержку офлайн-режима для основных сценариев (просмотр сохраненных маршрутов и описаний мест);
- плавность и адаптивность интерфейса под различные устройства экосистемы iOS, а также соблюдение требований доступности (accessibility).

7. Реализация прототипа приложения «TripSight»

В рамках исследования разработан прототип iOS-приложения «TripSight», реализующий ключевые функции интеллектуального туристического гида: формирование персонализированных маршрутов, диалоговое взаимодействие с AI-ассистентом, визуализацию маршрутов на карте и сохранение пользовательских сценариев. Прототип служит практической реализацией предложенной архитектуры, ранее описанной на концептуальном уровне, и тем самым сокращает разрыв между заявленной целью исследования и представленными результатами.

Приложение реализовано на языке Swift с использованием SwiftUI для построения интерфейса и сочетания Clean Architecture и MVVM для организации логики. Такое разделение изолирует слой представления, доменную логику и доступ к данным, упрощает масштабирование приложения и замену отдельных AI-компонентов без переработки

всей системы. Состав модулей прототипа и их распределение по слоям приведены в таблице 3, а характер взаимодействия компонентов – в таблице 4; навигация между экранами организована через отдельный координирующий слой, что снижает связность UI-компонентов и бизнес-логики.

На уровне данных в прототипе выделены три ключевых класса репозитория: локальное хранилище пользовательских данных и кеша, сетевой слой для работы с внешними API и специализированный модуль AI-инференса. Последний инкапсулирует взаимодействие как с облачными языковыми моделями через REST-интерфейсы, так и с локальными моделями в формате Core ML, что реализует гибридный подход к интеллектуальной обработке запросов [6]. Практическая реализация прототипа подтверждает применимость предложенной архитектуры к задаче построения интеллектуального туристического ассистента на платформе iOS.

8. Экспериментальная оценка предложенного подхода

Для проверки работоспособности предложенной архитектуры и оценки ее практической эффективности предусмотрена экспериментальная апробация прототипа «TripSight». Поскольку работа носит характер обоснованного архитектурного подхода, на текущем этапе формализован воспроизводимый план эксперимента: определены группы метрик, условия тестирования и способ сопоставления режимов работы системы. Оценка строится на трех группах показателей – технических, пользовательских и рекомендательных (табл. 5).

Таблица 5. План экспериментальной оценки прототипа

Table 5. Experimental evaluation plan for the prototype

Категория	Метрики	Что оценивает	Способ измерения
Технические	Время первого ответа AI; полное время построения маршрута; число сетевых запросов; устойчивость при нестабильной сети	Производительность и стабильность гибридной архитектуры	Инструментирование, логирование сценариев
Пользовательские	Время выполнения сценария; число действий до результата; SUS; доля завершивших без ошибок	Удобство и эффективность взаимодействия	Юзабилити-тест (5–10 пользователей), анкета SUS
Рекомендательные	precision / recall / NDCG; доля принятых рекомендаций; число сохраненных и измененных маршрутов	Качество персонализации	Сравнение со стандартным (неперсонализированным) маршрутом

Этот план оценки охватывает аспекты работоспособности предложенной архитектуры. Технические метрики позволят оценить производительность гибридного AI-инференса, пользовательские – зафиксировать удобство и эффективность взаимодействия с приложением, а рекомендационные – оценить качество персонализации в сравнении со стандартным маршрутом. Комплексность плана обеспечивает воспроизводимость результатов и возможность независимой верификации полученных данных [10].

Для оценки качества персонализации применяется сравнительный подход: сопоставляется сценарий со стандартным маршрутом и сценарий с персонализированной рекомендацией, учитывающей интересы, контекст и предыдущие взаимодействия. По результатам апробации в итоговой редакции статьи планируется представить численные значения метрик и графический материал, иллюстрирующий различия между сравниваемыми режимами на выборке из 5–10 пользователей. Такой формат позволяет обосновать, что предложенная архитектура не только логически выстроена, но и демонстрирует измеримую эффективность.

9. Ограничения и область применимости архитектуры

Анализ ограничений и условий применимости является важным элементом научного описания архитектурного решения. Первым ограничением является зависимость части функциональности от качества интернет-соединения: несмотря на локальное кеширование и on-device-компоненты Core ML, сложные диалоговые сценарии и генерация расширенных рекомендаций через облачные языковые модели чувствительны к задержкам сети и доступности внешних API [6].

Вторым ограничением выступают аппаратные характеристики устройства: локальные модели снижают задержку и повышают приватность, но требуют вычислительных ресурсов, памяти и пространства в хранилище, что затрудняет работу на старых устройствах. Третьим ограничением является стоимость эксплуатации облачной AI-инфраструктуры: при росте числа пользователей и интенсивности запросов расходы на внешние сервисы становятся значимым фактором, влияющим на распределение вычислительной нагрузки между устройством и сервером.

Подход наиболее уместен для туристических приложений, где требуется сочетание персонализированных рекомендаций, контекстной маршрутизации, офлайн-доступа к части данных и интерактивного интерфейса, и может оказаться избыточным для простых справочных сервисов без AI-составляющей. Явное обсуждение ограничений повышает научную добросовестность работы и делает выводы более обоснованными.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ВКЛАД

Сами по себе архитектурные принципы (Clean Architecture, MVVM) и технологии (Core ML, облачные LLM) являются известными; научный вклад работы состоит не в их изобретении, а в способе их интеграции и адаптации к ограничениям мобильного туристического сценария. Авторский вклад заключается в следующем:

- Предложен способ интеграции контекстных факторов (локация, погода, загруженность, время) в рекомендательный конвейер мобильного гида, в котором контекст применяется на этапе on-device-ранжирования кандидатов, что снижает задержку и зависимость от сети по сравнению с чисто облачными рекомендателями.

- Разработана схема балансировки AI-инференса между устройством и облаком – «диспетчер инференса», распределяющий запросы по критериям задержки, приватности, доступности сети и сложности запроса (рис. 2); это позволяет сочетать отзывчивость и приватность on-device-обработки с качеством облачных языковых моделей.

- Предложена комбинированная схема персонализации, объединяющая начальную сегментацию, профилирование интересов, контекстно-зависимое ранжирование и оптимизацию маршрутов с ограничениями, адаптированная к мобильным ограничениям (офлайн-режим, аппаратные ресурсы, стоимость облачных запросов).

– Сформулирован обоснованный набор рекомендаций по технологическому стеку и UX-паттернам для интеллектуальных туристических ассистентов на iOS, пригодный для практического переноса на другие города и сегменты туризма.

В отличие от существующих обзоров и систем [2, 3], в которых рассматриваются преимущественно алгоритмы рекомендаций или серверные архитектуры, и от LLM-ориентированных подходов [1, 4] настоящая работа фокусируется на целостном проектировании клиентской части на iOS с явным разделением обязанностей между устройством и облаком.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результатом исследования является обоснованная концепция и проект iOS-приложения интеллектуального туристического гида, основанного на персонализированных данных и контекстных рекомендациях, а также реализованный прототип, подтверждающий техническую осуществимость подхода. Система сочетает использование внешних языковых моделей для сложных диалоговых сценариев и локальных моделей Core ML для быстрых задач классификации предпочтений и ранжирования объектов, что улучшает отклик интерфейса и снижает зависимость от сетевой инфраструктуры. Соответствие поставленных задач полученным результатам приведено в таблице 6.

Таблица 6. Соответствие задач исследования полученным результатам

Table 6. Mapping of research objectives to the results obtained

Задача исследования	Полученный результат	Раздел
Анализ рынка и сбор требований	Проанализированы 47 приложений и 17 AI-сервисов; сформулированы функциональные и UX-требования	Методика, п. 1
Анализ подходов к AI-персонализации	Выполнен сравнительный анализ пяти классов подходов с критикой и научными источниками	п. 3.1, табл. 1
Архитектурные подходы интеграции AI-API	Обоснована гибридная схема (Clean + MVVM, Core ML + облачные LLM)	п. 5–6, рис. 1–2
Источники данных и контекст	Определены классы данных и контекстные факторы	п. 2
Требования к дизайну и метрики UX	Определены SUS, время сценариев, retention, конверсия; составлен план измерений	п. 4, 8, табл. 5
Проектирование архитектуры	Спроектирована многоуровневая архитектура; описаны модули и их взаимодействие	п. 6, рис. 1, табл. 3–4
Рекомендации по стеку и UX	Сформулированы рекомендации и критерии выбора инструментов	Рекомендации

Сопоставление задач и результатов подтверждает, что все поставленные цели исследования достигнуты. Проведен комплексный анализ рынка и подходов к персонализации, спроектирована и реализована гибридная архитектура, сформулированы метрики качества и план экспериментальной апробации. Совокупность полученных результатов формирует целостную научно обоснованную основу для практической разработки интеллектуального туристического ассистента на платформе iOS.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СТЕКА И UX-ПАТТЕРНОВ

На основании анализа литературы и практики разработки при создании интеллектуальных туристических приложений на iOS рекомендуется придерживаться следующих принципов:

- использовать SwiftUI как основной фреймворк интерфейса с возможностью интеграции UIKit для специализированных компонентов (карты, сложные кастомные контролы);
- строить архитектуру на принципах Clean Architecture и MVVM с четким разделением слоев, что упрощает масштабирование AI-функций и замену сервисов;
- комбинировать облачные AI-сервисы (LLM, мультимодальные модели) с локальными моделями Core ML для баланса между качеством, задержкой и приватностью [6];
- соблюдать принципы UX для туристических приложений: простота навигации, визуальная иерархия, офлайн-доступ, адаптивность и доступность [5];
- встраивать механизмы сбора UX-метрик и обратной связи для итеративного улучшения качества рекомендаций и интерфейса.

КРИТЕРИИ ВЫБОРА МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ

Ключевыми критериями выбора моделей рекомендательных систем являются устойчивость к «шуму данных», возможность дообучения и корректная работа при ограниченном объеме пользовательских данных [2, 3]. При выборе AI-инструментов для интеграции в iOS-приложения необходимо учитывать производительность на устройствах, наличие средств профилирования и оптимизации, а также соответствие требованиям магазина приложений и политике конфиденциальности. Сторонние облачные AI-сервисы целесообразно оценивать по стоимости, ограничениям использования, наличию SDK и качеству документации.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает, что интеграция искусственного интеллекта в iOS-приложения туристического профиля позволяет перейти от статических каталогов с жестко заданными маршрутами к персонализированным, динамическим, контекстно-зависимым сценариям сопровождения путешественника. Комбинация диалогового AI-ассистента и интеллектуальной маршрутизации формирует у пользователя ощущение «цифрового гида», адаптирующегося к его стилю путешествий и внешним условиям в реальном времени [1, 2].

Предложенная архитектура приложения «TripSight» и сформулированные требования к UX/UI и технологическому стеку могут послужить основой для практической реализации интеллектуального туристического ассистента и адаптации под другие города и сегменты туризма. Перспективными направлениями дальнейшей работы являются экспериментальная оценка влияния AI-персонализации на вовлеченность пользователей и разработка методов объяснимого AI для туристических рекомендаций [4].

Благодарности. Выражаю признательность научному руководителю Китовой Ольге Викторовне, доктору экономических наук, доценту, заведующей кафедрой информатики, за содействие, помощь и консультации при проведении данного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Deliyannis I., Mazi I.A., Poulimenou S.M. et al. AI-Driven personalization in tourism: Enhancing visitor experience. *Proceedings of the International Conference on Museum Big Data (MBD 2024), Athens, Greece, 18–19 November 2024. CEUR Workshop Proceedings*. Vol. 4021. Paper 14. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-4021/paper14.pdf>
2. Gavalas D., Konstantopoulos C., Mastakas K., Pantziou G. Mobile recommender systems in tourism. *Journal of Network and Computer Applications*. 2014. Vol. 39. P. 319–333. DOI: 10.1016/j.jnca.2013.04.006
3. Borràs J., Moreno A., Valls A. Intelligent tourism recommender systems: A survey. *Expert Systems with Applications*. 2014. Vol. 41. No. 16. Pp. 7370–7389. DOI: 10.1016/j.eswa.2014.06.007
4. Nikas I.A., Koutras A., Antonopoulou T. A Conceptual framework for developing and evaluating personalized tourist recommendation systems using large language models. Innovation and creativity in tourism, business and social sciences (IACuDiT 2024). *Springer Proceedings in Business and Economics*. Cham: Springer, 2025. DOI: 10.1007/978-3-031-78471-2_20
5. Huang H., Othman A., Muhaiyuddin N.D.M. User experience deficiencies in mobile tourism applications: A preliminary study from generation Z and tourism practitioners. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*. 2025. Vol. 16. No. 11. Pp. 261–270. DOI: 10.14569/IJACSA.2025.0161128
6. Li Y., Dang X., Tian H., Sun T., Wang Z., Ma L., Klein J., Bissyandé T.F. An empirical study of AI techniques in mobile applications. *Journal of Systems and Software*. 2024. Vol. 219. Art. 112233. DOI: 10.1016/j.jss.2024.112233
7. Кумова Д. М. Использование платформ на базе искусственного интеллекта в сфере туризма // Сервис в России и за рубежом. 2021. Т. 15. № 3. С. 18–26. DOI: 10.24412/1995-042X-2021-3-18-26
Kumova D.M. The use of artificial intelligence-based platforms in tourism. *Servis v Rossii i za rubezhom* [Services in Russia and Abroad]. Vol. 15. No. 3. Pp. 18–26. DOI: 10.24412/1995-042X-2021-3-18-26. (In Russian)
8. Ляликова В. Г., Безрядин М. М. Построение гибридной рекомендательной системы // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2021. № 4. С. 121–129. DOI: 10.17308/sait.2021.4/3802
Lyalikova V.G., Bezryadin M.M. Development of a hybrid recommendation system. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Systems Analysis and Information Technologies*. 2021. No. 4. Pp. 121–129. DOI: 10.17308/sait.2021.4/3802. (In Russian)
9. Маринин А. К. Выбор архитектуры для мобильных приложений // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 84–93. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-84-93. EDN: LEFHZL
Marinin A.K. Choosing an architecture for mobile applications. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 84–93. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-84-93. EDN: LEFHZL. (In Russian)
10. Дергачёв К. В., Эссам М. Ф. Н. Разработка автоматизированной системы для создания и тестирования прототипов пользовательских интерфейсов // Эргодизайн. 2022. № 4. С. 252–261. DOI: 10.30987/2658-4026-2022-4-252-261
Dergachev K., Essam M.F.N. Development of an automated system for creating and testing user interface prototypes. *Ergodesign*. 2022. No. 4. Pp. 252–261. DOI: 10.30987/2658-4026-2022-4-252-261. (In Russian)

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторе

Бережной Кирилл Александрович, магистрант кафедры информатики, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова;

115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

unknownkirya@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2693-3077>

Information about the author

Kirill A. Berezhnoi, Master Student, Department of Informatics, Plekhanov Russian University of Economics;

36, Stremyanny lane, Moscow, 115054, Russia;

unknownkirya@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2693-3077>

УДК 004.733

Научная статья

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-4-62-76>

 LTBWDP

Проблемы семантической композиции гетерогенных данных в городских информационных системах и подходы к их решению

Д. А. Рыбаков

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

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема интеграции разнородных данных в современных городских информационных системах, функционирующих в рамках концепции «Умный город» и предоставления государственных услуг.

Цель исследования – систематизация проблем семантической композиции данных в ГИС и анализ современных подходов к их решению, а также обоснование перспективности использования биоинспирированных самоорганизующихся алгоритмов для создания отказоустойчивых моделей интеграции.

Материалы и методы исследования. Исследование носит теоретико-аналитический характер. Применены методы системного анализа проблем семантической гетерогенности данных в городских информационных системах, сравнительный анализ существующих подходов к связыванию записей (детерминированные правила, вероятностная модель Феллеги – Сантера, методы машинного обучения, графовые модели), а также концептуальное моделирование на основе биоинспирированных алгоритмов с использованием метода аналогий между поведением миксомицета *Physarum polycephalum* и процессами семантической интеграции данных.

Результаты. Показано, что традиционные методы Extract-Transform-Load (ETL) и детерминированного сопоставления записей не справляются с ростом объема, вариативности и семантической неоднородности данных, поступающих из множества ведомственных источников. Выявлены основные классы проблем – синтаксическая, структурная и семантическая гетерогенность. В качестве перспективного направления решения предлагается концепция семантической композиции данных. Проведен анализ существующих подходов (rule-based, машинное обучение, графовые модели) и обоснована необходимость разработки адаптивных, самоорганизующихся методов. Вводится метафора биоинспирированных алгоритмов (на примере *Physarum polycephalum*) как основы для создания отказоустойчивой и динамической модели связывания данных. Сформулированы требования к перспективному методу композиции и намечены пути его формализации.

Заключение. Концептуально обоснован биоинспирированный подход к семантической композиции, основанный на принципах самоорганизации *Physarum polycephalum*. Предложена архитектура семантического слоя, встраиваемого непосредственно в СУБД и включающего таблицу семантических связей и три управляющих процесса – исследователь, усилитель и испаритель. Сформулированы ключевые преимущества подхода: отсутствие необходимости в «холодном старте», непрерывная адаптация, прозрачность, масштабируемость и отказоустойчивость. Дальнейшие исследования направлены на формализацию математической модели и экспериментальную апробацию на реальных данных городских ведомственных систем.

Ключевые слова: семантическая интеграция, гетерогенные данные, городские информационные системы, электронное правительство, связанные данные, биоинспирированные алгоритмы, *physarum polycephalum*

© Рыбаков Д. А., 2026



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

Поступила 27.03.2026, одобрена после рецензирования 21.05.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Рыбаков Д. А. Проблемы семантической композиции гетерогенных данных в городских информационных системах и подходы к их решению // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 62–76. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-62-76

Original article

Semantic composition challenges of heterogeneous data in urban information systems and frameworks for their resolution

D.A. Rybakov

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

Abstract. The article addresses the pressing issue of heterogeneous data integration in modern urban information systems operating within the 'Smart City' concept and public service delivery.

Aim. The study is to systematize the problems of semantic data composition in GIS, analyze modern approaches to their solution, and justify the prospects of using bio-inspired self-organizing algorithms to create fault-tolerant integration models.

Materials and methods. The study is theoretical and analytical in nature. The methods applied include a systems analysis of semantic data heterogeneity problems in urban information systems, a comparative analysis of existing record linkage approaches (deterministic rules, the Fellegi–Sunter probabilistic model, machine learning methods, and graph-based models), as well as conceptual modeling based on bio-inspired algorithms using the method of analogy between the behavior of the myxomycete *Physarum polycephalum* and data semantic integration processes.

Results. It is demonstrated that traditional Extract-Transform-Load (ETL) methods and deterministic record linkage fail to cope with the growing volume, variety, and semantic heterogeneity of data originating from multiple departmental sources. The main classes of challenges have been identified as syntactic, structural, and semantic heterogeneity. As a promising solution pathway, the concept of semantic data composition is proposed. An analysis of existing approaches (rule-based, machine learning, and graph-based models) was performed, and the necessity of developing adaptive, self-organizing methods was justified. A bio-inspired algorithm metaphor (exemplified by *Physarum polycephalum*) is introduced as a foundation for constructing a fault-tolerant and dynamic data linkage model. The requirements for the promising composition method have been formulated, and the pathways for its formalization have been outlined.

Conclusion. A bio-inspired approach to semantic composition, based on the self-organization principles of *Physarum polycephalum*, has been conceptually justified. A semantic layer architecture embedded directly within the DBMS has been proposed, featuring a semantic relationships table and three controller processes: the explorer, the reinforcer, and the evaporator. The key advantages of the approach have been formulated, including the elimination of the cold-start problem, continuous adaptation, transparency, scalability, and fault tolerance. Future research is aimed at formalizing the mathematical model and conducting experimental validation using real-world data from municipal departmental systems.

Keywords: semantic integration, heterogeneous data, urban information systems, e-government, linked data, bioinspired algorithms, *physarum polycephalum*

Submitted 27.03.2026, approved after reviewing 21.05.2026, accepted for publication 07.08.2026

For citation. Rybakov D.A. Semantic composition challenges of heterogeneous data in urban information systems and frameworks for their resolution. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 62–76. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-62-76

© Rybakov D.A., 2026



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

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития информационного общества характеризуется активной цифровизацией государственного управления. Городские информационные системы (ГИС), обеспечивающие предоставление государственных и муниципальных услуг, представляют собой сложный комплекс взаимодействующих компонентов, каждый из которых исторически создавался для автоматизации узкой предметной области (ЗАГС, МФЦ, ЖКХ, образование, здравоохранение и др.). Ключевой проблемой, возникающей при попытке создания единого цифрового профиля гражданина или получения целостной картины состояния городского хозяйства, является семантическая разнородность данных. Один и тот же объект реального мира (человек, организация, земельный участок) может описываться в разных ведомственных базах данных с использованием различных идентификаторов, форматов, степени полноты и актуальности. Ошибки ввода, опечатки, отсутствие унифицированных справочников приводят к тому, что автоматизированное сопоставление таких записей становится нетривиальной задачей.

Традиционные подходы к интеграции данных, основанные на жестких правилах сопоставления (например, точное совпадение ИНН или СНИЛС), демонстрируют высокую точность, но низкую полноту охвата, так как не учитывают случаи, когда идентификаторы отсутствуют или содержат ошибки. Более того, жесткая логика не позволяет системе адаптироваться к изменению форматов данных или появлению новых источников.

Целью данной статьи является систематизация проблем семантической композиции данных в ГИС и анализ современных подходов к их решению, а также обоснование перспективности использования биоинспирированных самоорганизующихся алгоритмов для создания отказоустойчивых моделей интеграции.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ СЕМАНТИЧЕСКОЙ КОМПОЗИЦИИ
В ГОРОДСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Процесс цифровой трансформации государственного управления привел к формированию сложных распределенных информационных ландшафтов. В рамках концепции «Умный город» функционируют десятки, а в мегаполисах – сотни ведомственных информационных систем, каждая из которых автоматизирует деятельность конкретного ведомства. Ключевым противоречием современного этапа является необходимость предоставления комплексных государственных услуг при сохранении ведомственной разобщенности источников данных. Разрешение этого противоречия требует решения фундаментальной задачи – семантической композиции данных. Под семантической композицией мы понимаем процесс обнаружения, установления и поддержания смысловых соответствий между элементами данных из различных автономных источников, относящихся к одному объекту реального мира, с целью формирования целостного и непротиворечивого представления. Иными словами, необходимо из разрозненных «лоскутов» информации «сшить» единый цифровой профиль гражданина, организации или объекта недвижимости.

Сложность этой задачи обусловлена гетерогенностью данных на нескольких уровнях. Синтаксическая гетерогенность проявляется в различии форматов, кодировок и шаблонов ввода. Например, дата рождения в разных системах может храниться как строка «ДД.ММ.ГГГГ», как тип данных `date` в формате «ГГГГ-ММ-ДД» или как Unix-метка. Адрес может быть единой строкой или структурирован по полям. Этот уровень преодолим при наличии четких спецификаций и ETL-процедур.

Структурная гетерогенность возникает из-за различий в логических моделях данных. Информация об одном объекте может быть распределена по таблицам в одной системе и сосредоточена в одной таблице в другой. Сопоставление таких схем требует понимания семантики связей между сущностями.

Центральная проблема – семантическая гетерогенность, связанная с различиями в интерпретации и идентификации объектов. Она включает проблему идентификации – отсутствие сквозного идентификатора, пронизывающего все системы. В реальности мы имеем множество локальных идентификаторов (паспорт, СНИЛС, ИНН), ни один из которых не является обязательным для всех систем. Проблема вариативности и ошибок проявляется в опечатках, сокращениях и изменениях данных во времени. Проблема противоречивости возникает, когда для одного атрибута в разных системах указаны разные значения, требуя механизмов доверия к источникам. Причины этих проблем носят объективный характер – длительная история развития систем в отсутствие единых стандартов и субъективный – ведомственная разобщенность и отсутствие единой политики управления данными. Последствия для качества госуслуг критичны: снижение полноты информации (гражданин повторно предоставляет документы), снижение достоверности (ошибочные отказы или неправомерные решения), рост временных и финансовых издержек.

Таким образом, задача семантической композиции не сводится к тривиальной интеграции баз данных. Это комплексная научно-практическая проблема, требующая новых адаптивных методов, способных к самоорганизации в условиях гетерогенности и динамичности городской среды.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ СВЯЗЫВАНИЯ ДАННЫХ

Задача связывания записей является классической проблемой в области интеграции данных, исследование которой ведется более полувека. За это время сформировалось несколько основных парадигм ее решения, каждая из которых имеет свою область применения, математический аппарат и ограничения. В контексте городских информационных систем выбор конкретного подхода определяет не только точность предоставления государственных услуг, но и вычислительную эффективность всей платформы, а также возможность ее адаптации к изменяющимся условиям. Рассмотрим эволюцию методов – от простейших детерминированных правил до сложных графовых моделей, способных учитывать контекстные взаимосвязи.

Исторически первыми и наиболее интуитивно понятными являются детерминированные подходы, основанные на жестких логических правилах вида: «Если значение атрибута A в источнике S_1 совпадает со значением атрибута B в источнике S_2 , то записи относятся к одному объекту». Математически это можно формализовать следующим образом. Пусть имеются две записи r_i и r_j . Введем функцию сравнения $\delta_k(r_i, r_j)$, которая возвращает 1, если значения по k -му атрибуту совпадают, и 0 в противном случае. Тогда правило связывания можно записать как конъюнкцию условий по множеству ключевых атрибутов K :

$$Link(r_i, r_j) = \bigwedge_{k \in K} \delta_k(r_i, r_j).$$

На практике в качестве ключевых атрибутов обычно используются уникальные идентификаторы, такие как СНИЛС, ИНН или номер паспорта. Главными достоинствами детерминированных методов являются их прозрачность и высокая точность: при наличии уникальных идентификаторов точность связывания достигает 99,5–100 %, а ложные срабатывания практически исключены. Кроме того, эти методы не требуют обучающих выборок и просты в реализации. Однако им присущи и серьезные недостатки. Прежде всего, это низкая полнота связывания: по данным исследователей, детерминированные методы в среднем пропускают от 20 до 40 % релевантных связей из-за отсутствия идентификаторов (например, у новорожденных еще нет СНИЛС) или наличия ошибок ввода. Кроме того,

такие системы негибки – правила необходимо переписывать при изменении форматов данных, а также они крайне чувствительны к качеству данных: одна опечатка в цифре уникального идентификатора приводит к потере связи. В городских системах детерминированные методы обычно используются как «первая линия обороны» – для быстрого и гарантированно точного связывания записей, имеющих уникальные идентификаторы, но для достижения приемлемой полноты охвата их необходимо дополнять более гибкими алгоритмами.

Классическая вероятностная модель связывания записей была разработана в 1969 году Айваном Феллеги и Аланом Сантером и до сих пор остается теоретической основой для многих современных систем. В отличие от жестких правил этот подход оценивает вероятность того, что две записи относятся к одному объекту, на основе сравнения множества полей. Рассмотрим пару записей (r_i, r_j) и вектор сравнения $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_K)$, где γ_k – результат сравнения по k -му атрибуту. Обычно γ_k принимает значение 1 при полном совпадении и 0 при несовпадении, хотя в расширенных моделях могут использоваться и промежуточные значения для нечеткого совпадения. Введем две гипотезы: M (соответствие) – записи относятся к одному объекту и U (несоответствие) – записи относятся к разным объектам. Нас интересует отношение правдоподобия:

$$R = \frac{P(\gamma | M)}{P(\gamma | U)}.$$

В предположении условной независимости атрибутов (наивный байесовский подход) это отношение можно представить в виде произведения:

$$R = \prod_{k=1}^K \frac{P(\gamma_k | M)}{P(\gamma_k | U)}.$$

После логарифмирования получаем вес связи:

$$w = \log(R) = \sum_{k=1}^K \log\left(\frac{P(\gamma_k | M)}{P(\gamma_k | U)}\right).$$

Веса для совпадений и для несовпадений вычисляются на этапе обучения модели. Для принятия решения Феллеги и Сантер предложили использовать два порога – нижний T_{low} и верхний – T_{high} . Если вычисленный вес превышает верхний порог, записи считаются связанными; если вес ниже нижнего порога – несвязанными; в промежуточном случае требуется ручная проверка экспертом.

Вероятностные методы обладают важными преимуществами: они устойчивы к ошибкам в данных благодаря использованию множества атрибутов, веса имеют четкую статистическую интерпретацию, а при наличии размеченных данных модель может быть точно настроена. Однако существуют и ограничения. Для точной оценки условных вероятностей необходима качественная размеченная выборка («золотой стандарт»), что в городских системах часто отсутствует. Предположение о независимости атрибутов на практике может нарушаться, приводя к искажению оценок. Кроме того, попарное сравнение всех записей имеет квадратичную вычислительную сложность $O(n^2)$, что для крупного города с миллионами записей неприемлемо – требуются специальные методы блокирования, снижающие сложность, но потенциально пропускающие связи. В классических экспериментах на данных переписи населения США вероятностный метод Феллеги – Сантера показал точность около 98 % и полноту около 97 % при наличии качественных обучающих данных, однако на зашумленных данных полнота может снижаться до 82 %.

С развитием вычислительных мощностей и накоплением больших объемов данных задачу связывания записей все чаще рассматривают как задачу бинарной классификации. Для каждой пары записей строится вектор признаков, и модель машинного обучения обучается предсказывать метку «связаны» или «не связаны». Признаки обычно включают различные метрики сходства: для строковых полей (ФИО, названия организаций) используются расстояния Левенштейна, Дамерау – Левенштейна, метрика Jaro-Winkler, хорошо работающая с опечатками, косинусное расстояние для n-грамм, а также фонетическое кодирование (метафоны, Soundex). Для дат вычисляются абсолютная разница или индикатор точного совпадения. Для числовых полей используются разность или отношение значений. В результате каждая пара записей представляется вектором в многомерном пространстве признаков. В качестве алгоритмов классификации применяются различные методы: от простой логистической регрессии, обеспечивающей интерпретируемость, до случайного леса, устойчивого к переобучению и позволяющего оценить важность признаков. На сегодняшний день «золотым стандартом» для табличных данных считается градиентный бустинг (реализации XGBoost, LightGBM, CatBoost), который на практике демонстрирует наилучшее качество. Глубокие нейронные сети, включая архитектуры сиамского типа, используются реже из-за необходимости больших объемов данных, но могут обучаться непосредственно на сырых текстах, автоматически извлекая признаки.

Достоинства методов машинного обучения очевидны: при достаточном объеме качественной разметки они превосходят вероятностные подходы, достигая F1-меры выше 0.95, как показывают соревнования по связыванию записей. Модели обладают высокой гибкостью, позволяя комбинировать любые признаки, включая контекстные, и автоматически определять их важность. Однако эти методы имеют и существенные недостатки. Главным ограничением является потребность в размеченных данных: получение «золотого стандарта» для городских систем требует трудоемкой ручной работы экспертов, поскольку исторически достоверная разметка связей отсутствует. Острой является проблема дисбаланса классов – связанных пар на много порядков меньше, чем несвязанных, что требует применения специальных техник. Кроме того, модель, обученная на данных одного региона или периода, может плохо работать в других условиях из-за различий в структуре населения и качестве данных (проблема экстраполяции). Наконец, сложные модели, такие как бустинг или нейросети, трудно интерпретировать, что создает проблемы при необходимости объяснить гражданам или контролирующим органам основания для объединения их персональных данных.

Проведенный обзор показывает, что для городских информационных систем не существует универсального «лучшего» метода связывания данных. Детерминированные методы незаменимы для быстрого и точного связывания по уникальным идентификаторам, но недостаточны для обеспечения полноты охвата населения. Вероятностные методы обеспечивают статистически обоснованные оценки и устойчивы к ошибкам, однако требуют качественной обучающей выборки и предположений о независимости атрибутов. Методы машинного обучения достигают наилучших показателей точности и полноты при наличии размеченных данных, но страдают от проблем интерпретируемости и экстраполяции.

Перспективным направлением представляется разработка гибридных методов, сочетающих статистическую надежность вероятностных моделей с контекстными возможностями графовых представлений. Такой синтез позволит создать систему семантической композиции, способную эффективно функционировать в гетерогенной и динамичной среде городских данных, обеспечивая как высокое качество связывания, так и адаптивность к изменениям без постоянного вмешательства человека.

Биоинспирированный подход:
концепция семантической самоорганизации данных в СУБД

При выборе конкретного биоинспирированного алгоритма для решения задачи семантической композиции данных было рассмотрено несколько перспективных подходов: муравьиные алгоритмы, пчелиные алгоритмы, генетические алгоритмы и поведение слизевика. Каждый из этих методов имеет свои особенности и области эффективного применения.

Муравьиные алгоритмы, несмотря на их широкое применение в задачах оптимизации маршрутов и комбинаторной оптимизации, имеют существенное ограничение для нашей задачи: они требуют предварительного определения графа возможных связей, что в условиях семантической гетерогенности городских данных является нетривиальной задачей. Кроме того, муравьиные алгоритмы работают с дискретными решениями, тогда как задача семантической композиции требует непрерывной оценки степени соответствия записей. Генетические алгоритмы, хотя и способны обрабатывать сложные пространства решений, страдают от высокой вычислительной сложности и необходимости тщательной настройки параметров (размер популяции, вероятности мутации и кроссовера), что делает их менее пригодными для динамической среды городских информационных систем.

В отличие от вышеуказанных методов модель на основе *Physarum polycephalum* обладает рядом уникальных свойств, делающих ее особенно подходящей для задачи семантической интеграции гетерогенных данных.

Организм начинает исследование пространства решений без априорной информации о расположении источников пищи, что напрямую соответствует ситуации в городских системах, где отсутствует достоверная разметка связей между записями из различных источников. В процессе поиска решения слизевик формирует сеть протоплазматических трубочек, где толщина каждого канала отражает степень уверенности в связи – этот естественный механизм обработки неполной и зашумленной информации идеально соответствует задаче установления семантических связей с различной степенью достоверности. Ключевой особенностью является способность системы к непрерывной адаптации: благодаря комбинации положительной обратной связи для укрепления востребованных связей и отрицательной для «испарения» устаревших отношений модель динамически перестраивается в ответ на изменения данных и запросов пользователей. При этом глобальная оптимизация сети достигается исключительно за счет локальных взаимодействий – каждая точка принимает решения только на основе непосредственного окружения, что обеспечивает высокую масштабируемость даже при работе с большими объемами данных. Значимым преимуществом является и естественная интерпретируемость результата: визуально понятная структура сети с различной «толщиной» каналов позволяет легко объяснить и обосновать установленные семантические связи, что особенно важно для государственных систем, где требуется прозрачность принимаемых решений перед пользователями и контролирующими органами.

Исследования последних лет подтверждают, что модель *Physarum polycephalum* особенно эффективна в задачах, требующих динамической реконфигурации связей и адаптации к изменяющимся условиям – именно тех, которые характерны для городских информационных систем. В отличие от других биоинспирированных подходов *Physarum polycephalum* демонстрирует естественную способность к балансировке между эксплуатацией уже установленных связей и исследованием новых возможных соединений, что делает его оптимальным выбором для создания отказоустойчивой и адаптивной системы семантической композиции данных.

В 2010 году научный мир потряс эксперимент, проведенный группой японских исследователей под руководством Тосиюки Накагаки из Университета Хоккайдо. Объектом исследования стал удивительный организм – *Physarum polycephalum* (многоголовая слизевая плесень), представляющий собой гигантскую многоядерную амебоподобную клетку, которая обитает в темных и влажных местах, питаясь спорами грибов и бактериями. Несмотря на отсутствие нервной системы и каких-либо зачатков интеллекта этот организм демонстрирует поразительные способности к решению сложных оптимизационных задач. В своем классическом эксперименте исследователи поместили слизевика в центр чашки Петри, которая моделировала карту Токийского залива. В точках, соответствующих расположению крупных железнодорожных станций (включая аэропорт Нарита), были размещены источники пищи – кусочки овсяных хлопьев.

Начав равномерно расползаться во все стороны, слизевик постепенно формировал сеть протоплазматических трубочек, соединяющих источники пищи. Ключевым моментом является то, что организм не просто соединял все точки со всеми, а оптимизировал сеть: толстые, активно используемые каналы (по которым интенсивно транспортировалась цитоплазма с питательными веществами) укреплялись и сохранялись, в то время как тонкие, неэффективные ответвления атрофировались и исчезали. Процесс управлялся простым механизмом положительной обратной связи: чем больше питательных веществ проходило по каналу, тем шире он становился, и тем больше питательных веществ мог пропустить в дальнейшем. Когда ученые наложили итоговую сеть, построенную слизевиком, на реальную карту токийского метрополитена, они обнаружили поразительное сходство. Биологическая сеть не просто напоминала творение рук человеческих – в ряде аспектов она превосходила его, демонстрируя лучший баланс между общей протяженностью, эффективностью соединений и устойчивостью к случайным повреждениям.

Это открытие породило новое направление в науке – использование биологических моделей для решения инженерных задач оптимизации транспортных, коммуникационных и логистических сетей.

Возникает закономерный вопрос: какое отношение эксперимент с плесенью имеет к задаче интеграции данных в городских информационных системах? На первый взгляд – никакого. Действительно, что общего между полужидкой амебообразной массой и строгими базами данных с их реляционными моделями и алгоритмами? Кажется, что биология и информатика находятся по разные стороны баррикад. Однако если посмотреть глубже, отвлекаясь от физической природы объектов и фокусируясь на сути процессов, обнаруживается, что и слизевик, и разработчик ГИС решают одну и ту же абстрактную задачу. В обоих случаях имеется множество разрозненных точек, которые необходимо связать в единую сеть. В обоих случаях эта сеть должна быть экономичной, эффективной и устойчивой. И главное – оба действуют в условиях неполноты информации: слизевик не знает, где именно лежит еда, а интегратор данных не знает заранее, какие записи относятся к одному объекту. Именно на этом уровне абстракции и становятся видны фундаментальные аналогии между поведением живого организма и логикой построения семантических связей.

В таблице 1 представлено соответствие между элементами биологического эксперимента и компонентами задачи связывания данных.

Таблица 1 / Table 1

Элемент эксперимента со слизевиком	Элемент задачи семантической композиции данных
Чашка Петри (пространство поиска)	Таблицы базы данных, физическое пространство на диске
Кусочки овса (источники пищи)	Записи, потенциально относящиеся к одному объекту реального мира
Протоплазматические трубочки	Семантические связи между записями (реализованные как таблица связей, граф или специальные индексы)
Поток цитоплазмы (транспорт питания)	Поток запросов к базе данных при предоставлении госуслуг
Укрепление/атрофия трубочек	Увеличение/уменьшение веса семантических связей на основе частоты совместного использования записей
Итоговая сеть	Самоорганизующаяся структура базы данных: кластеры связанных записей, оптимизированные для наиболее частых запросов

Важно подчеркнуть, что предлагаемый подход реализуется непосредственно на уровне хранения данных. В отличие от внешних сервисов связывания записей или ETL-процессов, выполняющих однократную трансформацию, метод встраивается в логику работы СУБД и создает внутри нее динамическую структуру семантических связей.

Несмотря на разнообразие рассмотренных выше подходов – от детерминированных правил до методов машинного обучения – их непосредственное применение для решения задачи семантической композиции в городских информационных системах сопряжено с существенными ограничениями. Данные ограничения обусловлены специфической природой городских данных, которые характеризуются следующими свойствами, плохо согласующимися с допущениями, заложенными в классические алгоритмы:

- **Динамичность.** Данные постоянно меняются: граждане меняют фамилии, адреса, появляются новые записи, исправляются ошибки. Система должна адаптироваться к этим изменениям в реальном времени, а не требовать периодического переобучения модели.

- **Неполнота и зашумленность.** В реальных данных редко встречаются идеальные совпадения. Методы, требующие точного соответствия ключевых полей, неизбежно теряют значительную часть полезной информации.

- **Контекстная зависимость.** Решение о том, относятся ли две записи к одному человеку, часто зависит от контекста – например, наличия общих детей, совместного проживания, оформления доверенностей. Статические правила не способны учитывать всю глубину таких взаимосвязей.

- **Масштаб и распределенность.** Городские системы могут содержать миллионы записей, распределенных по десяткам ведомственных баз. Централизованное управление такой структурой крайне сложно и неэффективно.

Поведение *Physarum polycephalum* предлагает элегантное решение перечисленных проблем благодаря следующим принципам, которые могут быть реализованы непосредственно внутри базы данных:

Исследование без предварительных знаний. Слизевик не имеет карты местности и не знает, где находится еда. Он начинает движение во всех направлениях, исследуя среду методом проб и ошибок. В контексте СУБД это означает, что система не требует предвари-

тельной настройки жестких правил сопоставления. На начальном этапе она создает множество потенциальных семантических связей с минимальным весом, используя эвристики нечеткого сравнения (расстояние Левенштейна, метафоны, Джаро-Винклера и др.). Эти связи записываются в специальную таблицу семантических связей (SEMANTIC_LINKS), которая становится частью базы данных.

Локальные взаимодействия и глобальная оптимизация. Каждая точка сети слизевика принимает решения только на основе локальной информации. Для СУБД это означает, что решение об усилении или ослаблении конкретной семантической связи принимается на основе локального контекста: частоты совместного использования именно этих двух записей в запросах. При этом в масштабах всей базы формируется глобально оптимальная структура – кластеры записей, соответствующие реальным объектам, наиболее востребованным в предоставлении госуслуг.

Положительная обратная связь и усиление успешных паттернов. Чем активнее используется канал у слизевика, тем шире он становится. В базе данных этот принцип реализуется следующим механизмом: когда выполняется запрос, использующий семантическую связь между записями А и В (например, при формировании единого профиля гражданина), специальный триггер или фоновый процесс увеличивает вес этой связи в таблице SEMANTIC_LINKS и обновляет отметку времени последнего доступа.

Отрицательная обратная связь и забывание. Неиспользуемые каналы у слизевика атрофируются. В базе данных регулярно (например, nightly batch process) запускается процедура «испарения»: веса всех семантических связей, которые давно не использовались, уменьшаются. Если вес падает ниже критического порога (например, 0.1), связь удаляется. Это защищает систему от «засорения» ложными срабатываниями и обеспечивает адаптивность: если данные исправлены или устарели, система автоматически перестраивается, удаляя устаревшие связи.

Предлагаемая концепция предполагает создание внутри базы данных специального семантического слоя, который реализуется в виде совокупности таблиц и процессов.

Ядро данных составляет основу семантического слоя. К нему относятся существующие таблицы с «сырыми» данными из различных ведомственных источников – ЗАГСа, Пенсионного фонда, МВД и других. Принципиально важным является то, что структура этих таблиц не модифицируется: они продолжают функционировать в своем исходном виде, обеспечивая автономность источников и неизменность логики их работы. Единственным требованием является наличие у каждой записи уникального внутреннего идентификатора, который будет использоваться для построения семантических связей.

Центральным элементом предложенного подхода выступает таблица семантических связей. Она представляет собой физическую реализацию графа семантических отношений между записями из различных источников. Каждая запись в этой таблице соответствует одному ребру графа и содержит следующие атрибуты:

- link_id – уникальный идентификатор связи;
- record_id_a – идентификатор записи из источника А;
- record_id_b – идентификатор записи из источника В;
- link_strength – вес связи (аналог толщины трубочки слизевика), вещественное число в диапазоне [0, 1];
- first_created – дата первого обнаружения потенциальной связи;
- last_accessed – дата последнего использования связи в запросе;
- access_count – счетчик количества обращений к данной связи.

Благодаря индексации по идентификаторам записей и весу связей таблица обеспечивает эффективный доступ к семантической информации даже при миллионах записей.

Функционирование семантического слоя обеспечивается тремя основными процессами, реализующими ключевые принципы поведения слизевика.

Процесс-исследователь представляет собой фоновый компонент, который периодически сканирует новые и измененные записи в ядре данных. Для каждой такой записи он выполняет нечеткое сравнение с существующими записями из других источников, используя метрики семантического сходства (расстояние Левенштейна, коэффициент Жаккара, сравнение по метафонам и др.). Если обнаруживается потенциальное соответствие, в таблицу семантических связей добавляется новая запись с минимальным начальным весом (например, 0.1). Таким образом, система постоянно находится в режиме «зондирования» среды, выявляя возможные семантические отношения еще до того, как они будут востребованы в реальных запросах.

Процесс-усилитель интегрирован с механизмом обработки запросов к базе данных. Каждый раз, когда пользовательский запрос (например, на предоставление государственной услуги) использует семантическую связь между записями, этот процесс увеличивает вес соответствующей связи в таблице и обновляет счетчики `last_accessed` и `access_count`. Чем чаще связь востребована в реальной работе, тем выше становится ее вес. Этот механизм реализует принцип положительной обратной связи: семантические отношения, подтвержденные практикой использования, укрепляются и становятся более «заметными» для системы.

Наконец, процесс-испаритель реализует механизм «забывания», критически важный для адаптивности системы. Это фоновый процесс, запускаемый периодически (например, ежесуточно), который уменьшает вес всех семантических связей пропорционально времени, прошедшему с момента последнего доступа. Если после нескольких циклов испарения вес связи падает ниже установленного порогового значения (например, 0.05), связь удаляется из таблицы как недостоверная или устаревшая. Это защищает систему от «засорения» ложными срабатываниями и позволяет автоматически отбрасывать семантические отношения, переставшие быть актуальными.

Взаимодействие описанных компонентов обеспечивает непрерывную самоорганизацию семантической структуры данных. Исследователь создает потенциальные связи, усилитель укрепляет востребованные, а испаритель элиминирует неиспользуемые. В результате семантический слой постоянно эволюционирует, отражая реальные паттерны использования данных в процессах предоставления государственных услуг.

Реализация семантической композиции непосредственно внутри СУБД на основе принципов самоорганизации открывает ряд существенных преимуществ по сравнению с существующими подходами.

Прежде всего предлагаемая система не требует так называемого «холодного старта». В отличие от методов машинного обучения, нуждающихся в предварительно размеченной обучающей выборке, или экспертных систем, требующих трудоемкой настройки правил, предложенный подход начинает функционировать немедленно после развертывания. На начальном этапе таблица семантических связей может быть пуста или содержать минимальное количество потенциальных связей, созданных процессом-исследователем. По мере эксплуатации системы, под воздействием реальных пользовательских запросов, семантическая структура постепенно «обрастает» связями, причем вес этих связей отражает их практическую востребованность.

Критически важным свойством системы является ее способность к непрерывной адаптации. Модель семантических связей эволюционирует параллельно с изменением самих

данных и паттернов их использования. Если в ведомственных базах данных меняются форматы ввода, появляются новые типичные опечатки или смещаются акценты в предоставлении государственных услуг, семантический слой автоматически подстраивается под эти изменения без какого-либо вмешательства администратора. Связи, переставшие быть актуальными, постепенно «испаряются», а новые, востребованные, укрепляются.

Важными достоинствами предложенного подхода являются его прозрачность и интерпретируемость. В отличие от моделей глубокого обучения, работающих по принципу «черного ящика», семантические связи в предлагаемой системе имеют четкую и понятную интерпретацию: вес связи непосредственно показывает, насколько часто данная пара записей использовалась совместно в реальных запросах. При возникновении необходимости всегда можно проследить историю формирования любой связи, проанализировав временные метки ее создания и последних обращений, что особенно важно для систем государственного управления, предъявляющих повышенные требования к обоснованности принимаемых решений.

Предложенная архитектура обладает хорошей масштабируемостью, поскольку таблица семантических связей индексируется стандартными средствами реляционной СУБД. Это обеспечивает эффективный доступ к семантической информации даже при миллионах записей в ядре данных и десятках миллионов связей между ними. Использование стандартных механизмов индексации и оптимизации запросов позволяет достичь приемлемой производительности без привлечения специализированных высоконагруженных решений.

Наконец, важно отметить автономность и отказоустойчивость предложенного подхода. Поскольку вся логика семантической композиции реализована внутри самой СУБД с использованием встроенных механизмов (таблиц, индексов, фоновых процессов), система не зависит от доступности внешних сервисов связывания записей. Даже при временной недоступности отдельных ведомственных источников или каналов связи семантический слой продолжает функционировать, оперируя уже установленными связями и обеспечивая непрерывность предоставления государственных услуг.

Для того чтобы четко определить научную новизну предлагаемого решения, необходимо позиционировать его относительно существующих классов методов интеграции данных.

В отличие от традиционных ETL-процессов (Extract, Transform, Load), которые выполняют однократное преобразование данных на этапе загрузки в хранилище, предложенный подход работает непрерывно, в темпе поступления запросов. ETL-подходы строят статическую модель связей, которая со временем устаревает и требует периодического перезапуска. Напротив, семантический слой на основе принципов самоорганизации постоянно эволюционирует, отражая актуальную структуру связей между данными.

По сравнению с детерминированными методами, основанными на жестких правилах сопоставления, задаваемых экспертами, предлагаемый подход обладает способностью к самообучению. Детерминированные правила требуют трудоемкой ручной настройки и не адаптируются к изменениям в данных – любое изменение формата или появление новых типов ошибок влечет за собой необходимость ручной корректировки правил. В предлагаемой системе эти процессы автоматизированы: семантические связи формируются и укрепляются на основе реального опыта использования данных.

Важнейшее отличие прослеживается при сравнении с методами классического машинного обучения. Последние, будь то вероятностные методы связывания записей (например, алгоритм Феллеги-Сантера) или современные подходы на основе нейронных сетей, требуют размеченной обучающей выборки для настройки параметров модели. Получение такой разметки в масштабах городских информационных систем крайне

трудоемко, а часто и вовсе невозможно. Более того, обученные модели нуждаются в периодическом переобучении по мере старения данных. Предлагаемый подход лишен этого недостатка: он учится «на лету», используя обратную связь от реальных запросов как единственный источник обучающих сигналов.

Наконец, принципиальным отличием является встроенность предложенного решения в СУБД. Существующие подходы часто реализуются в виде внешних сервисов связывания записей (record linkage services), к которым обращаются прикладные системы. Такая архитектура создает дополнительную сетевую задержку, вносит потенциальную точку отказа и усложняет развертывание и сопровождение. Таким образом, предлагаемая концепция семантического «слизевика» занимает уникальную нишу в пространстве методов интеграции данных, представляя собой гибридный подход, сочетающий адаптивность и самоорганизацию, свойственные биологическим системам, с надежностью, производительностью и встроенностью, характерными для реляционных технологий хранения данных. Формальная математическая модель предложенного подхода, включая функции инициализации связей, усиления и испарения, а также алгоритмы обработки запросов с использованием семантического слоя, будет представлена в следующей статье.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проведенном исследовании осуществлен системный анализ проблемы семантической композиции гетерогенных данных в городских информационных системах, функционирующих в рамках концепции «Умный город» и обеспечения государственных услуг. Основным научным результатом работы является концептуальное обоснование биоинспирированного подхода к семантической композиции, основанного на принципах самоорганизации, наблюдаемых в поведении миксомицета *Physarum polycephalum*. Проведенная аналогия между формированием оптимизированной транспортной сети в эксперименте с токийским метро и задачей установления семантических связей между записями в базах данных позволила выявить ключевые механизмы, применимые в контексте информационных систем: исследование среды без априорных знаний, локальные взаимодействия, приводящие к глобальной оптимизации, положительная обратная связь для укрепления успешных паттернов и отрицательная обратная связь для «забывания» устаревших связей.

Предложена архитектура семантического слоя, реализуемого непосредственно внутри СУБД и включающего ядро данных, таблицу семантических связей, а также три управляющих процесса – исследователь, усилитель и испаритель. Детально описаны функции каждого компонента и их взаимодействие, обеспечивающее непрерывную самоорганизацию семантической структуры данных в процессе эксплуатации системы.

Сформулированные преимущества предлагаемого подхода – отсутствие необходимости в «холодном старте», непрерывная адаптация к изменениям, прозрачность и интерпретируемость, масштабируемость, автономность и отказоустойчивость – позволяют позиционировать его как перспективную альтернативу существующим методам интеграции данных. Проведенное сравнение с детерминированными подходами, ETL-процессами, методами машинного обучения и внешними сервисами связывания записей подтверждает уникальность предлагаемого решения, сочетающего адаптивность биологических систем с надежностью реляционных технологий хранения данных.

Дальнейшие исследования будут направлены на формализацию математической модели предложенного подхода, включая функции инициализации связей, усиления и испарения, а также разработку алгоритмов обработки запросов с использованием семантического слоя и их экспериментальную апробацию на реальных данных городских ведомственных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Pashkov D., Shvets A., Karpov N. et al. SemConvTree: semantic convolutional quadrees for multi-scale event detection in smart city. *Smart Cities*. 2024. Vol. 7. No. 5. Pp. 2763–2780.
2. Кулиев Э. В., Запорожец Д. Ю., Кравченко Ю. А., Семенова М. М. Решение задачи интеллектуального анализа данных на основе биоинспирированного алгоритма // Известия ЮФУ. Технические науки. 2022. № 1. С. 90–102.
- Kuliev E.V., Zaporozhets D.Yu., Kravchenko Yu.A., Semenova M.M. Solving the problem of intelligent data analysis based on a bioinspired algorithm. *Bulletin of the Southern Federal University. Technical Sciences*. 2022. No. 1. Pp. 90–102. (In Russian)
3. Грибкова В. Б., Журавлев М. А., Ковалев С. М. Методы семантической интеграции разнородных данных в городских информационных системах // Информационные технологии в управлении. 2023. № 2. С. 45–53.
- Gribkova V.B., Zhuravlev M.A., Kovalev S.M. Methods of semantic integration of heterogeneous data in urban information systems. *Information Technologies in Management*. 2023. No. 2. Pp. 45–53. (In Russian)
4. Schumann A., Papanikolaou N., Tsompanas M.A., Adamatzky A. A Physarum-inspired approach to the Euclidean Steiner tree problem. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. Article 14536.
5. Козлов В. А., Гагарин Ю. Е. Применение алгоритма АСО (муравьиный алгоритм) в туманных вычислениях // Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе: материалы Региональной научно-технической конференции (Калуга, 23–25 апреля 2024 года). М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025. Т. 2. С. 112–114.
- Kozlov V.A., Gagarin Yu.E. Application of the ACO algorithm (ant colony algorithm) in fog computing. *Science-intensive technologies in instrument and mechanical engineering and the development of innovative activities in universities: Proceedings of the Regional Scientific and Technical Conference (Kaluga, April 23–25, 2024)*. Moscow: Izdatel'stvo MGTU im. N.E. Bauman, 2025. Vol. 2. Pp. 112–114. (In Russian)
6. Ghafarollahi A., Buehler M.J. SciAgents: Automating scientific discovery through bioinspired multi-agent intelligent graph reasoning. *Advanced Materials*. 2024.
7. Аванесян А. А. YandexGPT в применении к GraphRAG: формирование графов и семантический анализ графовых сообществ [выпускная квалификационная работа]. М.: НИУ ВШЭ, 2025.
- Avanesyan A.A. YandexGPT as applied to GraphRAG: graph formation and semantic analysis of graph communities [graduate qualification work]. Moscow: HSE University, 2025. (In Russian)
8. Scrocca M., Comerio M., Carenini A., Cecconi A. Intelligent urban traffic management via semantic interoperability across multiple heterogeneous mobility data sources. arXiv preprint arXiv:2407.10539. 2024.
9. Torre-Bastida A.I., Osaba E., Muhammad K. et al. Bio-inspired computation for big data fusion, storage, processing, learning and visualization: state of the art and future directions. *Neural Computing & Applications*. 2025. Vol. 37. No. 28. Pp. 23097–23127.
10. Yan Z., Zheng X., Zhang J. A survey on semantic data integration for smart city applications. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. Pp. 123456–123478.
11. Chataut R., Panday S. Image edge detection using ant colony optimization with genetic algorithm. *Journal of Science and Technology*. Vol. 5. Pp. 58–65. DOI: 10.3126/jost.v5i1.92657

12. Tavva G., Sura R., Shah D. et al. Meta-heuristic ant-bee colony algorithms for dynamic big data analysis in real-time. *IET Conference Proceedings*. 2025. Pp. 1374–1379. DOI: 10.1049/icp.2025.1594
13. Cai Zh., Li G., Zhang J. et al. Using an artificial Physarum polycephalum colony for threshold image segmentation. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13. Article 11976. DOI: 10.3390/app132111976
14. Kamaoğlu M. Physarum computation in architecture: a critique of bio-digital design. *Architectural Research Quarterly*. 2025. Vol. 28. Pp. 387–398. DOI: 10.1017/S1359135525101012
15. Awad A., Pang W., Lusseau D., Coghill G. A survey on Physarum polycephalum intelligent foraging behaviour and bio-inspired applications. *Artificial Intelligence Review*. 2022. Vol. 56. DOI: 10.1007/s10462-021-10112-1

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторе

Рыбаков Даниил Александрович, аспирант кафедры информатики, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова;
115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;
rybakov.daniel99@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8959-4427>, SPIN-код: 7155-6461

Information about the author

Daniil A. Rybakov, Postgraduate Student, Department of Computer Science, Plekhanov Russian University of Economics;
36, Stremyanny lane, Moscow, 115054, Russia;
rybakov.daniel99@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8959-4427>, SPIN-code: 7155-6461

Технология возделывания гибрида кукурузы Машук 390 МВ с применением современных удобрений и гербицидов

В. Н. Багринцева[✉], И. Н. Ивашененко, С. В. Кузнецова,
И. А. Шмалько, Е. И. Губа, С. Н. Тарасюк

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

Аннотация. Производство новых эффективных удобрений и гербицидов позволяет выводить технологию возделывания кукурузы на новый, более совершенный уровень.

Цель исследования – совершенствование технологии возделывания кукурузы за счет применения современных удобрений и гербицидов. Исследования вели в двух полевых опытах на гибриде кукурузы Машук 390 МВ. Схема опыта по изучению удобрений марки Аквалис состояла из 3 вариантов: 1. Контроль без удобрений; 2. Аквалис 13-40-13 + МЭ (3,0 кг/га) в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 14 листьев; 3. Аквалис 18-18-18 + 3 MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 6 листьев + Аквалис 13-40-13 + МЭ (3,0 кг/га) в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 14 листьев. В схеме опыта по изучению гербицидов 6 вариантов: контроль без гербицидов; Корнеги (1,9 л/га); Милагро Плюс (1,0 л/га); Модерн Премиум (1,9 л/га); Стеллар Плюс (1,0 л/га); Фултайм (1,7 л/га). Гербициды применяли в фазе 5 листьев.

Результаты. Некорневые подкормки растений водорастворимыми удобрениями Аквалис 13-40-13 + МЭ и Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ повысили урожайность зерна гибрида Машук 390 МВ на 0,70 т/га 11,6 %. Трехкратные некорневые подкормки удобрениями Аквалис 18-18-18 + 3 MgO + МЭ, Аквалис 13-40-13 + МЭ и Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ дали прибавку урожая зерна 0,58 т/га (9,6 %). Применение гербицидов Корнеги (1,9 л/га), Милагро Плюс (1,0 л/га), Модерн Премиум (1,9 л/га), Стеллар Плюс (1,0 л/га), Фултайм (1,7 л/га) в фазе 5 листьев обеспечивало получение зерна кукурузы на 36,6-45,1 % больше по сравнению с контролем без химической защиты.

Выводы. В связи с высокой эффективностью для повышения урожайности зерна гибрида кукурузы Машук 390 МВ целесообразно проводить некорневые подкормки растений удобрениями Аквалис и применять для уничтожения сорняков гербициды Корнеги (1,9 л/га), Милагро Плюс (1,0 л/га), Модерн Премиум (1,9 л/га), Стеллар Плюс (1,0 л/га), Фултайм (1,7 л/га).

Ключевые слова: кукуруза, удобрения, подкормки, гербициды, зерно, урожайность

Поступила 17.03.2026, одобрена после рецензирования 12.05.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Багринцева В. Н., Ивашененко И. Н., Кузнецова С. В., Шмалько И. А., Губа Е. И., Тарасюк С. Н. Технология возделывания гибрида кукурузы Машук 390 МВ с применением современных удобрений и гербицидов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 77–86. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-77-86

Cultivation technology of maize hybrid Mashuk 390 MV with the application of modern fertilizers and herbicides

V.N. Bagrintseva[✉], I.N. Ivashenenko, S.V. Kuznetsova,
I.A. Shmalko, E.I. Guba, S.N. Tarasyuk

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

Abstract. The development of new, highly effective fertilizers and herbicides elevates maize cultivation technology to a new, more advanced level.

Aim. The research objective is improving maize cultivation technology through modern fertilizers and herbicides. We conducted the research through two field trials on the Mashuk 390 MV maize hybrid. The fertilizer treatment scheme for Aqualis included three variants: 1. Control (no fertilizer); 2. Aqualis NPK 13-40-13 + ME (3.0 kg/ha) applied at 8 leaves + Aqualis NPK 6-14-35 + 2MgO + ME (3.0 kg/ha) at 14 leaves; 3. Aqualis NPK 18-18-18 + 3MgO + ME (3.0 kg/ha) at 6 leaves + Aqualis NPK 13-40-13 + ME (3.0 kg/ha) at 8 leaves + Aqualis NPK 6-14-35 + 2MgO + ME (3.0 kg/ha) at 14 leaves. The herbicide trial included six treatments: a herbicide-free control, Kornegi (1.9 L/ha), Milagro Plus (1.0 L/ha), Modern Premium (1.9 L/ha), Stellar Plus (1.0 L/ha), and Fulltime (1.7 L/ha). We applied all herbicides at the 5-leaf stage.

Result. Foliar applications of the water-soluble fertilizers Aqualis 13-40-13 + ME and Aqualis 6-14-35 + 2MgO + ME resulted in a grain yield increase of 0.70 t/ha (11.6 %) for the Mashuk 390 MV hybrid. Three-time foliar applications of Aqualis 18-18-18 + 3MgO + ME, Aqualis 13-40-13 + ME, and Aqualis 6-14-35 + 2MgO + ME yielded an additional 0.58 t/ha (9.6 %) of grain. Applying the herbicides Kornegi (1.9 L/ha), Milagro Plus (1.0 L/ha), Modern Premium (1.9 L/ha), Stellar Plus (1.0 L/ha), and Fulltime (1.7 L/ha) at the 5-leaf stage increased maize grain yields by 36.6–45.1% compared to the untreated control.

Conclusions. To enhance the grain yield of the Mashuk 390 MV maize hybrid, it is highly recommended to implement foliar fertilization with Aqualis fertilizers and apply the following herbicides for effective weed control: Kornegi (1.9 L/ha), Milagro Plus (1.0 L/ha), Modern Premium (1.9 L/ha), Stellar Plus (1.0 L/ha), and Fulltime (1.7 L/ha).

Keywords: corn, fertilizers, top dressing, herbicides, grain, yield

Submitted 17.03.2026,

approved after reviewing 12.05.2026,

accepted for publication 07.08.2026

For citation. Bagrintseva V.N., Ivashenenko I.N., Kuznetsova S.V., Shmalko I.A., Guba E.I., Tarasyuk S.N. Cultivation technology of maize hybrid Mashuk 390 MV with the application of modern fertilizers and herbicides. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 77–86. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-77-86

ВВЕДЕНИЕ

В технологии возделывания кукурузы очень значимыми элементами являются система питания растений и защита от сорняков.

В современных системах питания кукурузы возрастает роль фолиарного внесения специальных удобрений на листья растений. Эти технологии питания растений ориентированы на более быструю доставку питательных веществ в вегетативные и генеративные органы по

© Bagrintseva V.N., Ivashenenko I.N., Kuznetsova S.V., Shmalko I.A., Guba E.I., Tarasyuk S.N., 2026



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

сравнению с внесением удобрений в почву [1–3]. Листовые подкормки водорастворимыми удобрениями повышают доступность элементов питания растениям, что особенно актуально при низкой эффективности корневого питания. Некорневое питание имеет преимущество и более эффективно по сравнению с корневым в условиях почвенной засухи [4].

Некорневые подкормки растений во время вегетации разными агрохимикатами существенно повышают урожайность зеленой массы и зерна кукурузы [3–5]. Кукуруза проявляет высокую потребность не только в макроэлементах, но и в микроэлементах. Поэтому на кукурузе эффективны некорневые листовые подкормки агрохимикатами, содержащими важные для нее элементы питания [6–8].

Важным элементом в системе мероприятий, направленных на повышение урожайности кукурузы, является борьба с сорной растительностью [9–11]. Самым эффективным способом борьбы с сеgetальной растительностью считается применение многокомпонентных гербицидов, обладающих высокой биологической эффективностью против широкого спектра сорных растений [12]. Разнонаправленное сочетание действующих веществ позволяет препаратам осуществлять контроль над всем спектром сорного ценоза [13–15].

Цель исследований – совершенствование технологии возделывания кукурузы за счет применения современных удобрений и гербицидов. Для достижения поставленной цели решали задачи: 1. Изучить эффективность на кукурузе комплексного применения новых удобрений марки Аквалис; 2. Изучить эффективность новых гербицидов против сорных растений в посеве кукурузы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Научные исследования проводили в Ставропольском крае на черноземе обыкновенном карбонатном тяжелосуглинистом. Почва характеризуется содержанием гумуса в слое 0–20 см 4 % и щелочной реакцией почвенного раствора (рН водной вытяжки – 7,5). Содержание нитратного азота в слое почвы 0–20 см по Грандваль-Ляжу (ГОСТ 26488-85) было равно в 2022 г. 14,6, в 2023 г. – 11,8, в 2024 г. – 16,8 мг/кг. Подвижного фосфора в почве по Мачигину (ГОСТ 26205-91) по годам содержалось соответственно 10, 11 и 16,0 мг/кг, обменного калия по Мачигину (ГОСТ 26205-91) – 231, 258 и 208 мг/кг.

В одном опыте изучали эффективность новых водорастворимых удобрений Аквалис разных марок, которые производит АО «МХК «ЕвроХим». В другом опыте изучали эффективность против сорных растений в посевах кукурузы новых гербицидов отечественных и иностранных фирм.

В состав водорастворимых удобрений Аквалис входят макроэлементы в разных соотношениях и один состав микроэлементов (Cu – 0,005 %, Fe – 0,07 %, Mn – 0,05 %, Mo – 0,004 %, Zn – 0,01 %, B – 0,02 %). Удобрение Аквалис 18-18-18 + 3 MgO + МЭ содержит 18 % N, 18 % P₂O₅, 18 % K₂O, 3 % MgO, 2 % S + перечисленные микроэлементы и рекомендуется для некорневых подкормок в начале вегетации растений. Удобрение Аквалис 13-40-13 + МЭ содержит в составе 13 % N, 40 % P₂O₅, 13 % K₂O, 1,5 % S + микроэлементы. Удобрение рекомендуется к использованию в середине вегетации для усиления фотосинтеза и роста вегетативной массы. Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ содержит 6 % N, 14 % P₂O₅, 35 % K₂O, 2 % Mg, 9 % S + микроэлементы. Удобрение положительно влияет на плодообразование, повышает продуктивность растений, применяется на более поздних стадиях развития растений в начале формирования репродуктивных органов. Схема опыта по изучению систем удобрения агрохимикатами марки Аквалис состояла из 3 вариантов: 1. Контроль без удобрений; 2. Аквалис 13-40-13 + МЭ (3,0 кг/га) в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 14 листьев; 3. Аквалис 18-18-18 + 3 MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 6 листьев + Аквалис 13-40-13 + МЭ (3,0 кг/га) в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 14 листьев.

Для изучения взяли послевсходовые гербициды с разным составом из 2 и 3 действующих веществ: Корнеги (никосульфурон + тербутилазин + 2,4-Д кислота (2-этилгексилэтер)); Милагро Плюс (никосульфурон + дикамба (натриевая соль)); Модерн Премиум

(никосульфурон + мезотрион + флорасулам); Стеллар Плюс (дикамба (натриевая соль) + топрамезон); Фултайм (никосульфурон + мезотрион + пиклорам). Гербициды применяли на кукурузе в фазе 5 листьев. Нормы внесения гербицидов указаны в таблицах.

Удобрения и гербициды изучали на среднеспелом гибриде кукурузы Машук 390 МВ селекции Всероссийского НИИ кукурузы. Это перспективный высокопродуктивный простой гибрид, районированный в Северо-Кавказском регионе для выращивания на силос и зерно.

Предшественником кукурузы в опытах была озимая пшеница. Основная обработка почвы после уборки предшественника состояла из двух дискований и вспашки. Предпосевная обработка почвы весной заключалась в двух культивациях почвы.

Сеяли кукурузу после озимой пшеницы в оптимальные сроки 20–29 апреля сеялкой Gaspardo MTR-8 с густотой стояния 65–70 тыс. шт./га. После появления всходов в фазе 2–3 листьев вручную формировали оптимальную для гибрида густоту стояния растений 55 тыс. шт. на 1 га.

Уход за кукурузой в опытах состоял из применения гербицидов, междурядной культивации в фазе 7–8 листьев, обработки против вредителей. В опыте с удобрениями для защиты от сорняков кукурузу в фазе 3 листьев обрабатывали гербицидом Аденго (0,5 л/га). Против гусениц хлопковой совки и стеблевого мотылька в обоих опытах растения в начале выметывания метелки обрабатывали инсектицидом Кораген (0,2 л/га). Внесение гербицидов и инсектицида осуществляли навесным опрыскивателем CLASS 600/12 при расходе рабочего раствора 250 л/га.

Площадь делянки составляла 39,2 м² (5,6 м x 7,0 м), учетная – 14,7 м².

В 2022 г. за активную вегетацию кукурузы (май-август) осадков выпало 181,4 мм, в том числе в мае – 80,3 мм, в июне – 92,5 мм, в июле – 7,4 мм, в августе – 1,2 мм. Недостаточным количество осадков было в июле во время цветения растений кукурузы и в августе во время налива зерна. В 2023 г. за вегетацию кукурузы (май-август) осадков выпало 272,3 мм. В мае месячная сумма осадков составила 95,3 мм, в июне – 133,5 мм, в июле – 38,5 и августе – 5,0 мм. В 2023 г. погодные условия во время вегетации кукурузы были более благоприятными для кукурузы по сравнению с 2022 г. В 2024 г. осадков за активную вегетацию кукурузы выпало всего лишь 137,3 мм, из них в мае – 76,3 мм, в июне – 56,0 мм, в июле – 0, в августе – 5,0 мм. Последний год исследований был самым засушливым.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Некорневые подкормки удобрениями Аквалис в течение вегетации кукурузы положительно повлияли на рост растений, к фазе цветения их высота существенно увеличилась (табл. 1). Как при двукратном, так и трехкратном применении удобрений поверхностно по листьям высота растений увеличилась на 8 см.

Таблица 1. Высота растений гибрида кукурузы Машук 390 МВ при применении удобрений, см

Table 1. Plant height of maize hybrid Mashuk 390 MV as affected by fertilizer application, cm

Вариант опыта	По годам			В среднем	
	2022	2023	2024	высота	прирост
1	231	221	189	214	–
2	233	226	206	222	8
3	233	229	205	222	8
НСР _{0,05} , см	2	5	4	4	

Примечание: вариант 1. Контроль без удобрений; 2. Аквалис 13-40-13 + МЭ (3,0 кг/га) в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 14 листьев; 3. Аквалис 18-18-18 + 3 MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 6 листьев + Аквалис 13-40-13 + МЭ (3,0 кг/га) в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 14 листьев.

Фолиарное внесение (на листья) элементов питания, содержащихся в удобрениях, отражалось не только на росте растений, но и на их развитии и формировании початков. Во все годы исследований за счет улучшения питания растений увеличивалась масса початка и масса зерна, полученного с одного початка (табл. 2).

Таблица 2. Элементы структуры урожая гибрида кукурузы Машук 390 МВ при применении удобрений**Table 2.** Yield structure components of maize hybrid Mashuk 390 MV as affected by fertilizer application

Вариант опыта	Год	Масса початка, г	Масса зерна с початка, г
1	2022	137,4	112,6
	2023	177,9	143,5
	2024	144,9	116,9
	среднее	153,4	124,3
2	2022	159,4	130,7
	2023	192,9	155,6
	2024	151,2	121,7
	среднее	167,8	136,0
3	2022	163,3	133,0
	2023	182,4	148,2
	2024	145,3	117,5
	среднее	163,6	132,9
НСР _{0,05} , г	2022	8,7	6,4
	2023	9,5	7,5
	2024	6,4	4,9
	среднее	8,2	9,6

Примечание: вариант 1. Контроль без удобрений; 2. Аквалис 13-40-13 + МЭ (3,0 кг/га) в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 14 листьев; 3. Аквалис 18-18-18 + 3 MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 6 листьев + Аквалис 13-40-13 + МЭ (3,0 кг/га) в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 14 листьев.

В среднем за 3 года после двух подкормок удобрениями Аквалис 13-40-13 + МЭ в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ в 14 листьев масса початка увеличилась на 14,4 г, а масса зерна на 11,7 г. Три подкормки удобрениями Аквалис 18-18-18 + 3 MgO + МЭ в 6 листьев + Аквалис 13-40-13 + МЭ в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ в 14 листьев увеличили массу початка на 10,2 г, массу зерна на 8,6 г. По отношению к контролю без применения удобрений увеличение массы початка и зерна в початке было существенным.

Увеличение початков и массы зерна на них отразилось на урожайности кукурузы (табл. 3). Прибавки урожая от подкормок растений удобрениями Аквалис были существенными во все годы исследований и в среднем. Наибольшее повышение урожайности зерна получено при двух подкормках растений удобрениями Аквалис 13-40-13 + МЭ и Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ, но и при дополнительной подкормке удобрением Аквалис 18-18-18 + 3 MgO + МЭ в начале вегетации кукурузы прибавки урожая также существенные.

Таблица 3. Урожайность зерна гибрида кукурузы Машук 390 МВ при применении удобрений**Table 3.** Grain yield of the Mashuk 390 MV corn hybrid as affected by fertilizer application

Вариант опыта	По годам				Прибавка	
	2022	2023	2024	2022–2024	т/га	%
1	5,81	7,30	4,97	6,03	–	–
2	6,61	8,04	5,53	6,73	0,70	11,6
3	6,42	8,08	5,32	6,61	0,58	9,6
НСР _{0,05} , т/га	0,51	0,72	0,34	0,29		

Примечание: вариант 1. Контроль без удобрений; 2. Аквалис 13-40-13 + МЭ (3,0 кг/га) в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 14 листьев; 3. Аквалис 18-18-18 + 3 MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 6 листьев + Аквалис 13-40-13 + МЭ (3,0 кг/га) в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 14 листьев.

Об эффективности гербицидов судили по их влиянию на засоренность кукурузы сорными растениями, которую определяли через 21 день после химической обработки. Применение гербицидов уменьшало число сорных растений в 2,8–4,3 раза (табл. 4). Самую низкую биологическую эффективность показал гербицид Модерн Премиум. Биологическая эффективность остальных пестицидов варьировала от 66,3 до 76,5 % и различалась незначительно.

Таблица 4. Число сорных растений после применения гербицидов в среднем за 2023–2024 гг.

Table 4. Weed density following herbicide application, averaged over 2023–2024

Вариант опыта	Число сорняков, шт./м ²			Биологическая эффективность, %
	1	2	3	
Контроль без гербицидов	23,2	21,0	44,2	–
Корнеги (1,9 л/га)	7,1	6,0	13,1	70,4
Милагро Плюс (1,0 л/га)	9,5	2,8	12,3	72,2
Модерн Премиум (1,9 л/га)	9,3	6,3	15,6	64,7
Стеллар Плюс (1,0 л/га)	9,9	0,5	10,4	76,5
Фултайм (1,7 л/га)	8,7	6,2	14,9	66,3

Примечание: в графе 1 – двудольные; 2 – однодольные; 3 – всего.

Уничтожение сорной растительности благоприятствовало хорошему росту растений кукурузы на делянках, где применяли гербициды (табл. 5). Высота растений в фазе цветения по отношению к контролю в среднем за три года исследований увеличивалась на 17–20 см.

Таблица 5. Высота растений гибрида кукурузы Машук 390 МВ при применении гербицидов, см

Table 5. Plant height of maize hybrid Mashuk 390 MV as affected by herbicide application, cm

Вариант опыта	По годам		В среднем	
	2023	2024	высота	прирост
Контроль без гербицидов	236	213	224	–
Корнеги (1,9 л/га)	247	236	241	17
Милагро Плюс (1,0 л/га)	250	233	241	17
Модерн Премиум (1,9 л/га)	257	229	243	19
Стеллар Плюс (1,0 л/га)	246	236	241	17
Фултайм (1,7 л/га)	252	236	244	20
НСР _{0,05} , см	2,2	2,1	4,0	

На делянках опыта, очищенных от сорной растительности, создавались более благоприятные условия для формирования початков. В среднем за два года масса початков увеличивалась в зависимости от применяемых гербицидов на 29,4–42,5 г, а масса зерна с одного початка на 26,4–34,7 г (табл. 6). Самыми низкими показатели структуры урожая были в варианте с применением гербицида Модерн Премиум (1,9 л/га).

Таблица 6. Элементы структуры урожая гибрида кукурузы Машук 390 МВ при применении гербицидов

Table 6. Yield structure components of maize hybrid Mashuk 390 MV as affected by herbicide application

Вариант опыта	Масса початка, г			Масса зерна с початка, г		
	1	2	3	1	2	3
Контроль без гербицидов	128,8	147,3	138,1	102,5	119,6	111,1
Корнеги (1,9 л/га)	176,2	171,0	173,6	143,4	139,3	141,4
Милагро Плюс (1,0 л/га)	185,4	159,1	172,3	149,9	132,0	141,0
Модерн Премиум (1,9 л/га)	167,3	167,6	167,5	137,2	137,8	137,5
Стеллар Плюс (1,0 л/га)	176,7	173,8	175,3	144,3	142,5	143,4
Фултайм (1,7 л/га)	180,5	180,7	180,6	146,0	145,5	145,8
НСР _{0,05}	13,9	13,4	11,6	11,6	12,7	9,7

Примечание: в графе 1 – 2023 г., 2 – 2024 г., 3 – в среднем.

Формирование более крупных полноценных початков на делянках с применением химической защиты от сорняков позволило получить более высокий урожай зерна (табл. 7).

Таблица 7. Урожайность зерна гибрида кукурузы Машук 390 МВ при применении гербицидов, т/га

Table 7. Grain yield of the Mashuk 390 MV corn hybrid under herbicide application, t/ha

Вариант опыта	По годам		В среднем		
	2023	2024	урожайность	прибавка	
				т/га	%
Контроль без гербицидов	5,18	4,45	4,81	–	–
Корнеги (1,9 л/га)	7,63	5,50	6,57	1,76	36,6
Милагро Плюс (1,0 л/га)	7,90	6,05	6,98	2,17	45,1
Модерн Премиум (1,9 л/га)	7,46	5,74	6,60	1,79	37,2
Стеллар Плюс (1,0 л/га)	7,76	5,60	6,68	1,87	38,8
Фултайм (1,7 л/га)	7,79	5,88	6,83	2,02	42,0
НСР _{0,05} , т/га	0,83	0,68	0,53		

В 2023 г. прибавки урожая зерна от применения гербицидов составляли 2,28–2,72 т/га (44–52 %). В 2024 г. сохраненный от сорняков урожай варьировал в пределах 1,05–1,60 т/га (24–36 %). В среднем за два года за счет применения гербицидов зерна получено больше на 36,6–45,1 %. Все изучаемые гербициды обеспечивали по отношению к контролю существенное повышение урожайности зерна, но между препаратами существенных различий не установлено.

Выводы

1. Для существенного повышения урожайности зерна гибрида кукурузы Машук 390 МВ можно вместо внесения минеральных удобрений в почву проводить некорневые подкормки растений водорастворимыми удобрениями Аквалис 13-40-13 + МЭ (3,0 кг/га) в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 14 листьев или удобрениями Аквалис 18-18-18 + 3 MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 6 листьев + Аквалис 13-40-13 + МЭ (3,0 кг/га) в 8 листьев + Аквалис 6-14-35 + 2MgO + МЭ (3,0 кг/га) в 14 листьев. Эти схемы некорневого питания растений повышают урожайность зерна на 0,70 и 0,58 т/га (11,6 и 9,6 %).

2. С целью уничтожения сорной растительности в посеве гибрида Машук 390 МВ эффективно применение гербицида Корнеги (1,9 л/га); Милагро Плюс (1,0 л/га); Модерн Премиум (1,9 л/га); Стеллар Плюс (1,0 л/га); Фултайм (1,7 л/га) в фазе кукурузы 5 листьев. При биологической эффективности против сорных растений, равной 64,7–76,5 %, гербициды обеспечивают получение зерна кукурузы на 36,6–45,1 % больше по сравнению с контролем без химической защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Егоров В. С., Держинская А. А. Фолиарное применение удобрений и механизм их поступления в растения // Проблемы агрохимии и экологии. 2015. № 2. С. 51–57.
- Васильченко С. А., Метлина Г. В., Лактионов Ю. В. Влияния применения биопрепаратов и микроэлементного удобрения Органомикс на урожайность зерна кукурузы на юге Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 81–85. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-81-85
- Дригидер В. В., Долов М. С., Якушенко Е. Г. Эффективность применения некорневых подкормок на урожай родительских форм гибридов кукурузы // Вестник аграрной науки. 2024. № 4(109). С. 11–16. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2024.4.11

4. Багринцева В. Н., Иващенко И. Н. Влияние некорневой подкормки растений удобрением Батр Цинк на формирование урожая кукурузы в Ставропольском крае // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 6. С. 24–27. DOI: 10.31857/S2500262722060047
5. Shcatula Y. Evaluation of efficiency of application of growth stimulators and microfertilizers in maize crops // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2021. № 57-2. Pp. 8–14. DOI: 10.24412/3453-9875-2021-57-2-8-14
6. Васин В. Г., Кошелев И. К. Урожайность и кормовые достоинства гибридов кукурузы при внесении минеральных удобрений и стимуляторов роста // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2. С. 45–53. DOI: 10.18286/1816-4501-2018-2-45-53
7. Малышева Е. В., Торилов В. Е. Действие минеральных удобрений на урожайность и качество зерна гибридов кукурузы, различных по скороспелости // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 8. С. 52–59.
8. Коконов С. И., Валиулина Р. Д., Рябова Т. Н. и др. Эффективность фоллиарной обработки посевов кукурузы комплексными и микробиологическими удобрениями // Кормопроизводство. 2020. № 5. С. 26–29.
9. Тарчоков Х. Ш., Тукуова Д. А., Матаева О. Х. Меткий, МД – новый отечественный гербицид для борьбы с сорняками на посевах кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15. № 6. С. 105–110. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-105-110
10. Кузнецова С. В., Багринцева В. Н. Эффективность применения нового гербицида Крейсер // Агрохимия. 2021. № 10. С. 36–44. DOI: 10.31857/S0002188121100100
11. Проворова О. Н., Панасин В. И., Григорович Л. М. Агрохимические аспекты эффективности применения гербицидов класса сульфонилмочевин при выращивании кукурузы (ZEA MAYS L.) на зерно // Проблемы агрохимии и экологии. 2018. № 1. С. 24–28.
12. Прудников А. Д., Солнцева О. И. Применение гербицидов при возделывании раннеспелых гибридов кукурузы // Защита и карантин растений. 2019. № 8. С. 46–48.
13. Костюк А. В., Лукачева Н. Г. Эффективность гербицида Дублон Голд на кукурузе в Приморье // Земледелие. 2014. № 1. С. 46–48.
14. Савва А. П., Тележенко Т. Н., Ковалев С. С., Суворова В. А. Отечественный комбинированный гербицид Суперкорн, МД для защиты посевов кукурузы // Земледелие. 2021. № 4. С. 40–43. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10410.
15. Тедеева А. А. Применение гербицидов нового поколения при возделывании кукурузы в предгорной зоне РСО – Алания // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 7(107). С. 924–931. DOI: 10.35679/1991-9476-2020-15-7-924-931.

REFERENCES

1. Egorov V.S., Dzerzhinskaya A.A. Foliar application of fertilizers and the mechanism of their entry into plants. *Problems of Agrochemistry and Ecology*. 2015. No. 2. Pp. 51–57. (In Russian)
2. Vasilchenko S.A., Metlina G.V., Laktionov Yu.V. The effects of the use of biological products and Organomix microelement fertilizer on corn grain yield in the south of the Rostov region. *Grain Industry of Russia*. 2021. No. 5(77). Pp. 81–85. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-81-85. (In Russian)
3. Dridiger V.V., Dolov M.S., Yakushenko E.G. The effectiveness of the use of foliar fertilizers on the yield of parental forms of corn hybrids. *Bulletin of Agrarian Science*. 2024. No. 4(109). Pp. 11–16. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2024.4.11. (In Russian)
4. Bagrintseva V.N., Ivashenko I.N. The effect of foliar top dressing of plants with Batr Zinc fertilizer on the formation of the corn crop in the Stavropol Territory. *Russian Agricultural Science*. 2022. No.6. Pp. 24–27. DOI: 10.31857/S2500262722060047. (In Russian)

5. Shcatula Y. Evaluation of efficiency of application of growth stimulators and microfertilizers in maize crops. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2021. № 57-2. Pp. 8–14. DOI: 10.24412/3453-9875-2021-57-2-8-14
6. Vasin V.G., Koshelev I.K. Productivity and feed advantages of corn hybrids when applying mineral fertilizers and growth stimulants. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2018. No. 2. Pp. 45–53. DOI: 10.18286/1816-4501-2018-2-45-53. (In Russian)
7. Malysheva E.V., Torikov V.E. The effect of mineral fertilizers on the yield and grain quality of corn hybrids of various ripeness. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2021. No. 8. Pp. 52–59. (In Russian)
8. Kokonov S.I., Valiulina R.D., Ryabova T.N. et al. The effectiveness of foliar treatment of corn crops with complex and microbiological fertilizers. *Feed Production*. 2020. No. 5. Pp. 26–29. (In Russian)
9. Tarchokov Kh.Sh., Tutukova D.A., Mataeva O.Kh. Metky, MD – a new domestic herbicide for weed control in corn crops. *Grain Industry of Russia*. 2023. Vol. 15. No. 6. Pp. 105–110. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-105-110. (In Russian)
10. Kuznetsova S.V., Bagrintseva V.N. The effectiveness of the new herbicide Kreutzer. *Agrochemistry*. 2021. No. 10. Pp. 36–44. DOI: 10.31857/S0002188121100100. (In Russian)
11. Provorova O.N., Panasin V.I., Grigorovich L.M. Agrochemical aspects of the effectiveness of the use of herbicides of the sulfonylurea class in the cultivation of corn (ZEA MAYS L.) for grain. *Problems of Agrochemistry and Ecology*. 2018. No. 1. Pp. 24–28. (In Russian)
12. Prudnikov A.D., Solntseva O.I. The use of herbicides in the cultivation of early-ripening corn hybrids. *Plant Protection and Quarantine*. 2019. No. 8. Pp. 46–48. (In Russian)
13. Kostyuk A.V., Lukacheva N.G. Effectiveness of Doublon Gold herbicide on corn in Primorye. *Agriculture*. 2014. No. 1. Pp. 46–48. (In Russian)
14. Savva A.P., Telezhenko T.N., Kovalev S.S., Suvorova V.A. Domestic combined herbicide Supercorn, MD for the protection of corn crops. *Agriculture*. 2021. No.4. Pp. 40–43. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10410. (In Russian)
15. Tedeeva A.A. The use of new generation herbicides in the cultivation of corn in the foothill zone of North Ossetia – Alania. *Scientific Life*. 2020. Vol. 15. No. 7(107). Pp. 924–931. DOI: 10.35679/1991-9476-2020-15-7-924-931. (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. Работа выполнена в рамках Государственного задания Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы (тема № FNMG-2022-0007).

Funding. This research was funded by the State Assignment of the All-Russian Research Scientific Institute of Corn, project no. FNMG-2022-0007.

Информация об авторах

Багринцева Валентина Николаевна, д-р с.-х. наук, профессор, гл. науч. сотр. лаборатории агротехники, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;
357528, Россия, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 140;
maize-techno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7116-1974>

Ивашененко Иван Николаевич, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр. лаборатории агротехники, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;

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

i.ivashenenko@rumaize.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2316-1769>, SPIN-код: 8961-4440

Кузнецова Светлана Васильевна, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр. лаборатории агротехники, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;

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

maize-techno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6774-0351>

Шмалько Ирина Анатольевна, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр. лаборатории агротехники, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;

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

maize-techno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4874-5485>, SPIN-код: 8993-8977

Губа Елена Исааковна, ст. науч. сотр. лаборатории агротехники, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;

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

maize-techno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6347-8410>

Тарасюк Светлана Николаевна, мл. науч. сотр. лаборатории агротехники, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;

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

maize-techno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5775-0067>, SPIN-код: 6452-7370

Information about the authors

Valentina N. Bagrintseva, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Laboratory of Agrotechnics, All-Russian Research Scientific Institute of Corn;

14о, Ermolov street, Pyatigorsk, 357528, Russia;

maize-techno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7116-1974>

Ivan N. Ivashenenko, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Agrotechnics, All-Russian Research Scientific Institute of Corn;

14о, Ermolov street, Pyatigorsk, 357528, Russia;

i.ivashenenko@rumaize.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2316-1769>, SPIN-code: 8961-4440

Svetlana V. Kuznetsova, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Agrotechnics, All-Russian Research Scientific Institute of Corn;

14о, Ermolov street, Pyatigorsk, 357528, Russia;

maize-techno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6774-0351>

Irina A. Shmalko, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Agrotechnics, All-Russian Research Scientific Institute of Corn;

14о, Ermolov street, Pyatigorsk, 357528, Russia;

maize-techno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4874-5485>, SPIN-code: 8993-8977

Elena I. Guba, Senior Researcher, Laboratory of Agrotechnics, All-Russian Research Scientific Institute of Corn;

14о, Ermolov street, Pyatigorsk, 357528, Russia;

maize-techno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6347-8410>

Svetlana N. Tarasyuk, Junior Researcher, Laboratory of Agrotechnics, All-Russian Research Scientific Institute of Corn;

14о, Ermolov street, Pyatigorsk, 357528, Russia;

maize-techno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5775-0067>, SPIN-code: 6452-7370

Влияние доз азотных подкормок на аккумуляцию макро- и микроэлементов в растениях озимой пшеницы, формирование урожая и экономическую эффективность производства

А. Н. Есаулко, В. Н. Ситников, А. Ю. Ожередова[✉],
С. А. Коростылев, О. А. Шевченко

Ставропольский государственный аграрный университет
355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12

Аннотация. Необходимость повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы делает оптимизацию азотных подкормок важным агротехническим приемом. Однако выбор дозы азота требует обоснования, поскольку различные уровни азотного питания по-разному влияют на аккумуляцию макро- и микроэлементов в растениях, формирование урожая и экономическую эффективность производства. Цель исследования – установить влияние доз азотных подкормок на аккумуляцию макро- и микроэлементов в вегетативной массе растений озимой пшеницы в разные этапы органогенеза и на формирование максимальной продуктивности.

Материалы и методы исследования. Однофакторный опыт (фактор А – азотная подкормка) закладывался в 2023–2025 годах на учебно-опытной станции Ставропольского ГАУ. Все исследования проводились по общепринятым методикам.

Результаты исследования. Применение азотных подкормок в дозах от 51 до 87 кг/га д.в. на агрофоне достоверно увеличивало содержание N в растениях озимой пшеницы по сравнению с контролем на 0,29–0,42 %. Содержание P, K, Cu и Zn под действием азотных подкормок существенно не изменялось. Максимальная урожайность получена на варианте с дозой N87, однако разница с вариантом N70 незначительна (+0,12 т/га). Наиболее высокая экономическая эффективность достигнута при внесении N70 на фоне N13P60: прибыль составила 37 020 руб./га, уровень рентабельности – 70,0 %. Дальнейшее увеличение дозы до N87 экономически нецелесообразно из-за снижения рентабельности до 68,5 % и незначительной прибавки урожая.

Заключение. Для зоны места ведения исследований на изучаемом агрофоне можно рекомендовать применение азотной подкормки в дозе N70, позволяющей получить зерно III класса.

Ключевые слова: озимая пшеница, растения, дозы, азотные подкормки, макроэлементы, микроэлементы, урожайность, экономическая эффективность производства

Поступила 27.04.2026, одобрена после рецензирования 20.05.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Есаулко А. Н., Ситников В. Н., Ожередова А. Ю., Коростылев С. А., Шевченко О. А. Влияние доз азотных подкормок на аккумуляцию макро- и микроэлементов в растениях озимой пшеницы, формирование урожая и экономическую эффективность производства // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 87–96. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-87-96

Influence of nitrogen fertilization rates on the accumulation of macro- and microelements in winter wheat plants, crop formation, and economic efficiency of production

A.N. Esaulko, V.N. Sitnikov, A.Yu. Ozheredova✉,
S.A. Korostylev, O.A. Shevchenko

Stavropol State Agrarian University
12, Zootechnicheskiy lane, Stavropol, 355017, Russia

Abstract. The need to increase the yield and grain quality of winter wheat makes the optimization of nitrogen fertilization an important agrotechnical practice. However, the selection of the nitrogen rate requires justification, as different levels of nitrogen nutrition varying affect the accumulation of macro- and microelements in plants, crop formation, and the economic efficiency of production. The aim of the research is to determine the effect of nitrogen top-dressing rates on the accumulation of macro- and microelements in the vegetative mass of winter wheat plants at different stages of organogenesis and on the formation of maximum productivity.

Materials and methods. A single-factor experiment (Factor A – nitrogen top-dressing) was carried out in 2023–2025 at the Educational and Experimental Station of Stavropol State Agrarian University. All investigations were performed according to generally accepted methods.

Research results. The application of nitrogen top-dressing at rates ranging from 51 to 87 kg a.i./ha significantly increased the N content in winter wheat plants by 0.29–0.42% compared to the control. The contents of P, K, Cu, and Zn did not change significantly under the influence of nitrogen top-dressings. The maximum yield was obtained in the variant with a dose of N87; however, the difference from the N70 variant was insignificant (+0.12 t/ha). The highest economic efficiency was achieved with the application of N70 against the background of N13P60: the profit amounted to 37,020 rubles/ha, and the profitability level reached 70.0%. A further increase in the nitrogen rate to N87 is economically impractical due to a decrease in profitability to 68.5% and an insignificant yield increase.

Conclusion. For the study area and under the investigated fertilization background, it is recommended to apply nitrogen top-dressing at a rate of N70, which allows for obtaining Grade III grain.

Keywords: winter wheat, plants, doses, nitrogen fertilizers, macronutrients, micronutrients, yield, economic efficiency of production

Submitted 27.04.2026,

approved after reviewing 20.05.2026,

accepted for publication 07.08.2026

For citation. Esaulko A.N., Sitnikov V.N., Ozheredova A.Yu., Korostylev S.A., Shevchenko O.A. Influence of nitrogen fertilization rates on the accumulation of macro- and microelements in winter wheat plants, crop formation, and economic efficiency of production. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 87–96. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-87-96



ВВЕДЕНИЕ

Традиционно озимая пшеница занимает доминирующее положение в структуре зернового клина Ставропольского края. В 2025 году культура возделывалась в регионе на площади 2,1 млн га, при этом валовой сбор зерна достиг 8,2 млн т, а средняя урожайность составила 4,42 т/га¹.

Увеличение производства озимой пшеницы, повышение качества зерна и обеспечение стабильности валовых сборов являются значимыми факторами экономической независимости государства. В условиях санкционного давления особую актуальность приобретает совершенствование агротехнологий, что определяет вектор современных научных исследований. В рамках данного направления учеными изучаются различные аспекты технологических приемов возделывания озимой пшеницы, а также разрабатываются и адаптируются агротехнические решения применительно к разнообразным почвенно-климатическим условиям [1, 2, 4, 7].

Формирование высокого уровня урожайности озимой пшеницы невозможно без научно обоснованной системы удобрения, включающей как NPK, так и микроэлементы. В наших исследованиях мы решили сконцентрировать внимание на азоте, так как среди всех макроэлементов он играет ключевую роль, поскольку входит в состав белков, хлорофилла, нуклеиновых кислот и ферментов, определяя интенсивность фотосинтеза, рост вегетативной массы и, в конечном итоге, продуктивность колоса [3, 6]. Культура испытывает в нем критически важную потребность в период ранневесеннего возобновления вегетации, в связи с чем подкормку в этот период проводят, чтобы усилить побегообразование растений, так как в фазу кущения закладывается определенное число члеников колоса [5, 9, 10].

На наш взгляд, агрономическая оценка азотных подкормок не должна ограничиваться только прибавкой урожая и получением определенной прибыли при ее производстве. Не менее важно установить, как меняется обеспеченность растений макро- и микроэлементами по фазам вегетации, чтобы была возможность скорректировать питание. Ведь именно комплексная оценка позволяет объективно судить о рациональности системы питания и ее производственной целесообразности [8].

Исходя из чего **цель исследований** заключалась в установлении влияния доз азотных подкормок на аккумуляцию макро- и микроэлементов в вегетативной массе растений озимой пшеницы в разные этапы органогенеза, на максимальную реализацию потенциала продуктивности и наивысшую экономическую эффективность производства в условиях неустойчивого увлажнения на черноземе выщелоченном.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыт закладывался на учебно-опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета в 2023–2026 годах, материалы в статье представлены за 2023–2025 годы, в 2026 году проводится сбор экспериментальных данных.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный мощный малогумусный тяжелосуглинистый – имела следующую агрохимическую характеристику в слое 0...20 см: pH (определена потенциометрическим методом в водной суспензии) – 6,4–6,9 ед. (нейтральная); содержание органического вещества (диагностировано по методу Тюрина) – 4,3–5,2% (среднее); N-NO₃ (установлен ионометрическим методом) – 16–30 мг/кг почвы (среднее, высокое); подвижных форм фосфора и калия (выявленных по методу Мачигина) – 24–34 мг/кг (среднее, повышенное) и 228–254 мг/кг (среднее).

Объект исследований – озимая пшеница сорта Алексеич. Предмет исследований – азотные подкормки. Контроль – вариант, на котором минеральные удобрения не применялись (есте-

¹<https://atvmedia.ru/news/social/70297> (дата обращения: 23.04.2026 г.)

<https://www.zol.ru/n/404d6> (дата обращения: 23.04.2026 г.)

ственный агрохимический фон). Фон $N_{13}P_{60}$ с внесением аммофоса 108 кг/га при посеве озимой пшеницы. Все дозы азотных удобрений применялись в фазу весеннего кущения на вариантах: N_{35} – 100 кг/га аммиачной селитры, N_{51} – 150 кг/га, N_{70} – 200 кг/га, N_{87} – 250 кг/га.

Опыт однофакторный (фактор А – азотная подкормка) заложен в производственных условиях, повторность опыта 3-кратная, ширина деланки – 28 м, длина деланки – 72 м, общая площадь деланки – 2016 м². Предшественник – озимая пшеница.

Определение содержания макро- и микроэлементов в растениях осуществляли: N – титриметрическим методом по Кьельдалю (ГОСТ 13496.4-2019); P – фотометрическим методом (ГОСТ 26657-97); K – пламенно-фотометрическим методом (ГОСТ 30504-97); Zn и Cu – атомно-абсорбционным методом (ГОСТ 30692-2000). Урожайность устанавливалась по методике Госсортоиспытания 2019 года, расчет экономической эффективности изучаемых приемов – по технологическим картам с использованием действующих нормативных затрат и цен.

Для озимой пшеницы лучшим по погодным условиям оказался 2024–2025 сельскохозяйственный год, в котором сумма осадков составила 496,8 мм (больше, чем в 2023–2024 гг., на 36,3 мм), а средняя температура –11,0°C (ниже, чем в 2023–2024 гг., на 1,5°C). При этом оба года исследований по сравнению со среднемноголетними показателями характеризовались снижением количества выпавших осадков (2023–2024 гг. – на 90,5 мм, 2024–2025 гг. – на 54,2 мм) и увеличением среднемноголетних температур (2023–2024 гг. – на 3,3°C, 2024–2025 гг. – на 1,8°C).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применение фона и различных доз азотных подкормок повышало в растениях озимой пшеницы количество азота, достоверное увеличение по сравнению с естественным агрохимическим фоном обеспечивали варианты Фон + N_{51} , Фон + N_{70} , Фон + N_{87} с разницей в + 0,29, 0,34, 0,42 %.

Таблица 1. Динамика содержания азота в растениях озимой пшеницы в зависимости от применяемых доз азотных подкормок (%), среднее за 2023–2025 гг.

Table 1. Dynamics of nitrogen content in winter wheat plants depending on nitrogen fertilizer application rates (%), 2023–2025 average.

№	Азотная подкормка, А	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,19
		Конец кущения	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
1	Контроль	4,22	3,57	2,63	2,16	3,15
2	Фон $N_{13}P_{60}$	4,28	3,59	2,71	2,23	3,20
3	Фон + N_{35}	4,41	3,70	2,79	2,32	3,31
4	Фон + N_{51}	4,53	3,83	2,86	2,54	3,44
5	Фон + N_{70}	4,63	3,86	2,91	2,56	3,49
6	Фон + N_{87}	4,69	3,92	2,99	2,69	3,57
В, НСР ₀₅ = 0,23		4,46	3,75	2,82	2,42	НСР ₀₅ = 0,33

В данном случае с увеличением доз подкормок возрастала концентрация азота в почвенном растворе, растение интенсивно поглощало этот элемент и накапливало в вегетативной массе. Начиная от фазы конец кущения к полной спелости количество азота существенно снижалось во все три межфазных периода на 0,71, 0,93, 0,40 % с достижением минимального значения к фазе полной спелости – «эффект разбавления» (табл. 1).

На всех изучаемых вариантах опыта как с применением только фона $N_{13}P_{60}$, так и при внесении азотных подкормок на агрофоне по сравнению с контролем отмечалось значительное увеличение фосфора в растениях озимой пшеницы на 0,06–0,09 % соответственно

варианту. Разница между фоном и фоном с подкормками была недостоверной, что говорило об отсутствии воздействия азотных удобрений на накопление элемента в вегетативной массе. От конца кущения озимой пшеницы к полной спелости наблюдалось существенное снижение концентрации в растениях от 1,09 до 1,57 %. Такая динамика перераспределения элемента в ходе онтогенеза отражала эффект биологического разбавления по мере роста биомассы (табл. 2).

Таблица 2. Динамика содержания фосфора в растениях озимой пшеницы в зависимости от применяемых доз азотных подкормок (%), среднее за 2023–2025 гг.

Table 2. Dynamics of phosphorus content in winter wheat plants depending on nitrogen fertilizer application rates (%), 2023–2025 average.

№	Азотная подкормка, А	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,04
		Конец кущения	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
1	Контроль	1,93	0,86	0,62	0,40	0,95
2	Фон N ₁₃ P ₆₀	2,01	0,92	0,67	0,44	1,01
3	Фон +N ₃₅	2,01	0,93	0,67	0,44	1,01
4	Фон + N ₅₁	2,00	0,92	0,68	0,44	1,01
5	Фон + N ₇₀	2,06	0,94	0,69	0,46	1,04
6	Фон + N ₈₇	2,02	0,92	0,68	0,45	1,02
В, НСР ₀₅ = 0,64		2,01	0,92	0,67	0,44	НСР ₀₅ = 0,09

С применением азотных подкормок достоверных изменений в количестве калия в растениях озимой пшеницы по сравнению с контролем не отмечалось: так, разница на варианте с использованием фона N₁₃P₆₀ составляла +0,01%, с внесением на фоне подкормок N₃₅, N₅₁, N₇₀, N₈₇ – +0,03, 0,02, 0,05, 0,03%. По фазам развития наблюдалась такая же динамика, как и по другим двум макроэлементам со значительным убыванием к фазе полной спелости на 0,66–2,82 % (табл. 3).

Таблица 3. Динамика содержания калия в растениях озимой пшеницы в зависимости от применяемых доз азотных подкормок (%), среднее за 2023–2025 гг.

Table 3. Dynamics of potassium content in winter wheat plants depending on nitrogen fertilizer application rates (%), 2023–2025 average.

№	Азотная подкормка, А	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,16
		Конец кущения	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
1	Контроль	4,36	3,69	2,39	1,54	3,00
2	Фон N ₁₃ P ₆₀	4,38	3,70	2,41	1,56	3,01
3	Фон +N ₃₅	4,40	3,72	2,42	1,57	3,03
4	Фон + N ₅₁	4,38	3,72	2,41	1,56	3,02
5	Фон + N ₇₀	4,41	3,74	2,47	1,56	3,05
6	Фон + N ₈₇	4,40	3,72	2,45	1,54	3,03
В, НСР ₀₅ = 0,22		4,38	3,72	2,43	1,56	НСР ₀₅ = 0,30

Существенных изменений по количеству меди в растениях в связи с применением азотных подкормок отмечено не было, оно возрастало по сравнению с контролем на 0,06–0,07 %. Содержание меди в вегетативной массе озимой пшеницы неуклонно снижалось от фазы конца кущения к фазе полной спелости на 0,38–2,04 % (табл. 4).

Таблица 4. Динамика содержания меди в растениях озимой пшеницы в зависимости от применяемых доз азотных подкормок (%), среднее за 2023–2025 гг.

Table 4. Dynamics of copper content in winter wheat plants depending on nitrogen fertilizer application rates (%), 2023–2025 average.

№	Азотная подкормка, А	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,12
		Конец кущения	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
1	Контроль	2,66	2,27	1,80	0,62	1,84
2	Фон N ₁₃ P ₆₀	2,73	2,34	1,84	0,66	1,89
3	Фон +N ₃₅	2,77	2,36	1,85	0,67	1,91
4	Фон + N ₅₁	2,75	2,38	1,85	0,67	1,91
5	Фон + N ₇₀	2,75	2,40	1,82	0,66	1,91
6	Фон + N ₈₇	2,72	2,37	1,79	0,73	1,90
В, НСР ₀₅ = 0,14		2,73	2,35	1,83	0,69	НСР ₀₅ = 0,19

На удобренных вариантах количество цинка в растениях увеличивалось по сравнению с контролем на 0,12...0,33 %, но определенной достоверной зависимости не отмечалось. От конца кущения к полной спелости озимой пшеницы происходило снижение показателя, достоверным оно было в периоды выход в трубку – колошение (–1,36 %), колошение – полная спелость (–6,7 %) (табл. 5).

Таблица 5. Динамика содержания цинка в растениях озимой пшеницы в зависимости от применяемых доз азотных подкормок (%), среднее за 2023–2025 гг.

Table 5. Dynamics of zinc content in winter wheat plants depending on nitrogen fertilizer application rates (%), 2023–2025 average.

№	Азотная подкормка, А	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,88
		Конец кущения	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
1	Контроль	19,02	18,03	16,46	9,86	15,84
2	Фон N ₁₃ P ₆₀	19,11	18,12	16,54	10,05	15,96
3	Фон +N ₃₅	19,13	18,33	16,86	10,36	16,17
4	Фон + N ₅₁	19,07	18,21	17,08	10,14	16,13
5	Фон + N ₇₀	19,07	18,26	17,08	10,22	16,16
6	Фон + N ₈₇	18,96	18,18	16,94	10,17	16,06
В, НСР ₀₅ = 0,88		19,06	18,19	16,83	10,13	НСР ₀₅ = 1,64

На контроле урожайность озимой пшеницы составила 3,91 т/га, применение только фона обеспечивало несущественное повышение продуктивности – на 0,23 т/га, а вот использование всех доз азотных подкормок достоверно увеличивало урожайность культуры от 0,70 до 1,83 т/га. При сравнении возрастающих доз азотных подкормок между собой можно говорить о том, что достоверная разница между вариантами отмечается только с повышением подкормки от 35 до 51 кг/га д.в. азота (на 0,57 т/га) (табл. 6).

Опираясь на полученные данные двухгодичных исследований, была просчитана экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы в зависимости от применяемых подкормок. Цена продукции зависела от классности зерна на контроле: с применением только одного фона N₁₃P₆₀ оно было V класса, с внесением на агрофоне подкормки N₃₅ – IV класса, на остальных вариантах опыта – III класса. Все варианты опыта относи-

тельно контрольного повышали денежную выручку от 3 220 до 37 100 рублей с га соответственно, а вот прибыль и уровень рентабельности повышались только на вариантах с различными дозами азотной подкормки от 4 810 до 22 000 рублей с га и от 2,1 до 31,0 %. Было обращено внимание, что повышение азотной подкормки с 70 кг/га д.в. до 87 кг/га д.в. экономически не целесообразно (табл. 7).

Таблица 6. Влияние азотных подкормок на урожайность озимой пшеницы, среднее за 2024–2025 гг.

Table 6. Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield, 2024–2025 average.

№	Азотная подкормка, А	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га
1.	Контроль	3,91	–
2.	Фон N ₁₃ P ₆₀	4,14	0,23
3.	Фон + N ₃₅	4,61	0,70
4.	Фон + N ₅₁	5,18	1,27
5.	Фон + N ₇₀	5,62	1,71
6.	Фон + N ₈₇	5,74	1,83
НСР ₀₅		0,48	–

Таблица 7. Экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы в зависимости от применяемых азотных подкормок

Table 7. Economic efficiency of winter wheat grain production depending on nitrogen fertilizer application rates

Показатели	Варианты опыта					
	Контроль	Фон N ₁₃ P ₆₀	Фон + N ₃₅	Фон + N ₅₁	Фон + N ₇₀	Фон + N ₈₇
Урожайность, т/га	3,91	4,14	4,61	5,18	5,62	5,74
Цена продукции, руб./т	14	14	15	16	16	16
Денежная выручка с 1 га, руб.	54,74	57,96	69,15	82,88	89,92	91,84
Затраты труда на 1 га, чел.-ч.	12,8	13,0	13,2	13,4	13,7	14,0
Затраты труда на 1 т, чел.-ч.	3,27	3,14	2,86	2,59	2,44	2,44
Производственные затраты на 1 га, руб.	39,4	46,4	49,0	50,8	52,9	54,5
Себестоимость 1 т, руб.	10,07	11,21	10,63	9,81	9,41	9,49
Прибыль на 1 га, руб.	15,34	11,56	20,15	32,08	37,02	37,34
Уровень рентабельности, %	39,0	24,9	41,1	63,1	70,0	68,5

Выводы

В ходе проведенных исследований установлено, что применение азотных подкормок N₅₁, N₇₀, N₈₇ на фоне N₁₃P₆₀ достоверно повышало концентрацию азота в вегетативной массе озимой пшеницы по сравнению с контролем (+ 0,29, 0,34, 0,42 %). Максимальное содержание азота (4,69 % в фазу конца кущения) зафиксировано на варианте Фон + N₈₇, что на 0,42 % выше контроля. В онтогенезе от конца кущения к полной спелости отмечено закономерное снижение азота на 1,53–2,00 % («эффект разбавления»), что характерно для интенсивно растущих культур.

Внесение азотных подкормок не оказывало достоверного влияния на накопление фосфора, калия, меди и цинка в растениях по сравнению с вариантом Фон N₁₃P₆₀. Все изучаемые показатели имели тенденцию к снижению от фазы конца кущения к фазе полной спелости (Р – на 1,57 %, К – на 2,28 %, Cu – на 2,04 %, Zn – на 9,20 %), что отражает перераспределение питательных веществ в процессе формирования урожая.

Азотные подкормки достоверно увеличивали урожайность озимой пшеницы. Наибольшая продуктивность (5,74 т/га) получена на варианте Фон + N₈₇, что выше контроля на

1,83 т/га (46,8 %). Достоверная разница между возрастающими дозами отмечена при повышении подкормки с N₃₅ до N₅₁ (прибавка 0,57 т/га). Дальнейшее увеличение дозы с N₇₀ до N₈₇ обеспечило несущественную прибавку (0,12 т/га), что свидетельствует о снижении агрономической эффективности высоких доз азота.

Анализ экономической эффективности изучаемых приемов позволил остановиться на самом рентабельном варианте – Фон + N₇₀, где прибыль составила 37 020 руб./га, уровень рентабельности – 70,0 %. Повышение подкормки до N₈₇ не приводило к значимому росту прибыли, так как увеличивало производственные затраты, что снижало рентабельность по сравнению с вариантом N₇₀ на 1,5 %.

В связи с чем можно сформулировать следующие практические рекомендации. Для производства зерна озимой пшеницы III класса с высокими экономическими показателями в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края на черноземе выщелоченном целесообразно применение азотной подкормки в дозе N₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры) на фоне припосевного внесения N₁₃P₆₀. Дальнейшее увеличение дозы до N₈₇ экономически нецелесообразно из-за снижения рентабельности и незначительной прибавки урожая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Есаулко А. Н., Лошаков А. В., Одинцов С. В. и др. Дистанционный мониторинг состояния озимой пшеницы и кукурузы на зерно в учебно-опытном хозяйстве Ставропольского ГАУ Шпаковского муниципального округа Ставропольского края // *International Agricultural Journal*. 2025. Т. 68. № 6. С. 161–172. DOI: 10.55186/25880209_2025_9_6_11
2. Шутко А. П., Глазунова Н. Н., Яновский А. А. и др. Использование беспилотных авиационных технологий для дистанционного зондирования агроценоза озимой пшеницы // *Вестник АПК Верхневолжья*. 2025. № 4(72). С. 123–128. DOI: 10.35694/YARCX.2025.72.4.019
3. Мельникова О. В., Репникова В. И. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания растений в условиях Юго-Запада Центрального региона России // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. № 1. С. 13–19.
4. Есаулко А. Н., Ожередова А. Ю., Письменная Е. В., Котова А. С. Мониторинг влияния систем питания озимой пшеницы и кукурузы на урожайность и качество зерна // *Плодородие*. 2025. № 6(147). С. 23–28. DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.04
5. Ситников В. Н., Есаулко А. Н., Устименко Е. А. и др. Мониторинг развития растений озимой пшеницы на черноземе выщелоченном с использованием неинвазивных и традиционных методов определения содержания азота почва - растения // *International Agricultural Journal*. 2024. Т. 67. № 6. DOI: 10.55186/25880209_2024_8_6_32
6. Путинцев С. А., Антонова О. И. Влияние азотных подкормок на урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Скипетр // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2024. № 4(234). С. 5–10. DOI: 10.53083/1996-4277-2024-234-4-5-10
7. Рябцева Н. А. Озимая пшеница в агроценозах Ростовской области // *Известия Дагестанского ГАУ*. 2022. № 4(16). С. 110–117. DOI: 10.52671/26867591_2022_4_110
8. Степанцова Л. В., Титов В. Д. Влияние карбонатности черноземов на доступность макроэлементов растением озимой пшеницы в условиях модельного опыта // *Наука и Образование*. 2023. Т. 6. № 2.
9. Федорова А. В., Бахвалова С. А., Демьянова-Рой Г. Б. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // *Плодородие*. 2022. № 5(128). С. 30–32. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.08
10. Хакимов Р. А. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при различных сроках и способах подкормки растений // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023. № 3(63). С. 41–50. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-3-41-50

REFERENCES

1. Esaulko A.N., Loshakov A.V., Odintsov S.V. et al. Remote monitoring of the condition of winter wheat and grain corn in the educational and experimental farm of the Stavropol State Agricultural University of the Shpakovsky Municipal District of Stavropol Krai. *International Agricultural Journal*. 2025. Vol. 68. No. 6. Pp. 161–172. DOI: 10.55186/25880209_2025_9_6_11. (In Russian)
2. Shutko A.P., Glazunova N.N., Yanovsky A.A. et al. Use of unmanned aerial technologies for remote sensing of the agrocenosis of winter wheat. *Bulletin of the APK of the Upper Volga Region*. 2025. No. 4(72). Pp. 123–128. DOI: 10.35694/YARCX.2025.72.4.019. (In Russian)
3. Melnikova O.V., Repnikova V.I. Yield and grain quality of winter wheat depending on the level of nitrogen nutrition of plants in the conditions of the South-West of the Central region of Russia. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2022. No. 1. Pp. 13–19. (In Russian)
4. Esaulko A.N., Ozheredova A.Yu., Pismennaya E.V., Kotova A.S. Monitoring the influence of winter wheat and corn nutrition systems on the yield and quality of grain. *Fertility*. 2025. No. 6(147). Pp. 23–28. DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.04. (In Russian)
5. Sitnikov V.N., Esaulko A.N., Ustimenko E.A. et al. Monitoring the development of winter wheat plants on leached chernozem using non-invasive and traditional methods for determining the soil-plant nitrogen content. *International Agricultural Journal*. 2024. Vol. 67. No. 6. DOI: 10.55186/25880209_2024_8_6_32. (In Russian)
6. Putintsev S.A., Antonova O.I. Influence of nitrogen fertilization on the yield and grain quality of winter wheat of the Skipetr variety. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2024. No. 4(234). Pp. 5–10. DOI: 10.53083/1996-4277-2024-234-4-5-10. (In Russian)
7. Ryabtseva N.A. Winter wheat in agrocenoses of the Rostov region. *Bulletin of the Dagestan State Agrarian University*. 2022. No. 4(16). Pp. 110–117. DOI: 10.52671/26867591_2022_4_110. (In Russian)
8. Stepanтова L.V., Titov V.D. Influence of carbonate content of chernozems on the availability of macronutrients by winter wheat plants under the conditions of a model experiment. *Science and Education*. 2023. Vol. 6. No. 2. (In Russian)
9. Fedorova A.V., Bakhvalova S.A., Demyanova-Roy G.B. The influence of nitrogen fertilizers on the yield and grain quality of winter wheat. *Fertility*. 2022. No. 5(128). Pp. 30–32. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.08. (In Russian)
10. Khakimov R.A. Yield and grain quality of winter wheat at different times and methods of plant fertilizing. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2023. No. 3(63). Pp. 41–50. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-3-41-50. (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 выполняется за счет средств соглашения о предоставлении субсидии федеральному бюджетному или автономному учреждению на финансовое обеспечение выполнения государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 082-03-2026-125 от 30.01.2026 г.

Funding. The study is carried out within the framework of the Agreement on granting a subsidy to a federal budgetary or autonomous institution for the financial support of fulfilling the state assignment for the provision of state services (execution of works) No. 082-03-2026-125 dated January 30, 2026.

Информация об авторах

Есаулко Александр Николаевич, д-р с.-х. наук, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, профессор РАН, директор Института агробиологии и природных ресурсов, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

aesaulko@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0441-9055>, SPIN-код: 5497-6339

Ситников Владимир Николаевич, канд. с.-х. наук, доцент, ректор, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

rector@stgau.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7557-555X>, SPIN-код: 6029-8733

Ожередова Алена Юрьевна, канд. с.-х. наук, доцент, заведующая кафедрой агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

alena.gurueva@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6038-6409>, SPIN-код: 3968-8440

Коростылев Сергей Александрович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

korostylev16@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2553-4661>, SPIN-код: 7724-0126

Шевченко Ольга Андреевна, магистр Института агробиологии и природных ресурсов, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

olga0404a@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2892-1915>

Information about the authors

Aleksandr N. Esaulko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of Agrobiology and Natural Resources, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskii lane, Stavropol, 355017, Russia;

aesaulko@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0441-9055>, SPIN-code: 5497-6339

Vladimir N. Sitnikov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Rector of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskii lane, Stavropol, 355017, Russia;

rector@stgau.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7557-555X>, SPIN-code: 6029-8733

Alena Yu. Ozheredova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskii lane, Stavropol, 355017, Russia;

alena.gurueva@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6038-6409>, SPIN-code: 3968-8440

Sergey A. Korostylev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskii lane, Stavropol, 355017, Russia;

korostylev16@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2553-4661>, SPIN-code: 7724-0126

Olga A. Shevchenko, Master Student, Institute of Agrobiology and Natural Resources, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskii lane, Stavropol, 355017, Russia;

olga0404a@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2892-1915>

Зависимость вредоносности столбура от обеспеченности элементами питания растений томатов

М. А. Кимов¹, Л. М. Хромова^{✉1}, М. И. Анчёков¹, Д. А. Кимова²

¹Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

²Институт сельского хозяйства –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Ногмова, 73

Аннотация. Агроэкологическая оценка почвенно-климатических условий в системе земледелия республики важна для получения стабильного урожая плодов томата.

Цель исследования – определение зависимости вредоносности столбура томатов от обеспеченности элементами питания.

Материалы и методы. В результате многолетних исследований выявлено, что метод функциональной диагностики в сочетании с другими методами – визуальным, микроскопированием, биологическим – повышает результативность борьбы с возбудителем столбура томатов. Своевременное проведение некорневых подкормок повышает устойчивость к возбудителю столбура, одновременно улучшает режим питания как результат активизации биохимических процессов растений томатов. На посевах и/или посадках томата экспресс-методом проводится функциональная диагностика обеспеченности элементами питания листьев, а 2-3-кратная листовая подкормка с интервалом 7–10 дней своевременно корректирует режим питания, тем самым повышается иммунитет растений к столбуру. Вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.) – злостный сорняк посевов и/или посадок томата и является резерватом цикадок – переносчиков инфекции столбура.

Результаты. Детальное изучение рисунков 1–3 по принципу недостатка/обеспеченности здорового или больного растения томата и вьюнка полевого элементами питания выявило, что тем самым повышается степень устойчивости растений томатов к столбуру. По результатам проведенных исследований можно отметить, что поглощающая активность молодых листьев томата макро- и микроэлементов, таких как фосфор, цинк и йод, высокая. Это указывает на необходимость проведения опрыскивания с фазы образования первых бутонов до массового сбора плодов с интервалом 10–15 дней 3–4 раза отдельно быстрорастворимыми комплексными удобрениями с высоким содержанием фосфора и цинка. Опрыскивание Фармойодом в концентрации 0,05 % раствора следует проводить в предвечернее время с расходом рабочей жидкости от 400 до 600 л/га в зависимости от фенофазы томата и частоты встречаемости больных столбуром растений томата.

Заключение. Выявлена зависимость обеспеченности элементами питания листьев от почвенно-климатических условий возделывания томата. В период активной вегетации растений томата кратное отрицательное отклонение элементов питания от нормы способствовало повышению частоты встречаемости столбура томатов в среднем от 8,4 до 60,5 %.

Ключевые слова: томат, элементы питания, столбур томатов, вьюнок полевой, функциональная диагностика, обеспеченность элементами питания, листовая подкормка, быстрорастворимые комплексные удобрения

Поступила 26.05.2026, одобрена после рецензирования 11.06.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Кимов М. А., Хромова Л. М., Анчёков М. И., Кимова Д. А. Зависимость вредоносности столбура от обеспеченности элементами питания растений томатов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 97–105. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-97-105

Original article

Dependence of stolbur harmfulness on the nutrient supply of tomato plants

M.A. Kimov¹, L.M. Khromova^{✉1}, M.I. Anchekov¹, D.A. Kimova²

¹Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia

²Institute of Agriculture –
branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
73, Nogmova street, Nalchik, 360004, Russia

Abstract. Agroecological assessment of soil and climatic conditions within the regional farming system is essential for obtaining stable tomato fruit yields.

Aim. The objective of this study is to evaluate how tomato stolbur disease severity depends on the plant mineral nutrition status.

Materials and methods. As a result of multi-year research, it was found that the functional diagnostic method, in combination with visual, microscopy, and biological techniques, enhances the efficacy of managing the tomato stolbur disease pathogen. The timely application of foliar feeding enhances resistance to the stolbur pathogen and simultaneously improves plant nutrient status, resulting from the activation of biochemical processes in tomatoes. An express method is used to perform functional diagnostics of leaf nutrient supply in tomato crops, while a 2–3-fold foliar fertilization at 7–10 day intervals provide timely adjustments to the nutrient regime, thereby enhancing plant immunity to stolbur. Field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) is a noxious weed affecting tomato plantings and acts as a reservoir host for leafhoppers that vector the stolbur disease.

Results. A detailed study of Figures 1–3 based on the nutrient deficiencies/supplies of healthy or diseased tomato plants and field bindweed increased tomato plant resistance to stolbur. The research results indicate that young tomato leaves exhibit a high uptake activity for macro- and microelements, particularly phosphorus, zinc, and iodine. This suggests the necessity of conducting foliar spraying 3–4 times between the first budding phase and mass fruit harvest at intervals of 10–15 days, using separate applications of water-soluble complex fertilizers rich in phosphorus and zinc. Spraying with a 0.05% Pharmaiod solution should be performed in the late afternoon with a working liquid consumption of 400 to 600 L/ha, depending on the tomato phenophase and the incidence of stolbur-infected tomato plants.

Conclusion. A dependence of leaf nutrient supply on the soil and climatic conditions of tomato cultivation was revealed. During the active growth period of tomato plants, a fold negative deviation in nutrients from optimum levels contributed to a rise in stolbur disease incidence, ranging on average from 8.4% to 60.5%.

Keywords: tomato, nutrients, tomato stolbur, field bindweed, functional diagnostics, nutrient supply, foliar feeding, fast-dissolving complex fertilizers

Submitted 26.05.2026, approved after reviewing 11.06.2026, accepted for publication 07.08.2026

For citation. Kimov M.A., Khromova L.M., Anchekov M.I., Kimova D.A. Dependence of stolbur harmfulness on the nutrient supply of tomato plants. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 97–105. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-97-105

© Kimov M.A., Khromova L.M., Anchekov M.I., Kimova D.A., 2026



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

ВВЕДЕНИЕ

Оценка фотохимической активности хлоропластов растений томатов является важным методом функциональной диагностики, проводят ее с помощью мини-лаборатории «Аквадонис».

Целью исследований является изучение особенности обеспеченности элементами питания листьев томата в открытом грунте с последующей корректировкой режима питания больных столбуром растений в период активного плодообразования.

Главной задачей этого метода является определение содержания элементов питания в растении с последующим выявлением потребности в них на каждом этапе органогенеза.

Актуальность работы заключается в определении обеспеченности растений томата элементами питания от существующей нормы, что позволит снизить вредоносность столбура томата. В дальнейшем это позволит найти причину массового проявления данного заболевания по обеспеченности листьев необходимыми элементами питания. Столбур вызывает эпифитотию до 80 % при благоприятных для развития данной болезни погоде и режиме питания.

Аналогичные исследования разных авторов по данной проблематике в российских и зарубежных изданиях нами не обнаружены.

Условия, материалы и методы исследований

Предгорная природно-климатическая зона простирается вдоль федеральной автодороги «Кавказ». В эту зону включены восточная и центральная части республики, расположенные в поясе предгорной степи и лесостепи. Основу почвенного покрова образуют черноземы карбонатные, слабовыщелоченные (типичные) и серые лесостепные почвы. Содержание азота – 0,25–0,35 %, что составляет 5–6 % общего гумуса [1–3].

Весна наступает в начале 2-й декады марта. Осадков весной выпадает 100–110 мм, а летом 360 мм, сумма эффективных температур выше +10 °C накапливается 3183 °C, гидротермический коэффициент составляет менее 0,9. В предгорной зоне значительные площади отведены под овощные культуры и сады [4].

Опыты закладывались в 2021–2023 гг. на томатных плантациях в трех сельских поселениях предгорной зоны с разными группами почв. Расчет частоты встречаемости больных столбуром растений проводили по формуле: $P = (n \cdot 100)/N$ [5, 6].

Для проведения полевых опытов и лабораторных исследований были использованы макро- и микроудобрения: аммофос, мочевины, сульфат калия, сульфат цинка, борная кислота, сульфат меди и регулятор роста из гуминовых кислот.

Вьюнок полевой (*C. arvensis* L.) является резерватом нимф, а иногда и имаго некоторых видов цикадок семейства Cicadellidae – переносчиков фитоплазмы столбура [7, 8].

Авторы изобретения мини-лаборатории «Аквадонис» считают: если активность питания повысилась по сравнению с контролем, то растение испытывает дефицит этого элемента; если активность снизилась, то элемент находится в избытке; если активность не изменилась, то концентрация элемента оптимальна.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В последние годы определение и корректировка режима питания способствовали улучшению иммунитета растений, что позволило повысить устойчивость ко многим заболеваниям, в том числе и к столбуру томатов.

Сельское поселение Баксаненок характеризуется слабовыщелоченной (типичной) группой почв. На рисунке 1 основной элемент питания – азот, на посевах томата был в избытке и составил 600 % от нормы обеспеченности, но в процессе активного питания в первой половине вегетации снизился до – 97,6 % от нормы. Другой основной элемент питания – фосфор – имел отрицательное значение как у здоровых (–100 %), так и у больных растений томата (–150 %), что указывает на выраженный его дефицит. Поэтому проведение 2-3-кратной листовой подкормки с фенофазы завязывания первой кисти растений томата одним из

быстрорастворимых комплексных удобрений (Мастер, Еврохим, Акварин, Кристалон и др.) марки 13:40:13 или Платафол (Плантофид) марки 10:54:10 возместит потребность растений томата в фосфоре.

Наличие обменного калия в виде соединения KCl наглядно показано на рисунке 1: здоровые растения содержат 356 % от нормы, а у больных столбуром растений его содержание ниже нормы (–650 %). Такая же закономерность наблюдается по содержанию Ca в здоровых растениях (266,7 %), а у больных столбуром –150 % от нормы. В связи с чем листовая подкормка в виде Кальбит С стала необходимостью.

Микроэлементы Cu, Mn, Fe содержатся у здоровых растений томата выше нормы. У здоровых растений элементы питания B и Zn в дефиците (–400 % и –300 % соответственно), а у больных растений содержание B составляет –66,7 %, но Zn +100 % нормы, что указывает на активность его поглощения.

Из-за незначительного содержания Mg у здоровых (–400 %) и больных (–35 %) столбуром растений томаты имеют розово-красный оттенок, что характеризует их восприимчивость к данному заболеванию, на них заметны признаки магниевое голодания, поэтому проводили двукратную листовую подкормку Брексилон или Хелатом Mg. Содержание Mo, Co, I соответствует норме, в связи с чем некорневая подкормка указанными элементами питания не проводилась.

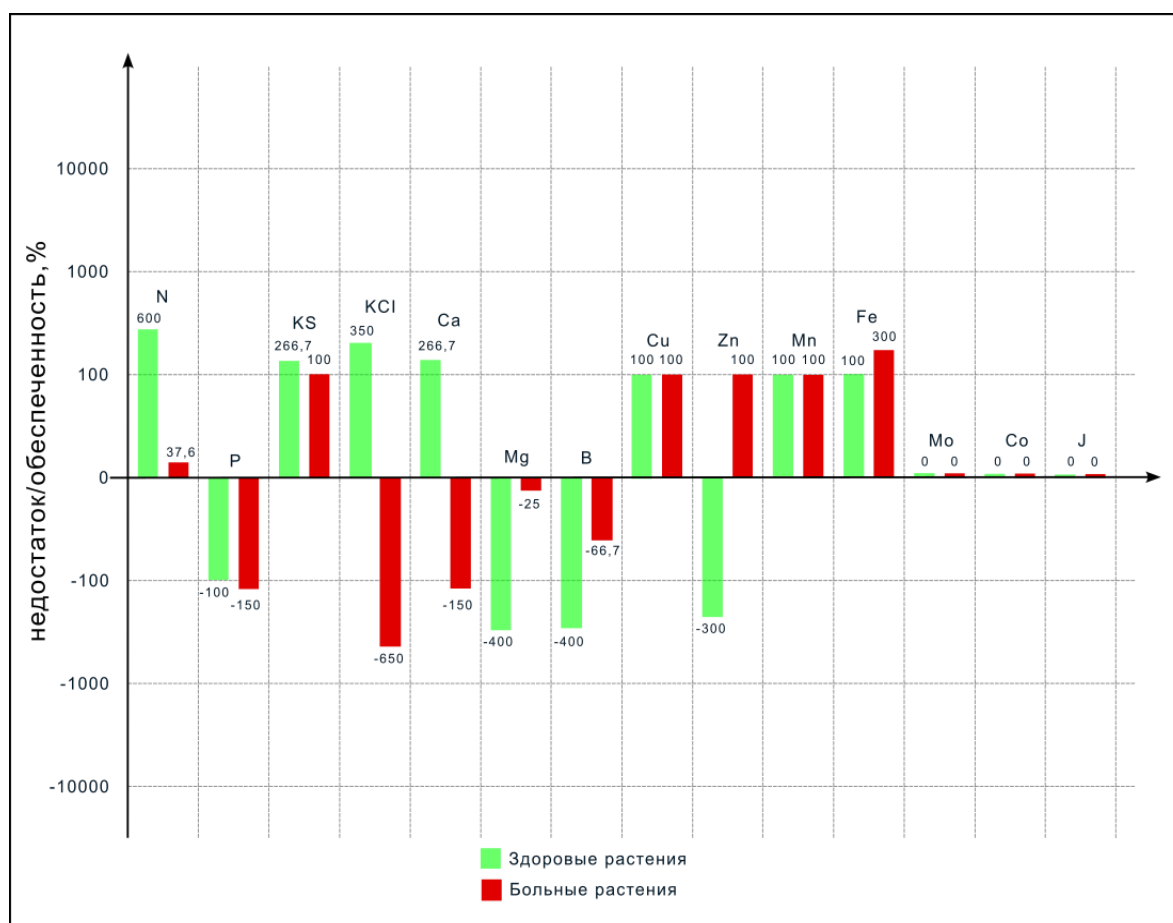


Рис. 1. Сравнительная оценка недостатка/обеспеченности элементами питания листьев томата (КБР, с.п. Баксаненок, сорт Рио-Гранде, 2021–2023 гг.)

Fig. 1. Comparative assessment of nutrient deficiency/sufficiency in tomato leaves (Baksanenok village, KBR, Rio Grande variety, 2021–2023)

На основании вышеизложенного следует провести листовую подкормку быстрорастворимым комплексным удобрением, содержащим большие дозы N, P, KCl и Mg. Недостаток Zn как микроэлемента питания следует возмещать Брексиллом Zn или Хелатом Zn. Активность поглощения В повышают с помощью листовой подкормки Бороплюсом или борной кислотой. Такие опрыскивания растений томата проводят 2–3 раза в начале проявления столбура из-за плохой обеспеченности необходимыми элементами питания согласно результатам экспресс-анализа.

Вторым сельским поселением, где проводили функциональную диагностику по обеспеченности элементами питания здоровых и больных столбуром растений томата, является с.п. Герменчик Урванского района. Герменчик мы выбрали из-за того, что там близкое залегание грунтовых вод, чтобы выявить негативное влияние солевых растворов на процесс питания растений томатов и частоту встречаемости столбура.

При проведении функциональной диагностики листьев томата цифровые данные рисунка 2 указывают на выраженное отклонение от нормы обеспеченности основными элементами питания. Например, в здоровых растениях азот содержится выше нормы и равен 100 %, а в больных растениях –150 % от нормы. Обеспеченность фосфором в здоровых и больных листьях растений томата имела отрицательные значения: –160 % и –25 % от нормы соответственно. Обеспеченность микроэлементами Zn (–300 %) и Co (–100 %) на листьях больных растений томатов была ниже нормы и соответствовала указанным значениям.

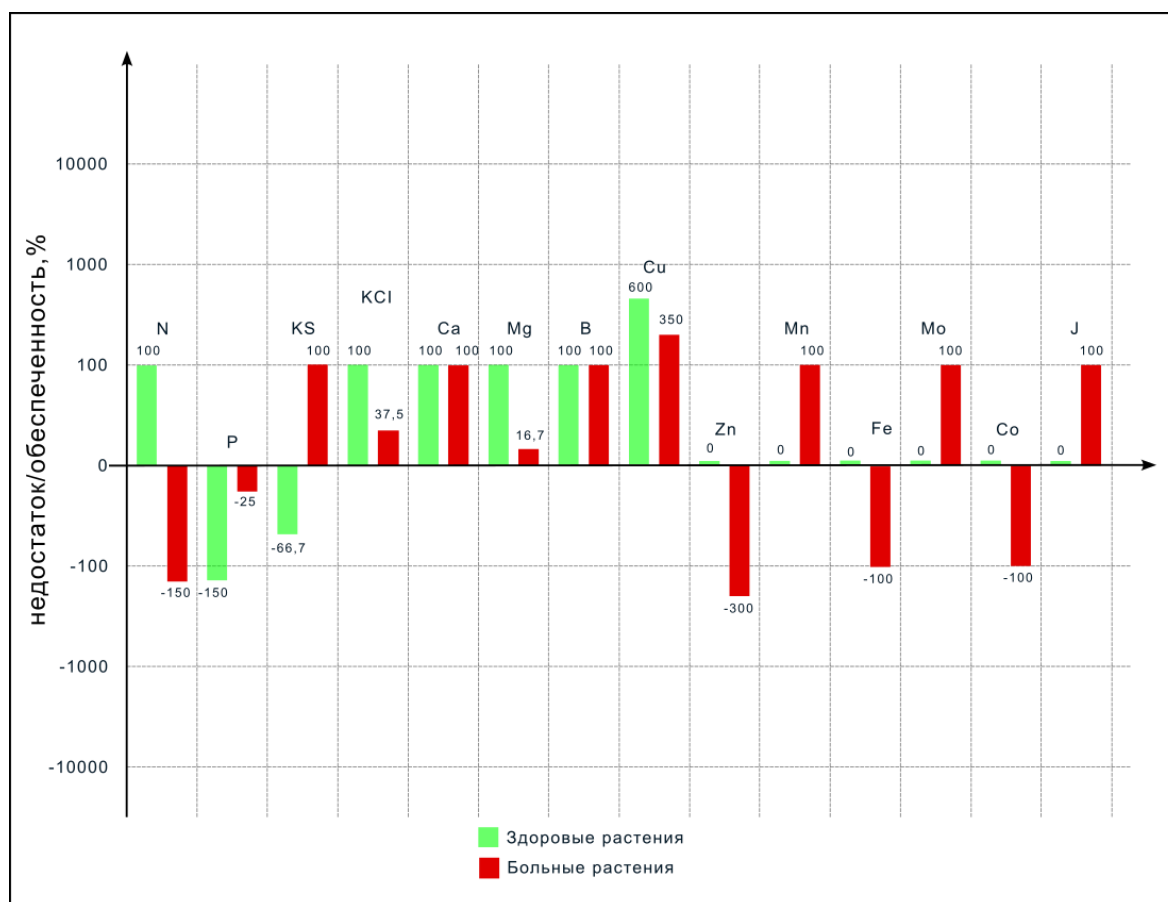


Рис. 2. Сравнительная оценка недостатка/обеспеченности элементами питания листьев томата (КБР, с.п. Герменчик, сорт Рио-Гранде, 2021–2023 гг.)

Fig. 2. Comparative assessment of nutrient deficiency/sufficiency in tomato leaves (Germenchik village, KBR, Rio Grande variety, 2021–2023)

Обобщая данные рисунка 2, можно отметить, что на посевах и/или посадках томатов с такими показателями обеспеченности элементами питания следует проводить двукратное опрыскивание азотно-фосфорными удобрениями. Листовые подкормки необходимо проводить Брексиллом или Хелатом Zn 2–3 раза с интервалом 7–10 дней, что снизит вредоносность столбура.

Известно, что цинк необходим в процессах роста, синтеза хлорофилла, образования плодов и для повышения урожайности. Избыточное использование азотных, фосфорных и органических удобрений вызывает цинковое голодание. В почве содержание Zn ниже потребности растений томата, и при этом он медленно поглощается. На основании этого для повышения урожайности сортов и гибридов томата с длинным периодом сбора и высоким потенциалом урожайности следует проводить многократную подкормку с началом появления бутонов.

Согласно проведенным исследованиям по внешним признакам пораженности выюнок полевой считается индикатором данного заболевания. Поэтому определение режима питания здоровых и больных столбуром растений выюнка полевой является сигнальным признаком массового распространения данного заболевания в сухую и жаркую погоду. На рисунке 3 наглядно показаны результаты анализа здоровых и больных растений выюнка полевой в с.п. Псыкод Урванского района Кабардино-Балкарской Республики. Сравнительную оценку обеспеченности элементами питания выюнка полевой проводили во второй декаде июня.

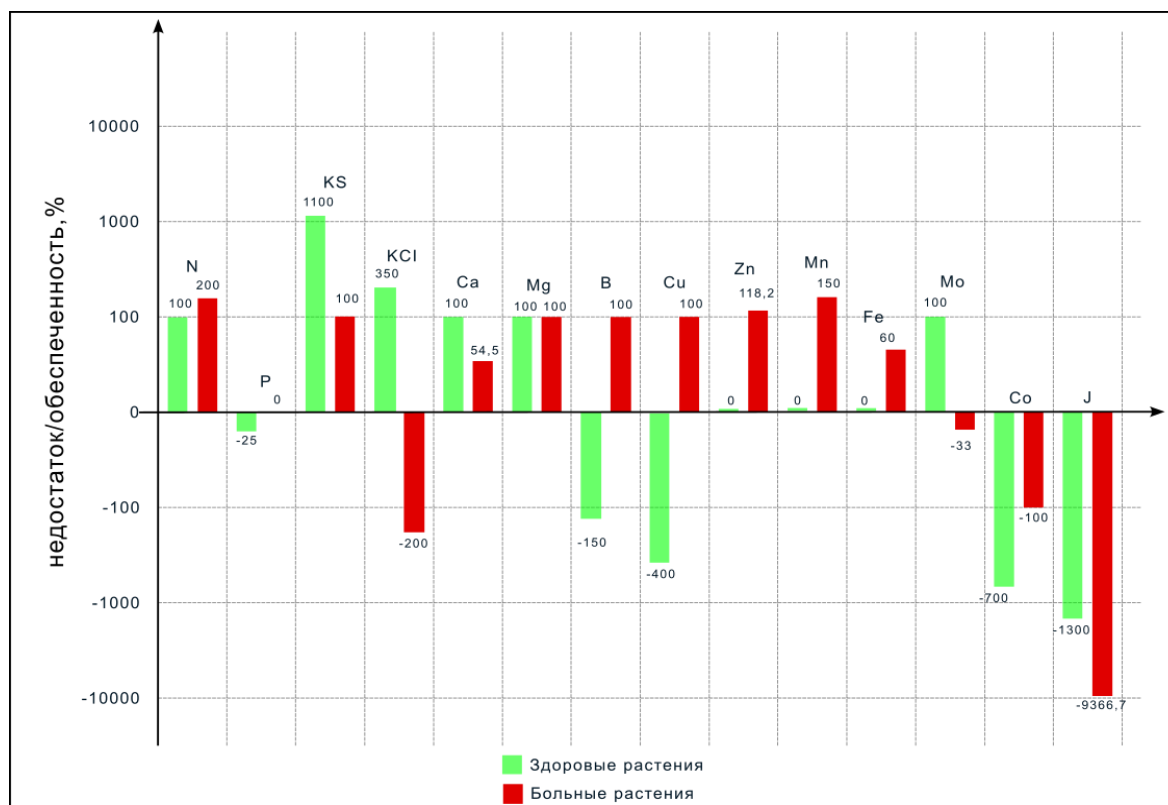


Рис. 3. Сравнительная оценка недостатка/обеспеченности элементами питания листьев выюнка полевой (КБР, с.п. Псыкод, сорт Рио-Гранде, 2021–2023 гг.)

Fig. 3. Comparative assessment of nutrient deficiency/sufficiency in field bindweed leaves (Psykod village, KBR, in Rio Grande tomato crops, 2021–2023)

Больной столбуром выюнок полевой испытывает недостаток таких элементов питания, как KCl, Mo, Co, I, но при этом обеспечены N, KS, Ca, Mg. У здоровых растений оптимальную концентрацию имели следующие элементы питания: P, Cu, Zn, Mn, Fe. На больных растениях выюнка отмечается активное питание: N, KS, Mg, B, Zn, Mn и Fe.

Таким образом, на рисунке 3 показано, что здоровый выюнок полевой испытывает недостаток таких элементов питания, как P, B, Cu, Co, I, а больные столбуром растения выюнка – KCl, Mo, Co и I.

На основании данных рисунков 1–3 установлено, что все здоровые растения ощущают недостаток фосфора (P). В избытке находятся элементы питания B, Cu, Zn. В оптимальном состоянии находятся такие элементы питания, как P, Ca, Mg, Mo.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлена зависимость обеспеченности элементами питания листьев от почвенно-климатических условий возделывания томата.

2. Проведена сравнительная оценка обеспеченности элементами питания здоровых и больных столбуром растений томата и выюнка полевого. У здоровых растений азот выше нормы и составляет 100–600 %, а у больных растений ниже нормы (–97,6 % и –150 %). Такая же закономерность наблюдается по содержанию P, Zn, B и I.

3. На основании данных функциональной диагностики листьев томата можно откорректировать питание необходимыми макро- и микроэлементами.

4. В период активной вегетации растений томата кратное отрицательное отклонение элементов питания от нормы способствовало повышению частоты встречаемости столбура томатов в среднем от 8,4 до 60,5 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов А. Л., Молчанов Э. Н., Жекамухов М. Х. и др. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Кабардино-Балкарской Республики. Нальчик: Принт Центр, 2022. С. 35–38. EDN: VBVDUY
2. Малкандуев Х. А., Малкандуева А. Х., Тарчоков Х. Ш. и др. Агротехнологии нового поколения в адаптивно-ландшафтной системе земледелия для различных природно-климатических зон Кабардино-Балкарской Республики. Нальчик: Принт Центр, 2020. С. 15–20. EDN: FIIFIJ
3. Шеуджен А. Х., Бондорева Т. Н., Хурум Х. Д. и др. Содержание и формы соединений цинка в черноземе выщелоченном западного Предкавказья в условиях агрогенеза // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 51. С. 38–42. EDN: TKVAUT
4. Кешева А. Т. Микроэлементы в овощеводстве, виноградарстве и садоводстве КБ АССР / Под ред. акад. П. А. Власюка. Нальчик: Эльбрус, 1971. С. 1–9.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. М.: Альянс, 2011. 350 с.
6. Шутко А. П., Тутуржанс Л. В. Фитосанитарная диагностика болезней растений. Ставрополь, 2018. С. 13–15.
7. Хромова Л. М. Интегрированная система защиты томата от вредных организмов на юге России. Нальчик: Издательство М. и В. Котляровых, 2015. С. 78–83.
8. Ахатов А. К. Мир томата глазами фитопатолога. М.: ОАО «Московская типография № 2», 2010. С. 172–174.

REFERENCES

1. Ivanov A.L., Molchanov E.N., Zhekamukhov M.Kh. et al. *Adaptivno-landshaftnyye sistemy zemledeliya Kabardino-Balkarskoy Respubliki* [Adaptive landscape farming systems of the Kabardino-Balkarian Republic]. Nalchik: Print Center, 2022. Pp. 35–38. EDN: FIIFIJ. (In Russian)

2. Malkanduev Kh.A., Malkandueva A.Kh., Tarchokov Kh.Sh. et al. *Agrotekhnologii novogo pokoleniya v adaptivno-landshaftnoy sisteme zemledeliya dlya razlichnykh prirodno-klimaticheskikh zon Kabardino-Balkarskoy Respubliki* [New generation agricultural technologies in the adaptive-landscape farming system for various natural and climatic zones of the Kabardino-Balkarian Republic]. Nalchik: Print Center, 2020. Pp. 15–20. EDN: FIIFIJ. (In Russian)
3. Sheudzhen A.Kh., Bondoreva T.N., Khurum Kh.D. et al. Content and forms of zinc compounds in the leached black soil of western Ciscaucasia under agrogenesis. *Works of the Kuban State Agrarian University*. 2014. No. 51. Pp. 38–42. EDN: TKVAUT. (In Russian)
4. Kesheva A.T. Microelements in vegetable growing, viticulture and horticulture of the KB ASSR / Ed. by academician P.A. Vlasyuk. Nalchik: El'brus, 1971. Pp. 1–9. (In Russian)
5. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. 6th ed., reprinted from the 5th ed., 1985. Moscow: Al'yans, 2011. 350 p. (In Russian)
6. Shutko A.P., Taturzhans L.V. *Fitosanitarnaya diagnostika bolezney rasteniy* [Phytosanitary diagnostics of plant diseases Stavropol']. *Stavropol'*, 2018. Pp. 13–15. (In Russian)
7. Khromova L.M. *Integrirovannaya sistema zashchity tomata ot vrednykh organizmov na yuge Rossii* [Integrated system of tomato protection from pests in the south of Russia]. Nalchik: Izdatel'stvo M. i V. Kotlyarovykh, 2015. Pp. 78–83. (In Russian)
8. Akhatov A.K. *Mir tomata glazami fitopatologa* [The world of tomato through the eyes of a phytopathologist]. Moscow: Moskovskaya tipografiya № 2, 2010. Pp. 172–174. (In Russian)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Вклад авторов:

Кимов М. А. и Кимова Д. А. – провели учет частоты встречаемости столбура томатов в течение 2021–2023 гг. на экспериментальных участках с.п. Баксаненок, Герменчик, Псыкод. Доставляли образцы листьев для проведения функциональной диагностики содержания элементов питания у здоровых и больных растений томата этих участков в течение трех лет;

Анчёков М. И. – составил сравнительную оценку содержания элементов питания в здоровых и больных листьях томата в с.п. Баксаненок, Герменчик и Псыкод в течение трех лет. На основании данных функциональной диагностики установил среднее значение содержания элементов питания в указанных сельских поселениях и отобразил эти данные в виде диаграмм;

Хромова Л. М. – отредактировала содержание текстовой части статьи. Контролировала процесс оформления рисунков по процентному содержанию элементов питания от существующих норм.

Contribution of the authors:

Kimov M.A. and Kimova D.A. – conducted surveys of tomato stolbur incidence from 2021 to 2023 at the experimental sites in the rural settlements of Baksanenok, Germenchik, and Psykod. These authors collected and provided leaf samples for the functional analysis of nutrient content in healthy versus diseased tomato plants at these locations over the three-year study period;

Anchokov M.I. – conducted a comparative assessment of the nutrient content in healthy versus diseased tomato leaves in the rural settlements of Baksanenok, Germenchik, and Psykod over the three-year study period. Based on the functional analysis data, he determined the average nutrient concentrations for these locations and presented the findings in diagrams;

Khromova L.M. – edited the manuscript text and supervised the visualization of the figures, which display the nutrient content percentages in comparison with existing reference standards.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

Кимов Мухамед Асланбекович, аспирант Научно-образовательного центра, мл. науч. сотр. лаборатории молекулярной селекции и биотехнологии, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

kimov1222@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9388-2302>, SPIN-код: 9480-1572

Хромова Людмила Михайловна, вед. науч. сотр. Инжинирингового центра, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

khromova.1954@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1524-2462>, SPIN-код: 2839-2028

Анчѳков Мурат Инусович, заведующий лабораторией «Имитационное моделирование фенoгенетических процессов» НИЦ «Интеллектуальные генетические системы», Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

murat.antchok@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8977-797X>, SPIN-код: 3299-0927

Кимова Дана Аликовна, мл. науч. сотр., Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360004, Россия, г. Нальчик, ул. Ногмова, 73;

dana.kimova@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7834-7683>, SPIN-код: 1930-2742

Information about the authors

Mukhamed A. Kimov, Postgraduate Student of the Scientific and Educational Center, Junior Researcher, Laboratory of Molecular Selection and Biotechnology, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;

kimov1222@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9388-2302>, SPIN-code: 9480-1572

Lyudmila M. Khromova, Leading Researcher, Engineering Center, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;

khromova.1954@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1524-2462>, SPIN-code: 2839-2028

Murat I. Anchokov, Head of the Laboratory of Simulation Modeling of Phenogenetic Processes, Scientific Research Center of Intelligent Genetic Systems, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;

murat.antchok@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8977-797X>, SPIN-code: 3299-0927

Dana A. Kimova, Junior Researcher, Institute of Agriculture – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

73, Nogmova street, Nalchik, 360004, Russia;

dana.kimova@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7834-7683>, SPIN-code: 1930-2742

Влияние видов минеральных удобрений на динамику агрохимических показателей почвы, урожайность и качество семян подсолнечника

А. Ю. Ожередова[✉], А. Н. Есаулко, Е. А. Устименко,
Н. В. Громова, Дж. З. Абдуллаев

Ставропольский государственный аграрный университет
355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12

Аннотация. Необходимость повышения продуктивности подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения делает использование минеральных удобрений при посеве важным агротехническим приемом. Однако выбор вида стартового удобрения требует обоснования, поскольку различные соотношения азота и фосфора по-разному влияют на динамику агрохимических показателей почвы, урожайность и масличность семян.

Цель исследования – установить влияние видов минеральных удобрений (сульфоаммофоса и аммофоса), применяемых при посеве в дозе 100 кг/га, на динамику агрохимических показателей чернозема выщелоченного (содержание нитратного и аммонийного азота, подвижных фосфора и калия), урожайность и масличность семян гибридов подсолнечника ЕС Белла и Базик в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья.

Материалы и методы исследования. Опыт двухфакторный: фактор А – вид припосевного внесения удобрений (контроль – без удобрений, сульфоаммофос, аммофос по 100 кг/га при посеве), фактор В – гибрид подсолнечника (ЕС Белла, Базик). Опыт был заложен в 2024–2025 годах на учебно-опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета. Все исследования проведены по общепринятым методикам.

Результаты исследований. Сульфоаммофос обеспечил лучшее азотное питание, повысив содержание NO₃ и NH₄ по сравнению с аммофосом на 0,7 мг/кг и 1,5 мг/кг. Тогда как аммофос – фосфорное на 2,6 мг/кг в сравнении с сульфоаммофосом. Максимальная урожайность (2,40 т/га), масличность (48,9 %) и сбор масла (1,17 т/га) получены на варианте с аммофосом у гибрида Белла. При этом различия между двумя видами удобрений по урожайности (0,14 т/га) были статистически незначимы, что свидетельствует об их равноэффективности в качестве стартовых удобрений.

Заключение. В зоне неустойчивого увлажнения к использованию можно рекомендовать любой вид минерального удобрения при возделывании самого высокопродуктивного гибрида Белла.

Ключевые слова: вид минерального удобрения, припосевное внесение, подсолнечник, сульфоаммофос, аммофос, динамика агрохимических показателей, нитратный, аммонийный азот, подвижные фосфор, калий, чернозем выщелоченный, урожайность, масличность семян, сбор масла, зона неустойчивого увлажнения

Поступила 05.05.2026, одобрена после рецензирования 26.05.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Ожередова А. Ю., Есаулко А. Н., Устименко Е. А., Громова Н. В., Абдуллаев Дж. З. Влияние видов минеральных удобрений на динамику агрохимических показателей почвы, урожайность и качество семян подсолнечника // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 106–116. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-106-116

Effect of mineral fertilizer types on the dynamics of soil agrochemical properties, yield, and sunflower seed quality

A.Yu. Ozheredova[✉], A.N. Esaulko, E.A. Ustimenko,
N.V. Gromova, J.Z. Abdullayev

Stavropol State Agrarian University
12, Zootechnicheskii lane, Stavropol, 355017, Russia

Abstract. The need to increase sunflower productivity in zones of unstable moisture makes the application of mineral fertilizers during sowing a crucial agrotechnical practice. However, selecting the type of starter fertilizer must be justified, given that different nitrogen-to-phosphorus ratios exert distinct effects on soil agrochemical dynamics, yield, and seed oil content.

Aim. The objective of this research is to evaluate the influence of mineral fertilizer types (sulphoammophos and ammophos) applied at sowing at a rate of 100 kg/ha on the dynamics of agrochemical parameters in leached chernozem (specifically nitrate and ammonium nitrogen, and available phosphorus and potassium), and subsequent yield and seed oiliness of sunflower hybrids ES Bella and Bazik in the unstable moisture zone of the Central Ciscaucasia region.

Materials and methods. A two-factor field experiment was conducted: factor A represented the type of near-sowing fertilizer application (control [no fertilizer], sulphoammophos, and ammophos at 100 kg/ha during sowing); factor B was the sunflower hybrid (ES Bella, Bazik). The experiment was set up during 2024–2025 at the Research and Educational Station of Stavropol State Agrarian University. All analyses and measurements were carried out according to standard techniques.

Research results. Sulphoammophos provided better nitrogen nutrition, increasing NO_3^- and NH_4^+ contents by 0.7 mg/kg and 1.5 mg/kg, respectively, compared to ammophos. In contrast, ammophos improved phosphorus nutrition, elevating its content by 2.6 mg/kg compared to sulphoammophos. The maximum yield (2.40 t/ha), oil content (48.9%), and oil yield (1.17 t/ha) were obtained in the variant with ammophos application for the 'ES Bella' hybrid. At the same time, the differences in yield between the two fertilizer types (0.14 t/ha) were statistically non-significant, indicating their equal effectiveness as starter fertilizers.

Conclusion. In the zone of unstable moisture, either type of mineral fertilizer can be recommended for application when cultivating the most high-yielding hybrid, 'ES Bella'.

Keywords: type of mineral fertilizer; pre-sowing application; sunflower; sulfoammophos; ammophos; dynamics of agrochemical parameters; nitrate, ammonium nitrogen; mobile phosphorus, potassium; leached chernozem; yield; seed oil content; oil yield; zone of unstable moisture

Submitted 05.05.2026,

approved after reviewing 26.05.2026,

accepted for publication 07.08.2026

For citation. Ozheredova A.Yu., Esaulko A.N., Ustimenko E.A., Gromova N.V., Abdullayev J.Z. Effect of mineral fertilizer types on the dynamics of soil agrochemical properties, yield, and sunflower seed quality. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 106–116. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-106-116

© Ozheredova A.Yu., Esaulko A.N., Ustimenko E.A., Gromova N.V., Abdullayev J.Z., 2026



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

ВВЕДЕНИЕ

В современном агропромышленном комплексе ключевой задачей выступает поддержание продуктивности черноземов и их дальнейшее восстановление. Из-за затяжного кризиса в аграрном секторе, длящегося последние десятилетия, произошло существенное ухудшение качеств этих изначально уникальных почв. Ориентация хозяйств на жесткую экономию удобрений в погоне за сиюминутной сверхприбылью, особенно за счет перенасыщения севооборотов высокорентабельными культурами, в частности подсолнечником, лишь усиливает деградационные процессы. В итоге обедняется запас питательных элементов, что напрямую грозит падением урожайности и резким снижением рентабельности сельскохозяйственного производства [2, 3, 7].

Согласно официальным данным, в Российской Федерации за последние пять лет наблюдается позитивная динамика в применении минеральных удобрений: средняя доза внесения увеличилась более чем на 15 кг/га и достигла 65,2 кг/га, целевой ориентир на 2030 год – до 80 кг/га¹. В реальной практике крестьянско-фермерских хозяйств, сельскохозяйственных производственных кооперативов и части агрохолдингов подобные усредненные показатели не отражают действительности, что не позволяет говорить о достаточной обеспеченности удобрениями [4, 5]. Учитывая, что современный рынок минеральных удобрений представлен значительным разнообразием, особый научно-практический интерес представляет обоснованный выбор наиболее действенной их формы. Именно этому аспекту следует уделить первостепенное внимание при подборе удобрений в системе питания подсолнечника как основной масличной агрокультуры [8, 9].

В зависимости от сорта доля жира в семенах подсолнечника варьирует в пределах 40–50 %, а у селекционных новинок, гибридов последнего поколения этот показатель достигает 58 %. По сравнению с иными полевыми культурами подсолнечник предъявляет повышенные требования в питании. Чтобы сформировать тонну урожая семян, культуре необходимо 50–60 кг азота, 20–25 кг фосфора и 150–160 кг калия. Следовательно, грамотное применение удобрений выступает базой для успешного возделывания подсолнечника, позволяя наращивать сбор маслосемян с лучшим качеством [1, 6, 10, 11].

Исходя из чего **цель исследований** заключалась в установлении влияния видов минеральных удобрений (сульфоаммофоса и аммофоса), применяемых при посеве в дозе 100 кг/га, на динамику агрохимических показателей чернозема выщелоченного (содержание нитратного и аммонийного азота, подвижных фосфора и калия), урожайность и масличность семян гибридов подсолнечника ЕС Белла и Базик в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья.

Задачи исследований: изучить влияние видов минеральных удобрений на динамику макроэлементов в почве; установить закономерность их влияния на урожайность и качественные показатели гибридов подсолнечника.

Новизна: впервые в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края было изучено влияние видов минеральных удобрений на агрохимические показатели почвенного плодородия, урожайность и качество семян подсолнечника гибридов Белла и Базик.

¹<https://rosng.ru/post/v-rossii-za-5-let-uvelichili-vnesenie-udobreniy-bolee-chem-na-15-kg-ga> (дата обращения: 01.05.2026 г.)

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования были выполнены в 2024–2025 годах на учебно-опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный мощный малогумусный тяжелосуглинистый – имела следующую агрохимическую характеристику в слое 0...20 см: pH – 6,4–7,0 ед. (нейтральная); содержание органического вещества – 4,3–5,2 % (среднее), N-NO₃ – 10–15 мг/кг почвы (низкое); NH₄ – 18,0–21,3 мг/кг (среднее, высокое), подвижных форм фосфора и калия – 26–38 мг/кг (среднее, повышенное) и 270–290 мг/кг (среднее).

Объект исследований – гибриды подсолнечника ЕС Белла, Базик. Оригинатором и патентообладателем раннеспелого гибрида ЕС Белла является компания EURALIS SEMENCES (Франция). В государственный реестр РФ был включен в 2012 году. Регион допуска: Центральнo-Черноземный, Северо-Кавказский, Средневолжский, Нижневолжский, Уральский, Западно-Сибирский. Урожайность варьирует от 1,12 до 4,33 т/га в зависимости от региона возделывания. Масличность – 49–52 %. Оригинатором и патентообладателем среднераннего гибрида ЕС Базик является ООО «Актив Агро» (Россия). В государственный реестр РФ был включен в 2020 году. Регион допуска: Центральнo-Черноземный, Северо-Кавказский, Нижневолжский, Уральский. Урожайность варьирует от 2,16 до 4,44 т/га в зависимости от региона возделывания. Масличность – 49–51 %.

Предмет исследований – комплексные минеральные удобрения для припосевного внесения. На варианте 1 (контроль) удобрения не применяли (естественный агрохимический фон). Вариант 2 – сульфоаммофос (N₂₀P₂₀+S_{13,5}). Вариант 3 – аммофос (N₁₂P₅₂). Все удобрения применялись при посеве подсолнечника в дозе 100 кг/га.

Характеристика удобрений, применяемых в опыте. Сульфоаммофос ((NH₄)₂HPO₄ + (NH₄)₂SO₄) – это комплексное азотно-фосфорное удобрение, которое содержит в своем составе диаммонийфосфат и сульфат аммония. Применяется в основном, припосевное внесение и в качестве подкормки для различных культур. Содержит 20 % азота и фосфора и 13,5 % серы. Аммофос (NH₄H₂PO₄) – азотно-фосфорное комплексное сложное минеральное удобрение, содержит в своем составе моноаммонийфосфат и диаммонийфосфат. Применяется в основном, припосевное внесение для различных культур. Содержит 12 % азота и 52 % фосфора.

Опыт двухфакторный (фактор А – вид припосевного внесения удобрений, фактор В – гибрид подсолнечника). Размещение делянок – методом организованных повторений. Размер каждой делянки – 0,5 га, количество повторений – трехкратное. Предшественник – озимая пшеница.

В годы проведения исследований в период вегетации подсолнечника выпало 276 и 327 мм осадков, что в 2024 году оказалось ниже среднемноголетней нормы на 66 мм, а в 2025 году – на 15 мм. Максимальная средняя температура с мая по сентябрь была отмечена в 2024 году – 21,1 °С, что оказалось выше показателя в 2025 году на 1,2 °С и среднемноголетней нормы на 2,6 °С. Так как участок, на котором размещался опыт, периодически подтапливался грунтовыми водами, то лучшим годом с получением самой высокой урожайности оказался менее увлажненный 2024 год.

Определение агрохимических показателей почвенного плодородия в динамике осуществляли: N-NO₃ – ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86); N-NH₄ – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26489-91); подвижные формы фосфора и калия – по методу Мачигина

в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91). Масличность – согласно ГОСТ 10854-2015. Статистическую обработку экспериментальных данных – корреляционно-регрессионным и дисперсионным методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ данных таблицы 1 показал, что применение при посеве подсолнечника двух видов минеральных удобрений по сравнению с контролем существенно увеличивало содержание нитратного азота в 0–20 см слое чернозема выщелоченного на 1,1–1,8 мг/кг, причем повышение элемента зависело от возрастающего содержания азота, входящего в состав удобрения. Различия в количестве N-NO₃ на вариантах с двумя изучаемыми гибридами подсолнечника Белла и Базик были незначительными – в 0,3 мг/кг, что говорило об эквивалентном уровне потребления. От фазы всходов к фазе 4–5 пар листьев происходило достоверное увеличение элемента в почве на 0,9 мг/кг, что связано как с припосевным внесением изучаемых видов минеральных удобрений, так и с погодными условиями. Далее от фазы 4–5 пар листьев к периоду перед уборкой содержание нитратного азота в почве значительно убывало от 5,8 до 9,4 мг/кг, что связано с интенсивным использованием культурой из почвы.

Таблица 1. Динамика содержания нитратного азота в 0–20 см слое чернозема выщелоченного (мг/кг) в зависимости от припосевного внесения минеральных удобрений в посевах подсолнечника (среднее за 2024–2025 гг.)

Table 1. Dynamics of nitrate nitrogen content in the 0–20 cm layer of leached chernozem (mg/kg) depending on starter mineral fertilizer application in sunflower crops (average for 2024–2025)

Вид припосевного внесения удобрений, А	Гибрид подсолнечника, В	Фазы развития растений, С					А, НСП ₀₅ = 0,62	В, НСП ₀₅ = 0,42
		всходы	4–5 пар листьев	образование корзинок	цветение	перед уборкой		
Контроль (без применения удобрений)	Белла	10,7	12,5	6,4	5,8	4,3	7,8	8,9
	Базик	10,4	12,3	6,2	5,4	4,0		8,6
Сульфаммофос (N ₂₀ P ₂₀ +S _{13,5})	Белла	14,5	14,9	9,3	5,7	4,4	9,6	
	Базик	14,1	14,5	9,0	5,4	4,1		
Аммофос (N ₁₂ P ₅₂)	Белла	13,3	13,8	8,2	5,8	4,3	8,9	
	Базик	12,9	13,4	7,9	5,5	3,9		
С, НСП ₀₅ = 0,82		12,7	13,6	7,8	5,6	4,2	НСП ₀₅ = 0,94	

Согласно данным таблицы 2 при использовании двух видов минеральных удобрений по сравнению с естественным агрохимическим фоном наблюдалось повышение содержания аммонийного азота (+0,7–2,2 мг/кг) в почве, достоверным оно было только с применением сульфаммофоса. Количество N-NH₄ в черноземе выщелоченном на двух гибридах существенно не изменялось. Пофазная динамика элемента была схожа с динамикой N-NO₃ – значительное увеличение к фазе 4–5 пар листьев на 2,3 мг/кг, далее неуклонное снижение к периоду перед уборкой до 11,0 мг/кг.

Таблица 2. Динамика содержания аммонийного азота в 0–20 см слое чернозема выщелоченного (мг/кг) в зависимости от припосевного внесения минеральных удобрений в посевах подсолнечника (среднее за 2024–2025 гг.)

Table 2. Dynamics of ammonium nitrogen content in the 0–20 cm layer of leached chernozem (mg/kg) depending on starter mineral fertilizer application of mineral fertilizers in sunflower crops (average for 2024–2025)

Вид припосевного внесения удобрений, А	Гибрид подсолнечника, В	Фазы развития растений, С					А, НСР ₀₅ = 1,22	В, НСР ₀₅ = 0,84
		всходы	4–5 пар листьев	образование корзинок	цветение	перед уборкой		
Контроль (без применения удобрений)	Белла	18,5	20,8	14,9	12,5	10,4	15,3	16,4
	Базик	18,2	20,6	14,5	12,2	10,1		16,1
Сульфоаммофос (N ₂₀ P ₂₀ +S _{13,5})	Белла	21,2	23,4	16,7	14,4	12,3	17,5	
	Базик	21,1	23,2	16,6	14,0	12,1		
Аммофос (N ₁₂ P ₅₂)	Белла	19,5	21,8	15,6	13,3	10,7	16,0	
	Базик	19,2	21,4	15,2	13,0	10,5		
С, НСР ₀₅ = 1,26		19,6	21,9	15,6	13,2	11,0	НСР ₀₅ = 1,82	

Из данных таблицы 3 следует, что оба удобрения существенно по сравнению с контролем увеличивали в изучаемом слое почвы содержание подвижного фосфора (+1,6–4,2 мг/кг), но лидером, обеспечивающим лучшее фосфорное питание, оказался вариант с припосевным использованием аммофоса (N₁₂P₅₂), что объясняется большим содержанием элемента в этом удобрении. Различия между гибридами по среднему содержанию подвижного фосфора в почве были недостоверны. По фазам вегетации выявлено закономерное значительное снижение подвижного фосфора от фазы всходов к периоду перед уборкой на 7,1 мг/кг.

Таблица 3. Динамика содержания подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного (мг/кг) в зависимости от припосевного внесения минеральных удобрений в посевах подсолнечника (среднее за 2024–2025 гг.)

Table 3. Dynamics of the content of mobile phosphorus in the 0–20 cm layer of leached chernozem (mg/kg) depending on starter mineral fertilizer application of mineral fertilizers in sunflower crops (average for 2024–2025)

Вид припосевного внесения удобрений, А	Гибрид подсолнечника, В	Фазы развития растений, С					А, НСР ₀₅ = 1,51	В, НСР ₀₅ = 1,01
		всходы	4–5 пар листьев	образование корзинок	цветение	перед уборкой		
Контроль (без применения удобрений)	Белла	32,5	28,4	27,6	26,6	26,3	28,4	30,2
	Базик	32,8	28,7	27,7	26,8	26,5		30,4
Сульфоаммофос (N ₂₀ P ₂₀ +S _{13,5})	Белла	34,6	30,6	28,7	27,9	27,8	30,0	
	Базик	34,9	30,8	28,8	28,0	27,8		
Аммофос (N ₁₂ P ₅₂)	Белла	38,1	32,8	31,0	30,4	30,3	32,6	
	Базик	38,4	33,0	31,1	30,6	30,4		
С, НСР ₀₅ = 2,03		35,2	30,7	29,2	28,4	28,2	НСР ₀₅ = 3,12	

Содержание подвижного калия в почве не имело четкой зависимости от вида припосевного удобрения, различия между вариантами по сравнению с естественным агрохимическим фоном находились в пределах ошибки опыта $+1$ мг/кг (с применением сульфоаммофоса), -10 мг/кг (с применением аммофоса) и были недостоверны. Отмечалось достоверное снижение подвижного калия от всходов к периоду перед уборкой на 29 мг/кг, что говорит об использовании элемента культурой (табл. 4).

Таблица 4. Динамика содержания подвижного калия в 0–20 см слое чернозема выщелоченного (мг/кг) в зависимости от припосевного внесения минеральных удобрений в посевах подсолнечника (среднее за 2024–2025 гг.)

Table 4. Dynamics of the content of mobile potassium in the 0–20 cm layer of leached chernozem (mg/kg) depending on starter mineral fertilizer application of mineral fertilizers in sunflower crops (average for 2024–2025)

Вид припосевного внесения удобрений, А	Гибрид подсолнечника, В	Фазы развития растений, С					А, НСП ₀₅ = 15,6	10,2В, НСП ₀₅ = 0,42
		всходы	4–5 пар листьев	образование корзинки	цветение	перед уборкой		
Контроль (без применения удобрений)	Белла	296	287	269	257	264	275	272
	Базик	297	288	271	259	265		273
Сульфоаммофос (N ₂₀ P ₂₀ +S _{13,5})	Белла	293	284	273	262	268	276	
	Базик	295	285	276	260	266		
Аммофос (N ₁₂ P ₅₂)	Белла	283	281	257	249	253	265	
	Базик	284	281	259	250	256		
С, НСП ₀₅ = 18,4		291	284	268	256	262	НСП ₀₅ = 25,2	

Анализ таблицы 5 показал, что применение минеральных удобрений при посеве обеспечило достоверное повышение урожайности подсолнечника по сравнению с контролем от 0,59 до 0,73 т/га. При сравнении двух видов удобрений – аммофоса (урожайность – 2,40 т/га) и сульфоаммофоса (урожайность – 2,26 т/га) – существенной прибавки по продуктивности не зафиксировано (+0,14 т/га). По изучаемому показателю гибрид Белла (2,36 т/га) достоверно превосходил гибрид Базик (1,86 т/га) на 0,50 т/га.

Таблица 5. Влияние припосевного внесения минеральных удобрений на урожайность подсолнечника, т/га (среднее за 2024–2025 гг.)

Table 5. The impact of pre-sowing application of mineral fertilizers on sunflower yield, t/ha (average for 2024–2025)

Вид припосевного внесения удобрений, А	Гибрид подсолнечника, В		А, НСП ₀₅ = 0,19
	Белла	Базик	
Контроль (без применения удобрений)	2,02	1,32	1,67
Сульфоаммофос (N ₂₀ P ₂₀ +S _{13,5})	2,44	2,08	2,26
Аммофос (N ₁₂ P ₅₂)	2,62	2,18	2,40
В, НСП ₀₅ = 0,14	2,36	1,86	НСП ₀₅ = 0,26

Наибольшие масличность и сбор масла отмечены на варианте с применением аммофоса – 48,9 % и 1,17 т/га, что несущественно выше по первому показателю, чем на контроле и на варианте с применением сульфаммофоса, на 1,7%, а по второму достоверно выше на 0,28 и 0,1 т/га. Гибрид Белла превосходил гибрид Базик по двум показателям качества, при этом по масличности была зафиксирована несущественная (на 0,4 %), а по сбору масла достоверная (на 0,08 т/га) доминация (табл. 6).

Таблица 6. Влияние припосевного внесения минеральных удобрений на масличность подсолнечника (среднее за 2024–2025 гг.)

Table 6. The impact of mineral fertilizer application at sowing on the oil content of sunflower seeds (average for 2024–2025)

Вид припосевного внесения удобрений, А	Гибрид подсолнечника, В	Масличность, %	Сбор масла, т/га
Контроль (без применения удобрений)	Белла	47,4	0,91
	Базик	46,9	0,86
Сульфаммофос ($N_{20}P_{20}+S_{13,5}$)	Белла	47,3	1,10
	Базик	47,0	1,03
Аммофос ($N_{12}P_{52}$)	Белла	49,1	1,22
	Базик	48,6	1,11
НСР ₀₅ фактор А		2,02	0,08
НСР ₀₅ фактор В		2,88	0,04
НСР ₀₅ взаимодействие АВ		4,82	0,12

ВЫВОДЫ

1. Припосевное внесение удобрений (100 кг/га) достоверно увеличило содержание нитратного азота и подвижного фосфора в слое 0–20 см. Сульфаммофос превзошел аммофос по улучшению азотного питания (+ к контролю по NO_3^- – 1,1–1,8 мг/кг), аммофос – по фосфорному (+1,6–4,2 мг/кг). Динамика элементов в почве однотипна: рост доступных форм азота к фазе 4–5 листьев с последующим снижением к уборке; фосфор и калий неуклонно убывали от всходов до уборки. Различий между гибридами по содержанию макроэлементов не установлено.

2. Оба удобрения достоверно повысили урожайность по сравнению с контролем (на 0,59–0,73 т/га). Максимальная продуктивность (2,40 т/га) получена при внесении аммофоса. Разница между удобрениями (0,14 т/га) статистически незначима, что свидетельствует об их эквивалентной эффективности. Гибрид Белла достоверно превзошел по продуктивности гибрид Базик на 0,50 т/га.

3. Удобрения не оказали достоверного влияния на масличность, но значительно увеличили сбор масла: аммофос – на 0,28 т/га, сульфаммофос – на 0,18 т/га. Гибрид Белла превосходил гибрид Базик по сбору масла (на 0,08 т/га), но не по масличности.

4. Для зоны неустойчивого увлажнения рекомендован гибрид подсолнечника Белла как наиболее высокопродуктивный. В качестве стартового удобрения лучше использовать аммофос ($N_{12}P_{52}$, 100 кг/га), обеспечивший наивысшие урожайность (2,40 т/га), масличность (48,9 %) и сбор масла (1,17 т/га), но возможен к применению и сульфаммофос, так как различия в урожайности статистически незначимы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аль-Аттафи М. К. Р., Есаулко А. Н., Котова А. С. Влияние макро- и микроудобрений на планируемую урожайность и продуктивность маслосемян подсолнечника на черноземе выщелоченном // International Agricultural Journal. 2024. Т. 67. № 6. DOI: 10.55186/25880209_2024_8_6_33

2. Аль-Аттафи М. К. Р., Есаулко А. Н., Котова А. С. Оптимизация содержания в почве макро- и микроэлементов в посевах подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья // Аграрный вестник Северного Кавказа. 2025. Т. 15. № 2. С. 74–84. DOI: 10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84
3. Ситников В. Н., Есаулко А. Н., Голосной Е. В. и др. Влияние минеральных удобрений на динамику содержания азота, фосфора, калия в растениях подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья // International Agricultural Journal. 2023. Т. 66, № 5. DOI: 10.55186/25876740_2023_7_5_20
4. Громаков А. А., Турчин В. В., Копылов Б. А. Дифференциация управления минеральным питанием подсолнечника на основе применения биопрепаратов ассоциативной азотфиксации в условиях Ростовской области // Аграрный научный журнал. 2022. № 1. С. 8–12. DOI: 10.28983/asj.y2022i1pp8-12
5. Чамурлиев О. Г., Сидоров А. Н., Холод А. А., Чамурлиев Г. О. Изучение эффективности минеральных удобрений на подсолнечнике в открытом грунте при орошении в условиях Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4(68). С. 69–76. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-08
6. Ковтунов С. Н., Ториков В. Е. Урожайность и качество маслосемян подсолнечника гибрида Факел в зависимости от применения минеральных удобрений и биопрепаратов // Аграрный вестник Верхневолжья. 2022. № 3(40). С. 16–25. DOI: 10.35523/2307-5872-2022-40-3-16-25
7. Несмеянова М. А., Дедов А. В. Приемы повышения плодородия почвы и их эффективность при возделывании подсолнечника // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 16–22.
8. Есаулко А. Н., Котова А. С., Аль-Аттафи М. К. Р. и др. Оптимизация минерального питания подсолнечника в условиях Центрального Предкавказья // Плодородие. 2022. № 6(129). С. 12–14. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.03
9. Петров Н. Ю., Кузнецова Е. А., Чанко Д. В. Минеральное питание – залог урожайности подсолнечника в Волгоградском регионе // Естественные науки. 2025. № 1(18). С. 11–18. DOI: 10.54398/2500-2805.2025.18.1.002
10. Брежнев А. В., Васин В. Г., Васин А. В. и др. Продуктивность гибридов подсолнечника при применении стимулирующих препаратов и удобрений, возделываемых по системе Клеарфилд // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2023. № 4(27). С. 20–25. DOI: 10.48612/vch1xpk-dkra-d1ep
11. Петров Н. Ю., Кузнецова Е. А., Чанко Д. В. и др. Урожаеобразующие факторы возделывания подсолнечника на юге России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 5(83). С. 59–65. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-05-06

REFERENCES

1. Al-Atafi M.K.R., Yesaulko A.N., Kotova A.S. Effect of macro- and micro-fertilizers on the planned yield and productivity of sunflower oilseeds on leached chernozem. *International Agricultural Journal*. 2024. Vol. 67. No. 6. DOI: 10.55186/25880209_2024_8_6_33. (In Russian)
2. Al-Atafi M.K.R., Yesaulko A.N., Kotova A.S. Optimization of the content of macro- and microelements in the soil of sunflower crops in the conditions of the unstable moisture zone of the Central Ciscaucasia. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025. Vol. 15. No. 2. Pp. 74–84. DOI: 10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84. (In Russian)

3. Sitnikov V.N., Esaulko A.N., Golosnoy E.V. et al. The influence of mineral fertilizers on the dynamics of nitrogen, phosphorus, and potassium content in sunflower plants under conditions of the unstable moisture zone of the Central Ciscaucasia. *International Agricultural Journal*. 2023. Vol. 66. No. 5. DOI: 10.55186/25876740_2023_7_5_20. (In Russian)
4. Gromakov A.A., Turchin V.V., Kopylov B.A. Differentiation of sunflower mineral nutrition management based on the use of associative nitrogen fixation biopreparations in the Rostov region. *Agrarian Scientific Journal*. 2022. No. 1. Pp. 8–12. DOI: 10.28983/asj.y2022i1pp8-12. (In Russian)
5. Chamurliiev O.G., Sidorov A.N., Kholod A.A., Chamurliiev G.O. Study of the efficiency of mineral fertilizers on sunflower in open ground under irrigation in the Volgograd region. *News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022. No. 4(68). Pp. 69–76. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-08. (In Russian)
6. Kovtunov S.N., Torikov V.E. Yield and quality of sunflower seed oil of the Fakel hybrid depending on the use of mineral fertilizers and biopreparations. *Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region*. 2022. No. 3(40). Pp. 16–25. DOI: 10.35523/2307-5872-2022-40-3-16-25. (In Russian)
7. Nesmeyanova M.A., Dedov A.V. Methods of increasing soil fertility and their effectiveness in sunflower cultivation. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2022. No. 4. Pp. 16–22. (In Russian)
8. Esaulko A.N., Kotova A.S., Al-Atafi M.K.R. et al. Optimization of mineral nutrition of sunflower in the conditions of the Central Ciscaucasia. *Fertility*. 2022. No. 6(129). Pp. 12–14. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.03. (In Russian)
9. Petrov N.Yu., Kuznetsova E.A., Chapko D.V. Mineral nutrition - the key to sunflower yield in the Volgograd region. *Natural sciences*. 2025. No. 1(18). Pp. 11–18. DOI: 10.54398/2500-2805.2025.18.1.002. (In Russian)
10. Brezhnev A.V., Vasin V.G., Vasin A.V. et al. Productivity of sunflower hybrids with the use of stimulating preparations and fertilizers, cultivated according to the Clearfield system. *Bulletin of the Chuvash State Agrarian University*. 2023. No. 4(27). Pp. 20–25. DOI: 10.48612/vch1xpk-dkra-d1ep. (In Russian)
11. Petrov N.Yu., Kuznetsova E.A., Chapko D.V. et al. Crop-forming factors of sunflower cultivation in the south of Russia. *News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2025. No. 5(83). Pp. 59–65. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-05-06. (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

Ожередова Алена Юрьевна, канд. с.-х. наук, доцент, заведующая кафедрой агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет;
355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;
alena.gurueva@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6038-6409>, SPIN-код: 3968-8440

Есаулко Александр Николаевич, д-р с.-х. наук, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, профессор РАН, директор Института агробиологии и природных ресурсов, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

aesaulko@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0441-9055>, SPIN-код: 5497-6339

Устименко Елена Александровна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

yelena.ustimenko.88@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7067-6570>, SPIN-код 3914-8763

Громова Наталья Викторовна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

nikolenko0812@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1787-2169>, SPIN-код 6115-5740

Абдуллаев Джамал Заур оглы, магистр Института агробиологии и природных ресурсов, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

jamal.abdullaev@icloud.com

Information about the authors

Alena Yu. Ozheredova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskiy lane, Stavropol, 355017, Russia;

alena.gurueva@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6038-6409>, SPIN-code: 3968-8440

Aleksandr N. Esaulko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of Agrobiology and Natural Resources, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskiy lane, Stavropol, 355017, Russia;

aesaulko@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0441-9055>, SPIN-code: 5497-6339

Elena A. Ustimenko, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskiy lane, Stavropol, 355017, Russia;

yelena.ustimenko.88@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7067-6570>, SPIN-code: 3914-8763

Natalya V. Gromova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskiy lane, Stavropol, 355017, Russia;

nikolenko0812@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1787-2169>, SPIN-code: 6115-5740

Jamal Z. Abdullayev, Master Student, Institute of Agrobiology and Natural Resources, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskiy lane, Stavropol, 355017, Russia;

jamal.abdullaev@icloud.com

УДК 338:33.012.1

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-4-117-129>

 RBPAOJ

Учет управленческой гибкости при оценке инвестиционных проектов на основе теории реальных опционов

Н. В. Грызунова^{1, 2, 3}, А. М. Трамова^{✉1, 3}

¹Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова
115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36

²Российская академия народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации (РАНХиГС)
119571, Россия, Москва, проспект Вернадского, 82, стр. 1

³Университет «Синергия»
129090, Россия, Москва, ул. Мещанская, 9/14, стр. 1

Аннотация. Актуальным является исследование способности организации оперативно менять стратегию, перераспределять ресурсы, адаптироваться к изменениям рынка, технологий, поведения конкурентов или потребителей без существенного снижения эффективности.

Целью исследования является методологическое обоснование и разработка рекомендаций по трансформации традиционных подходов к оценке инвестиционных проектов путем интеграции традиционных методов и теории реальных опционов, поскольку сочетание инструментов позволяет добиться управленческой гибкости и активного реагирования на изменения внешней среды в условиях высокой неопределенности.

Методы. Для обоснования реализации инвестиционного проекта и оценки стоимости капитала компании целесообразно использовать опционный подход. Основные финансовые методы – это реальные опционы и модифицированная теория опционов Блэка–Шоулса, которые базируются на использовании fintech-инноваций.

Результат. Гибкость управления, как и любая услуга, имеет стоимость и ценность. Любой проект можно перепроектировать. Чтобы он стал привлекательным, возможно либо снизить первоначальные затраты на НИОКР, либо увеличить потенциальную отдачу от успешного запуска (или сделать и то, и другое).

Таким образом, теория реальных опционов предоставляет мощный аналитический инструмент для определения условий, при которых проект может стать выгодным, и для количественной оценки ценности управленческой гибкости.

Выводы. Опционный подход становится ключевым инструментом в условиях нестабильной макросреды, позволяя компаниям эффективнее адаптироваться к изменениям и максимизировать стоимость проектов и капитала, невзирая на неблагоприятные факторы внешней среды.

Ключевые слова: реальные опционы, инвестиционные проекты, управленческая гибкость, неопределенность, опционный подход

Поступила 28.03.2026, одобрена после рецензирования 20.05.2026, принята к публикации 07.08.2026

© Грызунова Н. В., Трамова А. М., 2026



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

Для цитирования. Грызунова Н. В., Трамова А. М. Учет управленческой гибкости при оценке инвестиционных проектов на основе теории реальных опционов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 117–129. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-117-129

JEL: D81, G31

Original article

Accounting for managerial flexibility in investment project evaluation based on real options theory

N.V. Gryzunova^{1, 2, 3}, A.M. Tramova^{✉1, 3}

¹ Plekhanov Russian University of Economics
36, Stremyanny lane, Moscow, 115054, Russia

²Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA)
82, building 1, Vernadsky prospekt, Moscow, 119571, Russia

³Synergy University
9/14, building 1, Meshchanskaya street, Moscow, 129090, Russia

Abstract. The study focuses on an organization's ability to promptly alter its strategy, reallocate resources, and adapt to shifts in markets, technology, and competitor or consumer behavior without a significant drop in efficiency.

Aim. The study aims to provide a methodological rationale and develop recommendations for transforming traditional investment project evaluation approaches by integrating conventional methods with real options theory, as this combination of tools enables managerial flexibility and proactive response to environmental changes under high uncertainty.

Methods. An options-based approach is used to justify investment project execution and estimate the corporate cost of capital. The primary financial methods include real options and a modified Black-Scholes option pricing model, both of which are based on the utilization of fintech innovations.

Result. Managerial flexibility, like any service, possesses cost and value. Crucially, any project is subject to redesign. Making the project attractive can be achieved by either lowering initial R&D costs, maximizing potential payoffs from a successful launch, or pursuing both strategies simultaneously.

Consequently, the real options framework serves as a robust analytical tool to identify the conditions for project viability and to quantify the embedded value of managerial flexibility.

Conclusions. The options approach emerges as a key instrument amid macroeconomic volatility, allowing firms to streamline adaptation to shifts and maximize project and corporate value in the face of hostile external conditions.

Keywords: real options, investment projects, managerial flexibility, uncertainty, option approach

Submitted 28.03.2026,

approved after reviewing 20.05.2026,

accepted for publication 07.08.2026

For citation. Gryzunova N.V., Tramova A.M. Accounting for managerial flexibility in investment project evaluation based on real options theory. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 117–129. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-117-129

© Gryzunova N.V., Tramova A.M., 2026



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

ВВЕДЕНИЕ

Развитие финансового рынка создало нормы бухгалтерского учета для ранее непредсказуемых, неопределяемых процессов. Появилась бухгалтерская составляющая у онтологии, онбординга, корпоративной культуры, гудвилла, брокерских операций, обеспечивая им рентабельность. Этот процесс нормотворчества продолжается, и он распространяется на определение стоимости или эффекта от прироста управляемости. Гибкость управления – это способность организации оперативно менять стратегию, перераспределять ресурсы, адаптироваться к изменениям рынка, технологий, поведения конкурентов или потребителей без существенного снижения эффективности. Она может проявляться на разных уровнях: оперативном (реагирование на неожиданные проблемы), тактическом (адаптация к сезонным или организационным изменениям) и стратегическом (подготовка к крупным изменениям бизнес-процессов).

В связи с этим **целью** исследования является создание фреймворка для определения цены «гибкости управления» для компании. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**: обосновать длительность эксплицитного и терминального периода; обосновать выбор ставки дисконтирования для проекта и ее вид; выбрать тип реального опциона в соответствии с финансовой ситуацией; оценить последствия для проекта распространения fintech-инноваций, которые могут кардинально повлиять на ожидаемые результаты.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе используются альтернативные методы оценки эффективности и стоимости компании. Финансовый инструмент – реальный опцион (ROV – Real Options Valuation), позволяет оценить проект и учесть «сложные» сопутствующие факторы.

Реальные опционы представляют собой управленческие возможности, встроенные в проект, которые могут быть реализованы в будущем при изменении условий. В связи с этим традиционные инвестиционные критерии эффективности NPV, PV, AE трансформируются и приобретают следующий вид:

$$NPV_{\text{реал}} = NPV_{\text{трад}} + (ROV), \quad (1)$$

где $NPV_{\text{реал}}$ – скорректированное значение NPV; $NPV_{\text{трад}}$ – традиционная оценка.

Научная новизна исследования заключается в концептуализации управленческой гибкости, в контексте которой неопределенность перестает трактоваться исключительно как фактор риска (повышающий ставку дисконтирования), она превращается в «возможность», что трансформирует фундаментальный подход к оценке эффективности.

Хозяйственная практика определила множество видов (ROV). А. В. Бухвалов предлагает «удобную» классификацию (ROV) в зависимости от потребности в опции (табл. 1).

Таблица 1. Основные виды реальных опционов [1]**Table 1.** Core types of real options [1]

Вид опциона	Основные характеристики
Опцион на выход из проекта (опцион PUT)	Дает право прекратить проект и продать имеющиеся для него активы в случае ухудшения рыночной ситуации
Опцион на отсрочку или временную приостановку проекта	Позволяет отложить реализацию проекта или временно консервировать его без потери возможности возобновления в будущем
Опцион на расширение (опцион CALL)	Дает возможность увеличить масштабы бизнеса: нарастить объемы производства, освоить новые рынки, выпустить новую продукцию – в случае успешности проекта
Опцион на сокращение	Позволяет уменьшить масштабы проекта в случае неблагоприятных рыночных условий без полного отказа от него
Опцион на переключение	Дает возможность гибко изменить производственную программу, использовать имеющиеся активы в новых целях (например, перейти на другую технологию, рынок или масштаб деятельности)
Опцион на тиражирование опыта	Позволяет использовать опыт одного проекта на других объектах или в других направлениях деятельности
Опцион на контрактацию	Дает возможность заключить контракты или привлечь субподрядчиков на заранее оговоренных условиях
Опцион на обязательства по проекту (по альтернативным источникам финансирования)	Фиксирует обязательство инвестора профинансировать проект при достижении оговоренной стадии его реализации
Опцион выбора масштаба	Объединяет возможности расширения производства и сокращения неиспользуемых мощностей для оптимизации затрат. Часто зависит от организации технологических и бизнес-процессов
Опцион выбора времени	Позволяет выбирать наиболее удачные периоды для производства и сбыта продукции в зависимости от колебаний рынка
Опцион на гибкость производства	Дает возможность изменять производственные схемы, используемое сырье или выпускаемую продукцию в зависимости от рыночных условий
Опцион на установление цен	Позволяет компании корректировать цены на продукцию в зависимости от изменения себестоимости
Комплексный опцион	Это особый вид реального опциона, который объединяет несколько возможностей изменений в рамках одного проекта

Согласно исследованию консалтинговой фирмы McKinsey стоимость реального опциона определяется шестью ключевыми параметрами (табл. 2). Менеджмент может осуществлять *проактивное управление*, чтобы увеличить общую стоимость проекта или расширить стратегические возможности компании.

Анализ хозяйственной практики многих компаний показывает, что подходы к оценке стоимости капитала компании и выбору методов расчета эффективности инвестиций могут кардинально различаться в зависимости от миссии субъекта рынка и целей инвестирования. Для многих компаний в настоящий момент важны не максимизация прибыли, а достижение социально-экономического эффекта, устойчивого развития, реализации долгосрочных стратегий. Поэтому для любой компании целесообразно использовать двух- (и более) компонентную систему оценки проектов или своих активов. Финансовая ситуация в стране и в мире меняет кодексы корпоративной этики. Можно наблюдать, как «корпоративный дух» компании трансформируется в «семейную корпорацию», прообразы которой можно видеть в азиатских семейных кланах, что отражается на условиях труда и трудовых контрактах

(модель Marakon). Можно условно говорить сейчас о превалировании азиатского способа производства и о целесообразности присваивать итоговый рейтинг проекту и принимать решения о финансировании с учетом изменившейся финансовой ситуации.

Таблица 2. Реальный опцион как критерий управления стоимостью компании

Table 2. Real options as a criterion for value-based management

Параметр (рычаг)	Как влияет на стоимость опциона	Стратегии управления для роста стоимости
PV будущих денежных потоков (S)	Прямая зависимость: чем больше потенциальный выигрыш, тем ценнее опцион	Повышать ценность актива: улучшать продукт, искать новые рынки, создавать синергию
PV необходимых затрат (X)	Обратная зависимость: чем дешевле реализация, тем ценнее опцион	Снижать будущие издержки: внедрять новые технологии, искать партнеров для разделения затрат
Срок действия опциона (t)	Прямая зависимость: чем больше времени на принятие решения, тем ценнее опцион	Увеличивать «временное окно»: продлевать лицензии, патенты, укреплять долгосрочные отношения с клиентами
Безрисковая ставка (r)	Прямая зависимость: рост ставки увеличивает приведенную стоимость будущих выгод	Внешний рыночный фактор, но его нужно учитывать в модели
«Дивиденды» – стоимость сохранения опциона (δ)	Обратная зависимость: затраты на удержание права снижают его чистую стоимость	Снижать издержки поддержания опциона: оптимизировать процессы, отказываться от бесперспективных направлений

Источник: составлено авторами на основе [2, 3]

Развитие fintech позволяет не только финансово мощным компаниям создавать более сложное моделирование бизнес-процессов. Хотя, конечно, небольшие предприятия чаще прибегают к стандартным показателям, добавляя в них персонифицированные экспертные оценки. Например, ставка дисконтирования – один из самых субъективных и варьируемых параметров, напрямую влияющая на итоговый NPV. Большинство компаний в России и Европе используют метод кумулятивного построения, где ставка дисконта определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \text{Ставка дисконтирования} = & (\text{Безрисковая ставка} + \\ & + \text{Премия за риски проекта} + \text{Премия за риски страны} + \\ & + \text{Премия за низкую ликвидность}) \end{aligned} \quad (2)$$

Из формулы (2) понятно, что ставка дисконтирования более чем вариабельна, делает такой и цену за «качество управления» и фондирование.

Многие потенциальные инвесторы используют средневзвешенную стоимость капитала (WACC) в качестве ставки дисконта, чтобы просчитать возможные выгоды проекта. Малому и среднему бизнесу целесообразно использовать метод корректировки нормы дисконта для оценки денежных потоков от проектов. Это самый простой и распространенный способ учета риска. Но его главный недостаток состоит в том, что критерий предполагает, что риск изменяется с постоянным коэффициентом во времени, что не всегда соответствует реальности. Также каждая компания имеет свою антиинфляционную политику и персонифицированный налоговый щит. Таким образом, оценка инвестиционных проектов становится многоуровневой и многокритериальной задачей, что не может не создать

многовариантности интерпретации ключевых показателей. Многообразие методов опционного подхода определяет многообразие видов реальных опционов (табл. 1).

Особенно использование (ROV) полезно в условиях цифровизации для инновационных и долгосрочных проектов, где высока степень неопределенности и гибкость управления критически важна. Искусственный интеллект (AI) больше не является «вспомогательным» инструментом. Он стал когнитивной финансовой инфраструктурой. (AI) обеспечивает экономическую безопасность субъектов микро- и макроуровня. Финансовый суверенитет – это уже не просто физические границы. Это контроль над алгоритмами, в которых часто присутствует (ROV) или (BSM).

В российском бухгалтерском учете реальные опционы не имеют прямого регулирования и не отражаются как отдельный объект учета, так как они представляют собой управленческие возможности, а не формальные финансовые инструменты. Однако некоторые аспекты учета опционных договоров регулируются бухгалтерскими нормативными актами¹. (Согласно этим документам при заключении опционного договора его справедливая стоимость, как правило, равна сумме премии, уплаченной или полученной по опциону, которая отражается в бухгалтерском учете на дату первоначального признания, в последний рабочий день месяца, а также на дату прекращения признания [4, 5]. Компания должна самостоятельно разработать способ учета опционной премии, исходя из общих принципов бухгалтерского учета или МСФО, и закрепить его в учетной политике. Для ее расчета могут использоваться:

- рыночный подход (на основе цен аналогичных сделок);
- затратный подход (стоимость замены актива);
- доходный подход (дисконтирование будущих денежных потоков).

(ROV) и (BSM) представляют собой разные подходы к оценке опционов, причем первый ориентирован на инвестиционные проекты в бизнесе, а второй – на финансовые опционы, биржевые активы (табл. 3).

Таблица 3. Основные различия опционов [6]

Table 3. Key differences between financial and real options [6]

Критерий	Модель реальных опционов (ROV)	Модель Блэка – Шоулза – Мертона (BSM)
Объект оценки	Реальные проекты и управленческие решения	Финансовые опционы на торгуемые активы
Учет гибкости	Учитывает возможность изменения проекта (отсрочка, расширение, сокращение и т. д.)	Не учитывает гибкость, оценивает фиксированный опцион с заранее определенным сроком исполнения
Контекст применения	Корпоративное управление, оценка инвестиций, особенно в условиях высокой неопределенности	Финансовые рынки, торговля опционами
Подход к расчету	Может использовать разные модели (включая Блэка – Шоулза), учитывает множество сценариев	Конкретная математическая формула с жесткими предположениями
Роль менеджмента	Менеджмент активно влияет на стоимость опциона, принимая решения	Предполагается пассивное владение опционом без возможности влиять на базовый актив

¹Положение Банка России от 02.09.2015 №488-П «Отраслевой стандарт бухгалтерского учета производных финансовых инструментов некредитными финансовыми организациями», п. 7 ПБУ 1/2008

Таким образом, реальные опционы и модель BSM решают разные задачи: первые – оценка управленческих возможностей в бизнесе, вторые – расчет стоимости финансовых опционов на рынке.

Методика применения (ROV) включает следующие шаги, предложенные еще в 2018 году консалтинговой фирмой McKinsey [7]:

1. Вначале следует идентифицировать опции (ROV). Определить требуемый вид согласно таблице 1. Например, в антикризисном управлении могут рассматриваться: внедрение зеленых технологий, факторы рыночной конъюнктуры и пр.

2. Затем целесообразно оценить базовую стоимость посредством критерия – чистой приведенной стоимости (NPV), используя дисконтированный поток денежных средств (DCF).

3. Целесообразно смоделировать хотя бы четыре сценария, опираясь на метод Монте-Карло или биномиальную модель.

4. Рассчитать ценность опции и добавить ее к базовой стоимости в соответствии с выражением (1).

5. Выполнить анализ и сопоставления.

Рассмотрим различные варианты использования опций. Начнем с металлургического ООО МК «ЮГПРОММЕТАЛЛ». Общество рассматривает запуск нового мобильного приложения. Металлургическая отрасль – наглядный пример, где метод реальных опционов особенно востребован из-за длительных сроков, высоких затрат и крайней неопределенности на стадиях НИОКР(R&D).

На первом этапе определим масштаб (R&D). На основе анализа аналогов определяем сумму: $K_t = 0.5$ млн руб. в разработку прототипа на 1 год.

На втором этапе планируем запуск установочной сессии. Через год, если рынок отреагирует хорошо, можно инвестировать еще $K_t = 5$ млн руб. в расширение дашборда приложения.

На третьем этапе осуществим прогноз денежных потоков на основе данных отдела маркетинга. При успехе запущенное приложение принесет (PV) = 8 млн руб. При неудаче – 0 руб.

На пятом этапе оцениваем вероятность ($p(x)$). Вероятность успеха прототипа оценена в $p(x) = 50\%$. Безрисковая ставка (R_f) равна 5% . Ее определяем на сайте банка России по доходности безкупонных облигаций.

Расчет традиционным методом ожидаемого значения (NPV) в момент принятия решения:

$$E(NPV) = \sum_{t=0}^T (PV_t * p(x)) - \sum_{t=0}^T K_t \quad (3)$$

$$E(NPV) = \frac{0,5 \cdot 8 + 0,5 \cdot 0}{1 + 0,05} - 5 - 0,5 = -1,69 \text{ млн руб.}$$

Вывод, который можно сделать, основываясь на традиционных подходах, – проект убыточен, инвестировать не стоит. Но расчет методом реальных опционов (ROV) может дать иной результат.

На первом этапе определим тип опциона. Наиболее вероятен опцион на расширение (call option) на сумму 5 млн руб. через год.

На втором этапе строим биномиальное дерево (на конец первого года):

- В случае успеха, вероятность которого составляет $p(x) = 50\%$, определим выплаты по опциону. Стоимость актива (PV приток) = 8 млн руб. Выплата по опциону, берем максимальное значение: 3 млн руб. (Макс (8–5, 0)), следовательно, инвестируем.

- В случае неудачи, вероятность которой составляет $p = 50\%$, стоимость актива будет равна нулю. Выплата: 0 млн руб. (Макс (0–5, 0)), следует отказаться.

На третьем этапе определяем стоимость опциона (в будущем):

$$1.5 \text{ млн руб.} = (50 \% * 3) + (50 \% * 0).$$

На четвертом этапе определим приведенную стоимость опциона:

$$PVROV = \frac{1,5}{1 + 0,05} = 1,428 \text{ млн руб.}$$

На пятом этапе определим общую стоимость проекта (NPV + ROV). Это стоимость опциона на расширение *минус* стоимость получения этого опциона (инвестиции в R&D): стоимость проекта = 1,428 - 0,5 = 0,928 млн. руб. Стратегия «инвестировать в прототип, чтобы получить право на запуск», оправдана.

Рассмотрим следующий проект с опционом. Оценка месторождения в добывающей отрасли (опцион на отсрочку). Компания имеет лицензию на разработку месторождения руды на 2 года. Ожидаемая приведенная стоимость (PV) будущих доходов от добычи – 100 млн руб. Себестоимость добычи (инвестиции) – 105 млн руб. Волатильность цен на сырье – 30 %. Безрисковая ставка – 5 %. Расчет традиционным методом (NPV) дает негативный результат:

$$NPV = 100 - 105 = -5 \text{ млн руб.}$$

Добавим расчет методом реальных опционов (модель Блэка–Шоулза):

$$C = S * N(d_1) - X * e^{-rT} * N(d_2), \quad (4)$$

где:

C – теоретическая премия по колл (пут)-опциону;

S – текущая цена базового актива;

t – время до истечения опциона (в долях года);

K – цена исполнения опциона (страйк);

r – безрисковая ставка дисконтирования;

$N(d_1)$ и $N(d_2)$ – значения нормально распределенной функции в соответствующих точках;

σ^2 – дисперсия доходности базового актива;

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) * T}{\sigma * \sqrt{T}}, \quad (5)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma * \sqrt{T}, \quad (6)$$

$N(d)$ – кумулятивная функция нормального распределения.

Первый этап – определяем тип опциона – опцион на отсрочку. Компания может ждать 2 года (срок действия лицензии) в надежде на рост цен. Здесь целесообразно использовать финансовый опцион пут:

- цена базового актива (S) – это текущая PV доходов, которая равна 100 млн руб.;
- цена исполнения (K) – это необходимые инвестиции, равные 105 млн руб.;
- срок до экспирации (T) = 2 года;
- волатильность (σ) = 30 %;
- безрисковая ставка (r) = 5 %.

Расчет по формуле Блэка–Шоулза дает приблизительную стоимость опциона (цену отсрочки) $\approx 18,2$ млн руб.

Итог по (ROV): ценность права подождать 2 года до принятия решения составляет 18.2 млн руб. Это превышает отрицательный NPV (–5 млн руб.). Следовательно, проект ценен сохранением права вступить в него через определенное время и заработать 13.2 млн руб. В реальных ситуациях требуется более детальный анализ параметров.

Оценка реальных опций (ROV) идеальна для АО «Корпорация «Красный Октябрь», где исходные данные для любого проекта имеют высокую неопределенность. (Достаточно вспомнить, что завод «Красный Октябрь» был продан с молотка по цене, намного меньшей, чем было заявлено первоначально на аукционе). Точный расчет стоимости 1 % гибкости управления на металлургическом комбинате зависит от множества факторов.

Стоимость капитала компании характеризуется возвратом на инвестированный капитал (ROIC) – 4 %, убытки – 300 млн руб. за последний отчетный год, но тренды на зеленую сталь создают положительный прогноз роста рынка на 20 % ежегодно, что создает возможность будущей эффективности использования капитала компании по методике McKinsey. Традиционные методы дают недооцененный результат по инвестициям, игнорируя возможность расширения на спецстали для возобновляемой энергетики. Среднеотраслевое значение эффекта модернизации составляет 20–25 %. Эта величина определена многочисленными кейсами металлургических компаний, реализовавших антикризисное управление, которое массово сейчас осуществляют на заводах [8]. Волатильность цен на сталь ($\sigma = 30\%$) делает оценку реальных опций (ROV) более точной, чем (DCF), который фиксирует взвешенную среднюю стоимость капитала (WACC) на уровне 18 % без учета адаптации.

Базовая стоимость денежного потока после трансформации (DCF) составляет 3 млрд руб. (учитывая инвестиции 800 млн руб., рост выручки до 4 млрд руб.). Возврат на инвестированный капитал (ROIC) после трансформации и успешной реструктуризации по прогнозам составит 15 %. В проекте планируют использовать опцион на расширение производства стали на основе водорода, которое потребует дополнительно 500 млн руб. инвестиций через 3 года, если рынок зеленой стали «взлетит». В соответствии с проектом исходные данные следующие: $S = 3$ млрд руб., $K = 0,5$ млрд руб., $T = 3$ года, $r = 0,1$, $\sigma = 0,3$.

Стоимость опциона по модели Блэка–Шоулза: $C \approx 2,63$ млрд руб., по модели Монте-Карло (1000 симуляций): $\sim 2,65$ млрд руб.

Итоговая стоимость равна 5,63 млрд руб. (базовая часть (3 млрд руб.) + опция (2,63 млрд руб.)). Это на 125 % выше исходных активов (2,5 млрд руб.) и отражает ценность гибкости: если цены на сталь упадут, опцию не используют [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Теория реальных опционов опирается на множество концепций. В настоящее время теория продолжает развитие, обогащаясь хозяйственными прецедентами. Наиболее обсуждаемый вопрос сейчас – это вопрос об экономическом смысле опциона, то есть является он правом на гибкое управление, титулом собственности или активом. А. Диксит, Р. Пиндайк в 1994 г. в своей книге «Инвестиции в условиях неопределенности» рассматривали вопросы оптимального момента инвестирования, необратимости капитальных вложений, изменений титулов собственности и влияния неопределенности на стоимость проектов. Л. Тригеорги в 1991 году [10] предложил алгоритм для оценки взаимодействующих реальных опционов (реальных активов). Р. Брейли и С. Майерс [11] осуществили исследование по применению реальных опционов в оценке инвестиционных проектов. Премия за опцион может быть очень существенной, и этот актив сам по себе способен кардинально повлиять на финансовые итоги деятельности компании. Такой же точки зрения придерживаются М. Амрама, Н. Кулатилака, Т. Коупленда, В. Антикарова [2, 12].

А. В. Бухвалов [3], например, рассматривает такие аспекты опционов, как издержки мониторинга, ценообразования. Н. А. Алексеев, Л. А. Баев, О. В. Егорова и другие [2, 4] работали над применением реальных опционов в анализе инвестиционных проектов, в том числе в инновационно-инвестиционной сфере. А. Дамодаран [13, 14] – автор работ по инвестиционной оценке – рассматривает правовые аспекты реальных опционов. С позиций дискретности изменения опциона как права на гибкость управления известны работы Дж. С. Кокса и С. А. Росса [12]. Для проектов с высокой степенью уникальности может применяться интегрированный подход. Например, в методе DTRO (дерево решений с формулой Блэка–Шоулза) П. Боер [15] учитывает возможность изменения сроков на разных этапах проекта. В развитии теории реальных опционов в России можно наблюдать предпочтения правовой ауры опционов. В настоящее время многих авторов волнует вопрос создания механизма, обеспечивающего безусловную доходность сделки (особенно сделки M@A) [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Гибкость управления, как и любая услуга, имеет стоимость и ценность. Любой проект можно перепроектировать. Чтобы он стал привлекательным, возможно либо снизить первоначальные затраты на R&D, либо увеличить потенциальную отдачу от успешного запуска (или сделать и то, и другое).

Таким образом, теория реальных опционов предоставляет мощный аналитический инструмент для создания условий, при которых проект может стать выгодным, и для количественной оценки ценности управленческой гибкости. Определение стоимости 1 % гибкости управления в компании – сложная задача, так как гибкость не является прямым количественным показателем, а отражает способность системы адаптироваться к изменениям внешней и внутренней среды посредством:

- изменения организационной структуры, ее децентрализации и создания кросс-функциональных команд для упрощения процессов принятия решений;
- смены корпоративной культуры, развития коммуникаций, поощрения инициатив и экспериментов;
- цифровизации технологий, расширения сферы применения адаптивных технологий для управления проектами (Agile, Lean, Kanban и др.);
- тщательной классификации ресурсной базы для обеспечения роста коэффициентов ресурсосбережения.

Выводы

Для оценки гибкости можно использовать:

1. Количественные показатели. Например, время реагирования на изменения, количество успешно адаптированных проектов, скорость внедрения изменений в бизнес-процессы.
2. Качественные методы. Экспертные оценки, анализ степени адаптации к изменениям внешней среды, оценки способности к инновациям.
3. Комплексные модели. Сочетание финансовых, операционных и качественных показателей. Например, оценка влияния гибкости управления на рентабельность, производительность труда, удовлетворенность клиентов и др.

Для более точной оценки стоимости 1 % управления можно использовать такие методы, как: бенчмаркинг, анализ успешных кейсов компаний, сценарное планирование, составление провизорных мастер-планов:

1. Смоделировать сценарий с повышенной гибкостью. Например, предположить, что компания на 10 % быстрее адаптируется к изменениям рынка.
2. Рассчитать изменение ключевых показателей (выручка, рентабельность, денежный поток) в результате повышения гибкости.
3. Пересчитать стоимость компании с учетом измененных показателей.
4. Определить разницу в стоимости между исходным и модифицированным сценариями.
5. Разделить разницу на процент увеличения гибкости (например, на 10 %), чтобы получить условную «стоимость» 1 % гибкости.

Таким образом, расчет «стоимости» 1 % гибкости – это, скорее, методологический инструмент для оценки потенциала адаптации компании, чем точная метрика. Решение этой задачи определяется превалированием экспертных оценок над статистическими. Развитие кросс-функционального взаимодействия заинтересованных сторон в процессе принятия решений, использование методов групповой экспертизы и согласования интересов меняют восприятие эффективности проекта. Выбор инвестиционной альтернативы может изменить интеграция различных методов управления (например, бережливый стартап).

Таким образом, современная экономическая практика решает проблему оценки гибкости управления посредством реальных опционов, использования цифровых инструментов и интеграции с разнообразными теориями управления стоимостью капитала компании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухвалов А. В. Асимметрия между инсайдерами и аутсайдерами: проблемы двойственности оценки активов компаний // Российский журнал менеджмента. 2008. Т. 6. № 4. С. 017–048. EDN: JXTFQH
2. Баев Л. А., Егорова О. В. Развитие теории реальных опционов как инструмента адаптивного управления эффективностью инвестиционных проектов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2024. Т. 18. № 2. С. 75–90. DOI: 10.14529/em240206
3. Нестерова Н. И. Применение реальных опционов в лизинговых проектах // Финансы: теория и практика. 2015. № 6(90). С. 179–184. EDN: VIYWOP
4. Грызунова Н. В., Ейд А. Х. Ключевые тенденции в международной торговле деривативами // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2024. Т. 21. № 5(137). С. 79–88. DOI: 10.21686/2413-2829-2024-5-79-88
5. Телехов И. И. Анализ инновационно-инвестиционных проектов со встроенными реальными опционами // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2016. № 3. С. 155–175. DOI: 10.21638/11701/spbu05.2016.309
6. Galiège X. Avinash Dixit, Robert Pindyck, investment under uncertainty. 1994 // Sciences de la Société. 1995. Т. 36. № 1. С. 207–209.
7. Chiang T. Will AI become the new McKinsey? // The New Yorker. 2023. Т. 4. № 5. С. 2023.
8. Knight Frank. Russian real estate market overview 2021–2023. Knight Frank Russia, 2023. Режим доступа: <https://knightfrank.ru> (дата обращения: 18.08.2025).
9. Голенская Т. А. Обоснование возможности использования модели Блэка–Шоулза в региональной экономике // Конференция «Вызовы глобализации и развитие цифрового общества в условиях новой реальности». 2023. С. 273–279.
10. Λούκας Δ. Εφαρμογή της μεθόδου των πραγματικών χρηματοοικονομικών δικαιωμάτων-Real Options, στη λήψη επενδυτικών αποφάσεων με αβεβαιότητα. 2009, 157 σ.
11. Брейли Р., Майерс Стюарт. Принципы корпоративных финансов / пер. с англ. Н. Барышниковой. М.: ЗАО «Олимп–Бизнес», 2008. 1008 с.

12. Росс С. А., Вестерфилд Р. У., Джордан Б. Д. Основы корпоративных финансов. Litres, 2021. 500 с.
13. Damodaran A. Applied corporate finance. 5th, New York: Wiley, 2023. 992 p.
14. Damodaran A. Country risk premiums. Stern School of Business, New York University. Режим доступа: <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/> (дата обращения: 29.08.2025).
15. Боер П. Оценка стоимости технологий проблемы бизнеса и финансов в мире исследований и разработок. Olympus Business, 2007.
16. Baker Hughes. LNG project tracker: arctic LNG 2, Yamal LNG. Baker Hughes Reports, 2023. Режим доступа: <https://www.bakerhughes.com> (дата обращения: 21.08.2025).

REFERENCES

1. Bukhvalov A.V. Asymmetry between insiders and outsiders: problems of ambivalence in valuing companies' assets. *Russian Management Journal*. 2008. Vol. 6. No. 4. Pp. 017–048. (In Russian)
2. Baev L.A., Yegorova O.V. Development of the theory of real options as a tool for adaptive performance management of investment projects. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management*. 2024. Vol. 18. No. 2. Pp. 75–90. (In Russian)
3. Nesterova N.I. The use of real options in leasing projects. *Finance: Theory and Practice*. 2015. No. 6(90). Pp. 179–184. (In Russian)
4. Gryzunova N.V., Yeid A.Kh. Key trends in international derivatives trading]. *Vestnik Rossiiskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G.V. Plekhanova* [Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics]. 2024. Vol. 21. No. 5(137). Pp. 79–88. (In Russian)
5. Telekhov I.I. Analysis of innovation and investment projects with embedded real options. *St Petersburg University Journal of Economic Studies*. 2016. No. 3. Pp. 155–175. (In Russian)
6. Galiègue X. Avinash dixit, Robert Pindyck, investment under uncertainty. 1994. *Sciences de la Société*. 1995. Vol. 36. No. 1. Pp. 207–209.
7. Chiang T. Will AI become the new McKinsey? *The New Yorker*. 2023. Vol. 4. No. 5. 2023 p.
8. Knight Frank. Russian real estate market overview 2021–2023. Knight Frank Russia, 2023. URL: <https://knightfrank.ru> (accessed: 18.08.2025)
9. Golenskaya T.A. Substantiation of the possibility of using the Black-Scholes model in the regional economy. *Vyzovy globalizatsii i razvitie cifrovogo obshchestva v usloviyah novoi real'nosti* [The challenges of globalization and the development of a digital society in a new reality]: conference. 2023. Pp. 273–279. (In Russian)
10. Λούγκας Δ. Εφαρμογή της μεθόδου των πραγματικών χρηματοοικονομικών δικαιωμάτων-Real Options, στη λήψη επενδυτικών αποφάσεων με αβεβαιότητα. 2009. 157 σ. (In Grech.)
11. Breili R., Maiers Styuart. *Printsiipi korporativnikh finansov* [Principles of corporate finance]. Per. s angl. N. Barishnikovoi. M.: ZAO «Olimp–Biznes», 2008. 1008 p. (In Russian)
12. Ross S.A., Vesterfeld R.U., Dzhordan B.D. *Osnovi korporativnikh finansov*. Litres, 2021. 500 p.
13. Damodaran A. Applied corporate finance. 5th, New York, Wiley, 2023. 992 p.
14. Damodaran A. Country risk premiums. stern school of business, New York University. URL: <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/> (accessed: 29.08.2025)
15. Boer P. Technology cost estimation business and finance challenges in the world of research and development. Olympus Business, 2007. (In Russian)
16. Baker Hughes. LNG project tracker: Arctic LNG 2, Yamal LNG. Baker Hughes Reports, 2023. URL: <https://www.bakerhughes.com> (accessed: 21.08.2025)

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

Грызунова Наталья Владимировна, д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры финансов устойчивого развития, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова;

115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

профессор кафедры прикладной математики, Университет «Синергия»;

129090, Россия, Москва, ул. Мещанская, 9/14, стр. 1;

профессор кафедры международного менеджмента и управления, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации;

119571, Россия, Москва, проспект Вернадского, 82, стр. 1;

Gryzunova.NV@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8582-7389>, SPIN-код: 7444-2346

Трамова Азиза Мухамадиевна, д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры информатики, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова;

115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

профессор кафедры прикладной математики, Университет «Синергия»;

129090, Россия, Москва, ул. Мещанская, 9/14, стр. 1;

Tramova.am@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4089-6580>, SPIN-код: 8583-3592

Information about the authors

Natalia V. Gryzunova, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Sustainable Development Finance, Plekhanov Russian University of Economics;

36, Stremyanny lane, Moscow, 115054, Russia;

Professor of the Department of Applied Mathematics, Synergy University;

9/14, building 1, Meshchanskaya street, Moscow, 129090, Russia;

Professor of the Department of International Management, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration;

82, building 1, Vernadsky prospekt, Moscow, 119571, Russia;

Gryzunova.NV@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8582-7389>, SPIN-code: 7444-2346

Aziza M. Tramova, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Informatics, Plekhanov Russian University of Economics;

36, Stremyanny lane, Moscow, 115054, Russia;

Professor of the Department of Applied Mathematics, Synergy University;

9/14, building 1, Meshchanskaya street, Moscow, 129090, Russia;

Tramova.am@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4089-6580>, SPIN-code: 8583-3592

УДК 330.341.1:004.738.5

Научная статья

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-4-130-144>

 UFDHBO

Синергетические и ограничивающие эффекты взаимодействия экосистем и цифровых платформ в инновационной экономике

К. В. Дьячков[✉], Г. В. Дьячков

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360010, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2

Аннотация. В статье исследуются закономерности взаимодействия цифровых платформ и платформенных экосистем в условиях формирования инновационной экономики. Обосновано, что влияние платформенных моделей на инновационное развитие не является однозначно положительным и определяется соотношением синергетических и ограничивающих эффектов. В отличие от существующих исследований, рассматривающих в основном преимущества платформенной экономики, предложена концептуальная модель двойственного воздействия платформенных экосистем, учитывающая одновременно процессы генерации инноваций и факторы, ограничивающие их распространение.

Цель исследования – анализ институциональных аспектов регулирования платформенных экосистем и выявление их влияния на формирование и динамику инновационного спроса.

Результаты. Выделены основные виды синергетических эффектов, возникающих в результате платформенного взаимодействия: сетевой, информационный, инновационный, инвестиционный, кооперационный, инфраструктурный и региональный. Одновременно систематизированы ограничивающие эффекты, связанные с цифровым неравенством, концентрацией данных, платформенной зависимостью, алгоритмической асимметрией, монополизацией цифровых рынков и усилением межрегиональной дифференциации.

Разработана авторская концептуальная модель интегрального эффекта платформенной экономики, в которой результирующее влияние платформ определяется балансом между усиливающими и ограничивающими факторами. Показано, что инновационная динамика регионов зависит не столько от уровня цифровизации, сколько от способности региональной социально-экономической системы преобразовывать платформенные взаимодействия в устойчивые инновационные процессы. Обосновано, что эффективная государственная политика должна быть направлена не только на стимулирование цифровизации, но и на снижение ограничивающих эффектов платформенной экономики посредством развития цифровой инфраструктуры, совершенствования институтов регулирования, обеспечения конкурентной среды и сокращения цифрового разрыва между регионами.

Выводы. Полученные результаты развивают положения теории инновационной экономики и экономики платформ, формируя методологическую основу для дальнейшего исследования цифровых экосистем и разработки инструментов управления инновационным развитием регионов.

Ключевые слова: платформенная экономика, цифровые платформы, платформенные экосистемы, инновационная экономика, синергетический эффект, сетевые эффекты, цифровая трансформация, региональная экономика, инновационное развитие, государственное регулирование

Поступила 02.07.2026, одобрена после рецензирования 31.07.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Дьячков К. В., Дьячков Г. В. Синергетические и ограничивающие эффекты взаимодействия экосистем и цифровых платформ в инновационной экономике // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 130–144. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-130-144

© Дьячков К. В., Дьячков Г. В., 2026



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

Synergistic and constraining effects of interaction between ecosystems and digital platforms in the innovation economy

K.V. Dyachkov✉, G.V. Dyachkov

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia

Abstract. The article explores the patterns of interaction between digital platforms and platform ecosystems within the context of an emerging innovation economy. It is substantiated that the impact of platform models on innovative development is not unequivocally positive and is determined by the balance between synergistic and limiting effects. In contrast to existing studies that primarily focus on the advantages of the platform economy, this paper proposes a conceptual model of the dual impact of platform ecosystems, capturing both innovation generation processes and factors that constrain their diffusion.

Aim. The objective of this research is to examine the institutional aspects of platform ecosystem governance and determine its influence on the shaping and dynamics of innovation-driven demand.

Results. The research classifies the core synergistic effects generated by platform interaction into network, knowledge-driven, innovative, investment, collaborative, infrastructural, and regional effects. Concurrently, the research categorizes the constraining factors stemming from digital inequality, data aggregation, platform dependency, algorithmic asymmetry, digital market monopolization, and intensifying interregional disparities.

The author's conceptual model of the platform economy's aggregate impact has been designed, wherein the net influence of platforms hinges on the trade-off between driving and constraining forces. It is shown that the innovation dynamics of regions depend not so much on the level of digitalization as on the capacity of the regional socio-economic system to transform platform interactions into sustainable innovation processes. The study demonstrates that effective public policy must go beyond merely promoting digitalization; it must actively neutralize the constraining impacts of the platform economy by expanding digital infrastructure, enhancing regulatory frameworks, fostering market competition, and reducing regional digital disparities.

Conclusions. These findings contribute to the theoretical foundations of innovation economics and the platform economy, establishing a methodological groundwork for future studies on digital ecosystems and the design of governance tools for regional innovation dynamics.

Keywords: platform economy; digital platforms; platform ecosystems; innovative economy; synergistic effect; network effects; digital transformation; regional economy; innovative development; government regulation

Submitted 02.07.2026,

approved after reviewing 31.07.2026,

accepted for publication 07.08.2026

For citation. Dyachkov K.V., Dyachkov G.V. Synergistic and constraining effects of interaction between ecosystems and digital platforms in the innovation economy. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 130–144. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-130-144

ВВЕДЕНИЕ

В условиях цифровой трансформации экономики платформенные экосистемы становятся ключевым элементом организации хозяйственной деятельности, формируя новые рынки, каналы взаимодействия и модели создания стоимости. Их распространение сопро-

© Dyachkov K.V., Dyachkov G.V., 2026



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

вождается существенными изменениями в структуре спроса, особенно в части инновационных продуктов и услуг. В отличие от традиционных рынков, где спрос формируется преимущественно через ценовые сигналы и маркетинговые коммуникации, в платформенной экономике ключевую роль начинают играть институциональные и алгоритмические механизмы координации [1–3].

Современные исследования подчеркивают, что платформы не являются нейтральными посредниками, а активно формируют правила доступа, стандарты взаимодействия и архитектуру выбора для пользователей и производителей [8, 14, 16, 20]. Эти правила, закрепленные как в формальных институтах (законодательство, регулирование, контракты), так и в неформальных (алгоритмы, нормы поведения, практики саморегулирования), оказывают прямое влияние на инновационный спрос. В результате спрос на инновации становится институционально обусловленным и все в большей степени зависит от конфигурации платформенной экосистемы.

Институциональная экономика рассматривает институты как «правила игры», определяющие стимулы и ограничения экономических агентов [7]. В этом контексте платформенные экосистемы формируют собственные институциональные режимы, которые могут как стимулировать инновационную активность, так и создавать барьеры для ее развития. Работы Дж. Ф. Мура, А. Хейна, М. Шрайека, Т. Рязанова и последователей показывают, что эффективность экономических систем определяется не только технологическими факторами, но и качеством институтов, снижающих неопределенность и транзакционные издержки [7–9].

Параллельно развивается литература, посвященная регулированию цифровых платформ и экосистем. Исследования OECD, Европейской комиссии и национальных регуляторов фиксируют рост концентрации рыночной власти платформ, асимметрию доступа к данным и риски ограничения конкуренции [10–12]. В ответ формируются новые регуляторные подходы, включая антимонопольное регулирование, регулирование данных и алгоритмов, а также специальные режимы для цифровых рынков. Однако влияние этих мер на инновационный спрос остается предметом научной дискуссии.

Несмотря на растущий массив исследований недостаточно проработанным остается вопрос о том, каким образом институциональные механизмы регулирования платформенных экосистем влияют именно на инновационный спрос, а не только на предложение или конкуренцию.

Целью данной статьи является анализ институциональных аспектов регулирования платформенных экосистем и выявление их влияния на формирование и динамику инновационного спроса. Для достижения цели решаются следующие задачи: анализ теоретических подходов к институтам и платформам, выявление ключевых регуляторных механизмов, разработка концептуальной модели влияния институтов на инновационный спрос, формулирование выводов для инновационной политики.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ И ЭКОСИСТЕМ

Развитие цифровой экономики привело к качественному изменению механизмов создания стоимости, организации рыночных взаимодействий и генерации инноваций. Одним из ключевых факторов этих преобразований стало распространение цифровых платформ и формирование платформенных экосистем, которые в настоящее время рассматриваются не только как технологическая инфраструктура обмена товарами и услугами, но и как особый институт координации экономической деятельности. Их развитие сопровождается возникновением новых механизмов взаимодействия экономических субъектов, основанных на использовании данных, сетевых эффектах, цифровых алгоритмов и распределенных форм создания знаний [1–4].

Научные исследования платформенной экономики первоначально развивались в рамках теории многосторонних рынков (two-sided markets). В фундаментальных работах J.-C. Rochet и J. Tirole платформа определяется как экономический посредник, обеспечивающий взаимодействие между двумя и более группами пользователей, ценность которого возрастает по мере увеличения числа участников каждой стороны рынка [1]. В дальнейшем данная концепция получила развитие в исследованиях М. Armstrong [2], D. Evans [3], Т. Eisenmann, G. Parker и М. Van Alstyne [4], где было показано, что основой конкурентных преимуществ цифровых платформ выступают косвенные сетевые эффекты, позволяющие существенно снижать транзакционные издержки и повышать эффективность координации участников рынка.

Вместе с тем современная цифровая экономика существенно отличается от моделей, описанных в ранних исследованиях двухсторонних рынков. Если первоначально платформа рассматривалась преимущественно как механизм организации обмена между продавцами и покупателями, то в настоящее время она представляет собой сложную социально-экономическую систему, объединяющую производителей, потребителей, разработчиков программных решений, поставщиков цифровой инфраструктуры, финансовые институты и государственные органы. В результате формируется платформенная экосистема, обладающая способностью к саморазвитию за счет постоянного расширения состава участников, накопления данных и возникновения новых форм кооперации [5].

Концепция экосистемного развития получила широкое распространение в работах М. Iansiti и R. Levien [6], которые впервые предложили рассматривать цифровую платформу как ядро экономической экосистемы, обеспечивающее устойчивость взаимодействия множества взаимозависимых субъектов. Впоследствии данная идея получила развитие в исследованиях J. F. Moore [7], А. Gawer [8], А. Hein и соавторов [9], где экосистема трактуется как динамическая сеть организаций, совместно создающих ценность посредством непрерывного обмена знаниями, технологиями и цифровыми ресурсами.

В отличие от традиционных организационных структур платформенные экосистемы обладают рядом фундаментальных особенностей. Во-первых, их функционирование основано на непрерывном накоплении и обработке больших массивов данных, которые становятся самостоятельным фактором производства и одновременно источником конкурентных преимуществ. Во-вторых, взаимодействие участников координируется преимущественно алгоритмическими механизмами, обеспечивающими автоматизированное распределение информации, заказов и ресурсов. В-третьих, расширение числа пользователей сопровождается возникновением положительных сетевых эффектов, при которых ценность платформы возрастает быстрее количества ее участников. Именно совокупность данных процессов формирует предпосылки возникновения синергетических эффектов.

Следует отметить, что категория «синергетический эффект» в экономической литературе традиционно связывается с получением дополнительного результата вследствие совместного действия нескольких факторов. В отношении платформенной экономики данный эффект проявляется в том, что взаимодействие цифровой инфраструктуры, данных, алгоритмов и человеческого капитала обеспечивает инновационный результат, который невозможно получить при изолированном функционировании отдельных элементов системы. Таким образом, синергия выступает не простым суммированием эффектов цифровизации, а результатом формирования новых экономических связей между участниками платформенной экосистемы.

Анализ современной литературы позволяет выделить несколько ключевых механизмов формирования синергетических эффектов.

Первым механизмом являются сетевые эффекты, возникающие вследствие увеличения числа участников платформы. Рост количества пользователей расширяет возможности взаимодействия между ними, способствует увеличению объема транзакций, ускоряет распространение информации и формирует дополнительные стимулы к инновационной деятельности [1, 4].

Вторым механизмом выступает эффект данных. По мере накопления цифровой информации платформы получают возможность совершенствовать алгоритмы поиска, персонализации и прогнозирования поведения пользователей. Это способствует снижению информационной асимметрии, повышению качества управленческих решений и ускорению коммерциализации инноваций [10].

Третьим механизмом является кооперационный эффект, проявляющийся в объединении ресурсов различных участников экосистемы. В отличие от традиционных интеграционных моделей платформенные экосистемы обеспечивают координацию независимых экономических субъектов без формирования жестких организационных структур. Это создает благоприятные условия для реализации открытых инноваций, совместных исследований и разработки новых цифровых продуктов [11].

Четвертым механизмом является инновационный эффект, возникающий вследствие ускорения обмена знаниями между участниками платформенной экосистемы. Непрерывный информационный обмен сокращает цикл создания инноваций, снижает издержки внедрения новых технологий и способствует формированию распределенных инновационных сетей.

Наконец, важным элементом синергии является пространственный эффект, который проявляется в усилении инновационной активности отдельных территорий. Концентрация цифровой инфраструктуры, человеческого капитала и высокотехнологичных компаний способствует формированию региональных инновационных экосистем, обладающих способностью к ускоренному развитию. Однако интенсивность данного эффекта существенно различается между регионами и определяется качеством институциональной среды, уровнем цифровизации и степенью вовлеченности субъектов экономики в платформенные взаимодействия.

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных преимуществам платформенной экономики, большинство существующих подходов рассматривают синергетические эффекты как безусловно положительное следствие цифровизации. Между тем усиление платформенного взаимодействия сопровождается и противоположными процессами – ростом рыночной концентрации, накоплением цифрового неравенства, усилением зависимости пользователей от крупнейших платформ и увеличением межрегиональной дифференциации. Эти процессы способны существенно снижать общий инновационный эффект платформенной экономики и требуют самостоятельного теоретического анализа.

Таким образом, анализ научной литературы показывает, что существующие концепции достаточно полно раскрывают отдельные механизмы формирования сетевых и инновационных эффектов цифровых платформ, однако практически не рассматривают их во взаимосвязи с ограничивающими факторами развития платформенной экономики. Это обуславливает необходимость разработки комплексной концептуальной модели, позволяющей оценивать интегральный эффект функционирования платформенных экосистем как результат взаимодействия усиливающих и ограничивающих процессов. Именно данная задача рассматривается в следующем разделе статьи.

2. ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ЭФФЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ И ЭКОСИСТЕМ

Несмотря на значительный потенциал цифровых платформ как инструмента ускорения инновационного развития их распространение сопровождается возникновением ряда ограничивающих эффектов, способных существенно снижать эффективность функционирования инновационной экономики. В отличие от синергетических эффектов, усиливающих процессы создания и распространения инноваций, ограничивающие эффекты формируют институциональные, экономические и технологические барьеры, препятствующие полноценной реализации преимуществ платформенной модели хозяйствования. Исследования

свидетельствуют, что по мере роста масштабов цифровых платформ возрастает не только их инновационный потенциал, но и степень концентрации экономической власти, информационных ресурсов и цифровых компетенций [12–15].

Следует отметить, что большинство существующих исследований рассматривают негативные последствия платформенной экономики как отдельные проблемы конкурентной политики, регулирования персональных данных или цифрового неравенства [16–18]. Однако подобный подход не позволяет объяснить механизм их совместного влияния на инновационное развитие. В действительности ограничивающие эффекты взаимосвязаны и образуют сложную систему, в которой усиление одного фактора способствует возникновению других негативных последствий. Именно поэтому они должны рассматриваться не изолированно, а как единая подсистема платформенной экономики, противодействующая реализации синергетических эффектов.

По мнению авторов, ограничивающие эффекты цифровых платформ целесообразно классифицировать по шести взаимосвязанным направлениям: институциональные, рыночные, технологические, информационные, социальные и пространственные. Предлагаемая классификация позволяет комплексно оценить влияние платформенной экономики на инновационные процессы и определить направления государственного регулирования.

Первую группу образуют институциональные эффекты, связанные с трансформацией механизмов экономического управления. По мере развития платформ возрастает роль частных цифровых операторов, которые фактически формируют собственные правила функционирования рынков, алгоритмы допуска участников, условия взаимодействия и механизмы распределения информации. В результате происходит частичное смещение регулирующих функций от государственных институтов к владельцам цифровых платформ. Это приводит к возникновению институциональной асимметрии, при которой отдельные хозяйствующие субъекты получают различный доступ к цифровым ресурсам и возможностям инновационного развития [19].

Вторым направлением являются рыночные ограничения, обусловленные высокой концентрацией платформенного капитала. Экономика цифровых платформ характеризуется эффектом «победитель получает почти все» (winner-takes-most), при котором крупные платформы получают устойчивые конкурентные преимущества за счет сетевых эффектов, накопленных данных и масштаба деятельности [2, 20]. Это существенно повышает барьеры входа на рынок, ограничивает возможности появления новых участников и снижает интенсивность инновационной конкуренции. Парадоксально, но именно механизмы, первоначально стимулирующие инновации, по мере достижения определенного уровня концентрации начинают ограничивать дальнейшее технологическое развитие.

Третью группу составляют технологические ограничения. Современные платформенные экосистемы функционируют на основе сложных цифровых алгоритмов, архитектура которых, как правило, закрыта для внешних пользователей. Вследствие этого формируется технологическая зависимость участников экосистемы от владельца платформы. Изменение алгоритмов ранжирования, доступа к сервисам или условий взаимодействия способно существенно изменить конкурентные позиции организаций независимо от качества их продукции или инновационного потенциала. Подобная зависимость ограничивает самостоятельность хозяйствующих субъектов и увеличивает риски технологической блокировки инновационных решений [21].

Особое место занимают информационные ограничения, обусловленные концентрацией данных. В современной цифровой экономике данные становятся одним из ключевых факторов производства и источником формирования конкурентных преимуществ [22]. Однако

накопление значительных массивов информации крупнейшими платформами приводит к усилению информационной асимметрии между различными группами участников рынка. Компании, не обладающие сопоставимыми объемами данных, оказываются в менее выгодном положении при разработке инновационных продуктов, использовании технологий искусственного интеллекта и прогнозировании поведения потребителей. Таким образом, концентрация данных постепенно трансформируется в самостоятельный фактор ограничения инновационной конкуренции.

Следующей группой являются социальные ограничения, связанные с неравномерным распределением цифровых компетенций и различиями в уровне цифровой грамотности населения. Несмотря на активное распространение цифровых технологий возможности участия в платформенной экономике существенно различаются между отдельными категориями населения, предприятиями и территориями. Недостаточный уровень цифровых навыков ограничивает вовлеченность субъектов экономики в инновационные процессы, снижает эффективность использования платформенных сервисов и препятствует распространению новых технологий [23].

Наиболее значимыми с позиции региональной экономики являются пространственные ограничения. Проведенные исследования свидетельствуют, что платформенная экономика развивается крайне неравномерно. Основные цифровые платформы концентрируются в крупнейших агломерациях, обладающих развитой инфраструктурой, высокой плотностью человеческого капитала и значительным инвестиционным потенциалом [24]. В результате формируется эффект цифровой поляризации, при котором регионы-лидеры получают дополнительное ускорение инновационного развития, тогда как периферийные территории постепенно утрачивают конкурентные преимущества. Особенно отчетливо данная тенденция проявляется в регионах с недостаточным уровнем цифровой инфраструктуры, ограниченным доступом к высокоскоростным каналам передачи данных и низкой инновационной активностью.

Следовательно, платформенная экономика не устраняет региональные различия автоматически. Напротив, при отсутствии эффективной государственной политики она способна усиливать пространственную дифференциацию, увеличивая разрыв между цифровыми центрами и периферией. Для Российской Федерации данная проблема имеет особое значение вследствие значительной неоднородности социально-экономического развития ее субъектов.

Обобщая результаты проведенного анализа, можно сделать вывод, что ограничивающие эффекты платформенной экономики имеют системный характер и формируются в результате взаимодействия институциональных, рыночных, технологических, информационных, социальных и пространственных факторов. Их влияние проявляется в снижении интенсивности инновационной конкуренции, усилении цифрового неравенства, концентрации экономической власти и замедлении распространения инноваций. Следовательно, эффективность платформенных экосистем определяется не только масштабами цифровизации, но и способностью государства и институтов развития минимизировать действие указанных ограничений.

Таким образом, в отличие от существующих исследований в настоящей работе ограничивающие эффекты рассматриваются как самостоятельная подсистема платформенной экономики, взаимодействующая с системой синергетических эффектов. Именно баланс между этими двумя подсистемами определяет интегральный результат цифровой трансформации и инновационного развития региональной экономики. Данное положение становится теоретической основой разработки авторской концептуальной модели, представленной в следующем разделе статьи.

3. АВТОРСКАЯ КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ОГРАНИЧИВАЮЩИХ ЭФФЕКТОВ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ И ЭКОСИСТЕМ

Проведенный анализ научной литературы свидетельствует, что большинство существующих моделей платформенной экономики строятся на предположении о преимущественно положительном влиянии цифровых платформ на инновационное развитие. В центре внимания исследователей находятся сетевые эффекты, снижение транзакционных издержек, ускорение обмена знаниями, расширение доступа к рынкам и повышение эффективности распределения ресурсов. При этом негативные последствия платформизации рассматриваются, как правило, обособленно – в рамках исследований цифрового неравенства, монополизации рынков или регулирования цифровых данных. Подобная фрагментарность не позволяет объяснить, почему в одних случаях развитие платформенных экосистем сопровождается ускорением инновационной активности, тогда как в других приводит к усилению структурных диспропорций и снижению эффективности инновационных процессов.

Функционирование платформенной экономики представляет собой результат одновременного действия двух противоположно направленных групп факторов. Первая группа формирует синергетические эффекты, обеспечивающие ускорение инновационного развития посредством усиления взаимодействия экономических субъектов, распространения знаний и повышения эффективности использования данных. Вторая группа образует систему ограничивающих эффектов, снижающих результативность платформенной экономики вследствие концентрации ресурсов, роста институциональных барьеров, усиления цифрового неравенства и монополизации цифровых рынков. Следовательно, итоговое воздействие платформенных экосистем определяется не абсолютным уровнем цифровизации, а соотношением усиливающих и ограничивающих процессов.

Исходя из данного положения предлагается авторская концептуальная модель интегрального эффекта платформенной экономики, основанная на взаимодействии трех взаимосвязанных блоков: входных факторов платформенного развития, механизмов формирования синергетических и ограничивающих эффектов и результирующих показателей инновационного развития.

В качестве входных факторов рассматриваются цифровая инфраструктура, данные, человеческий капитал, платформенная вовлеченность хозяйствующих субъектов, качество институциональной среды и уровень развития региональной инновационной системы. Именно эти элементы формируют исходные условия функционирования платформенных экосистем и определяют потенциальную способность региона использовать преимущества цифровой трансформации.

На следующем уровне модели происходит преобразование входных факторов посредством двух взаимосвязанных механизмов. Первый механизм обеспечивает формирование синергетических эффектов, включая сетевой, информационный, инновационный, кооперационный, инвестиционный и пространственный эффекты. Совместное действие указанных факторов приводит к росту инновационной активности, сокращению транзакционных издержек, ускорению коммерциализации разработок, расширению межфирменной кооперации и повышению эффективности использования интеллектуального капитала.

Одновременно функционирует второй механизм, связанный с формированием ограничивающих эффектов. К их числу относятся цифровое неравенство, концентрация данных, платформенная зависимость, алгоритмическая асимметрия, монополизация цифровых рынков, институциональные ограничения и пространственная поляризация инновационного развития. Особенностью данных факторов является их способность усиливать друг друга, образуя самоподдерживающийся контур ограничения инновационной активности.

Так, концентрация данных способствует усилению рыночной власти крупнейших платформ, что в свою очередь увеличивает барьеры входа для новых участников и ограничивает возможности распространения инноваций.

В отличие от существующих подходов в предлагаемой модели синергетические и ограничивающие эффекты рассматриваются не как независимые процессы, а как взаимосвязанные подсистемы единой платформенной экосистемы. Их взаимодействие носит нелинейный характер и определяется наличием многочисленных обратных связей. Усиление синергетических эффектов способно частично компенсировать действие отдельных ограничений, тогда как рост ограничивающих факторов приводит к ослаблению сетевых эффектов, снижению инновационной активности и уменьшению эффективности платформенной кооперации. Таким образом, развитие платформенной экономики представляет собой динамический процесс постоянного перераспределения влияния между усиливающими и ограничивающими механизмами.

Содержательно интегральный эффект функционирования платформенной экосистемы может быть представлен в виде следующей зависимости:

$$E_{PE}=f(S,L,I,R),$$

где E_{PE} – интегральный эффект функционирования платформенной экосистемы;

S – совокупный синергетический эффект;

L – совокупный ограничивающий эффект;

I – качество институциональной среды;

R – уровень развития региональной инновационной системы.

Однако для инновационной экономики подобная линейная зависимость является недостаточной, поскольку синергетические и ограничивающие процессы взаимодействуют между собой.

В рамках данной модели интегральный эффект платформенной экономики рассматривается как нелинейная функция, характеризующая способность региональной экономики трансформировать цифровые ресурсы в инновационный результат. Это означает, что одинаковый уровень цифровизации может приводить к различным инновационным результатам в зависимости от состояния институтов, качества управления и степени развития платформенной кооперации.

Принципиальным отличием предлагаемой концепции является введение коэффициента платформенного баланса K_{pb} , отражающего соотношение усиливающих и ограничивающих процессов:

$$K_{pb} = \frac{S}{L}.$$

Если $K_{pb}>1$, синергетические эффекты преобладают над ограничивающими, и платформенная экосистема становится фактором ускоренного инновационного развития. При $K_{pb}=1$ система находится в состоянии динамического равновесия, при котором потенциал цифровизации реализуется лишь частично. Если же $K_{pb}<1$, ограничивающие эффекты начинают доминировать, что приводит к замедлению инновационной активности, росту цифровой зависимости и усилению межрегиональной дифференциации.

Предлагаемая концептуальная модель имеет не только теоретическое, но и прикладное значение. Она позволяет перейти от оценки отдельных характеристик цифровизации к анализу общего качества функционирования платформенной экосистемы. Кроме того, модель создает основу для разработки системы количественных индикаторов платформенного развития, проведения межрегиональных сравнений и оценки эффективности государственной политики в сфере цифровой экономики.

Предложенная концептуальная модель (рис. 1) отражает авторский подход к исследованию механизмов функционирования платформенной экономики, основанный на рассмотрении цифровых платформ и платформенных экосистем как сложных адаптивных социально-экономических систем. В отличие от существующих моделей, акцентирующих внимание преимущественно на положительных результатах цифровизации, разработанная схема демонстрирует двойственную природу платформенных процессов, при которой инновационное развитие формируется под воздействием одновременно усиливающих и ограничивающих факторов. Такой подход позволяет перейти от линейного анализа платформенных эффектов к исследованию их динамического взаимодействия и оценке результирующего воздействия на региональные инновационные системы.

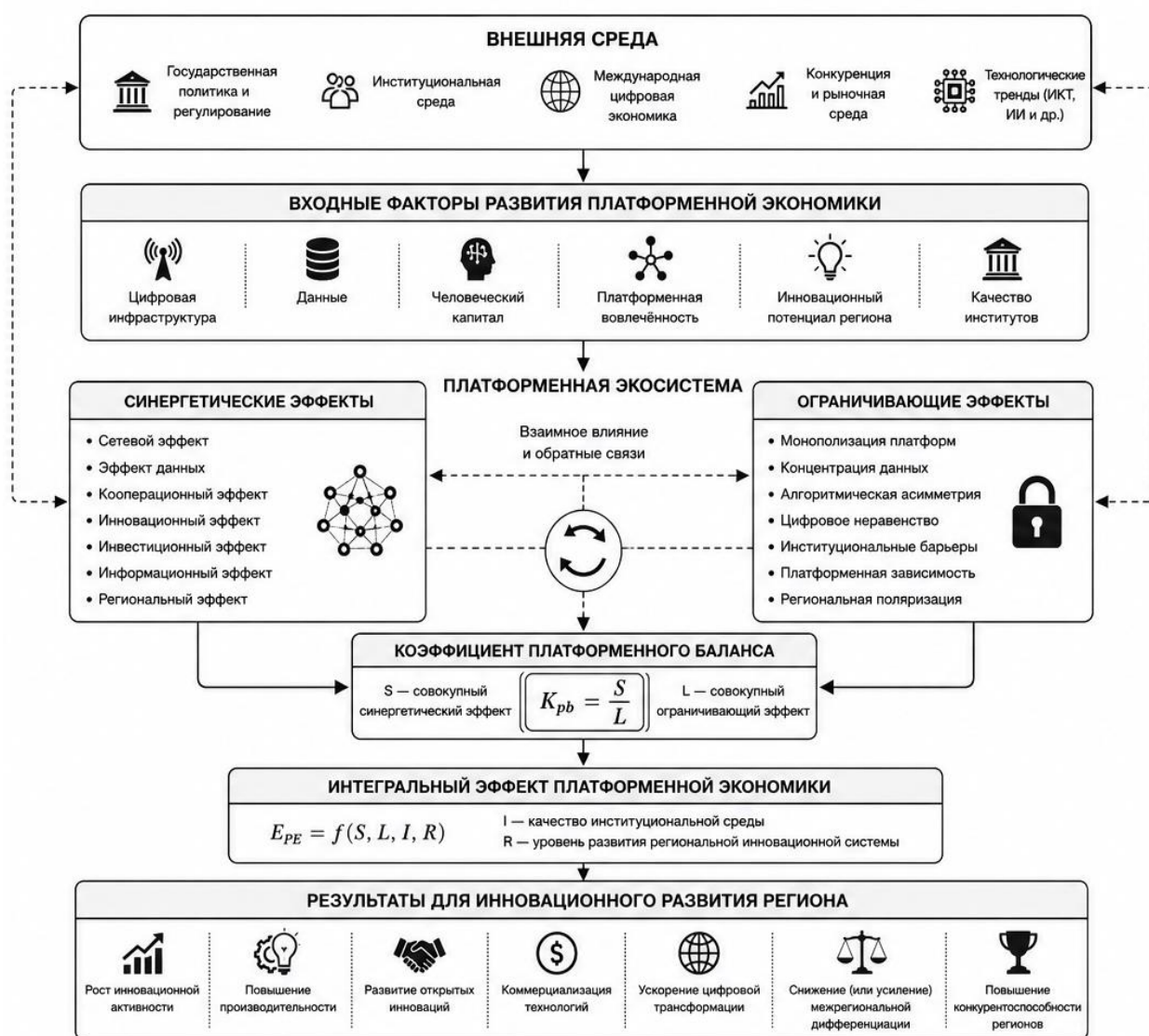


Рис. 1. Концептуальная модель взаимодействия синергетических и ограничивающих эффектов цифровых платформ и экосистем

Fig. 1. Conceptual model of the interaction between the synergistic and limiting effects of digital platforms and ecosystems

Центральным элементом модели выступает коэффициент платформенного баланса, отражающий соотношение совокупного синергетического и ограничивающего воздействия. Его

использование позволяет интерпретировать эффективность платформенных экосистем не только через уровень цифровизации или масштабы платформенной активности, но и через способность институциональной среды обеспечивать преобладание положительных эффектов над возникающими ограничениями. Следовательно, оценка эффективности платформенной экономики должна учитывать не отдельные характеристики цифрового развития, а комплекс взаимосвязанных процессов, определяющих конечный инновационный результат.

Представленная модель позволяет выделить несколько принципиально важных закономерностей функционирования платформенных экосистем.

Во-первых, платформенная экономика развивается как система взаимосвязанных процессов, в которой исходные факторы – цифровая инфраструктура, данные, человеческий капитал, институциональная среда и инновационный потенциал региона – не оказывают непосредственного влияния на инновационную активность. Их воздействие реализуется через механизмы формирования синергетических и ограничивающих эффектов, которые определяют характер дальнейшей динамики инновационного развития.

Во-вторых, синергетические эффекты проявляются в результате совместного действия сетевых взаимодействий, обмена знаниями, накопления данных, инвестиционной активности и кооперации участников платформенных экосистем. Их совокупное влияние способствует сокращению транзакционных издержек, ускорению коммерциализации инноваций, повышению производительности и расширению возможностей технологического сотрудничества.

В-третьих, одновременно с усилением положительных эффектов возникают процессы, ограничивающие потенциал платформенной экономики. К ним относятся концентрация данных, монополизация цифровых рынков, алгоритмическая асимметрия, платформенная зависимость, цифровое неравенство и пространственная поляризация. Особенностью указанных факторов является их способность усиливать друг друга, формируя устойчивые институциональные барьеры для распространения инноваций.

Наиболее существенным результатом предлагаемой модели является обоснование положения о том, что итоговая эффективность платформенных экосистем определяется не абсолютным уровнем цифровизации, а соотношением усиливающих и ограничивающих процессов. Именно поэтому в качестве интегральной характеристики предложен коэффициент платформенного баланса, позволяющий количественно оценивать преобладание синергетических либо ограничивающих эффектов и тем самым определять потенциальную способность региональной экономики преобразовывать цифровые ресурсы в инновационный рост.

Полученные теоретические результаты создают основу для формирования практических рекомендаций в сфере государственной инновационной политики. В частности, они свидетельствуют о том, что стимулирование цифровизации само по себе не гарантирует повышения инновационной активности. Необходимым условием достижения устойчивого эффекта является одновременное развитие цифровой инфраструктуры, совершенствование институтов регулирования платформенных рынков, поддержка конкуренции, снижение цифрового неравенства и расширение участия регионов в платформенных экосистемах.

Таким образом, предложенная концептуальная модель позволяет рассматривать платформенную экономику как систему сбалансированного взаимодействия разнонаправленных факторов, а ее практическая ценность заключается в возможности использования для разработки инструментов оценки эффективности платформенных экосистем, совершенствования механизмов государственного регулирования и формирования адресной политики инновационного развития регионов.

Выводы

Проведенное исследование позволило установить, что в современных условиях цифровой трансформации платформенные экосистемы становятся одним из ключевых институтов инновационной экономики, обеспечивающим интеграцию экономических субъектов, ускорение обмена знаниями и формирование новых механизмов создания добавленной стоимости. В отличие от традиционных моделей организации хозяйственной деятельности платформенные экосистемы объединяют цифровую инфраструктуру, данные, человеческий капитал и алгоритмические механизмы управления в единую систему, способную генерировать устойчивые сетевые эффекты и стимулировать инновационную активность.

В ходе исследования показано, что существующие научные подходы преимущественно рассматривают положительные последствия платформенной экономики, уделяя основное внимание сетевым эффектам, снижению транзакционных издержек и расширению возможностей цифрового взаимодействия. Вместе с тем ограничивающие процессы, возникающие в результате концентрации данных, усиления рыночной власти крупнейших платформ, алгоритмической асимметрии, цифрового неравенства и пространственной поляризации, как правило, анализируются изолированно. Это не позволяет комплексно оценить реальное влияние платформенных экосистем на инновационное развитие.

Научная новизна проведенного исследования заключается в разработке авторской концепции двойственного воздействия цифровых платформ и платформенных экосистем на инновационную экономику. В отличие от существующих подходов предложено рассматривать платформенную экономику как систему взаимодействия двух взаимосвязанных подсистем – синергетических и ограничивающих эффектов, совокупное влияние которых определяет результаты цифровой трансформации и инновационного развития. Такой подход расширяет теоретические представления о механизмах функционирования платформенных экосистем и позволяет объяснить неодинаковую эффективность цифровизации в различных регионах.

Разработанная концептуальная модель показала, что инновационное развитие определяется не столько масштабом внедрения цифровых технологий, сколько качеством взаимодействия институциональных, технологических и организационных факторов, обеспечивающих преобразование цифровых ресурсов в инновационные результаты. В этой связи предложенный коэффициент платформенного баланса может рассматриваться как интегральная характеристика эффективности платформенной экономики, отражающая соотношение усиливающих и ограничивающих процессов и позволяющая оценивать потенциальную результативность цифровой трансформации на региональном уровне.

Практическая значимость предложенного подхода заключается в возможности его использования при разработке государственной политики в сфере цифровой экономики и инновационного развития. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости перехода от политики количественного наращивания цифровой инфраструктуры к формированию институциональных условий, обеспечивающих преобладание синергетических эффектов над ограничивающими. К числу приоритетных направлений относятся развитие конкурентной среды на платформенных рынках, совершенствование механизмов регулирования оборота данных, снижение цифрового неравенства, поддержка открытых инноваций и расширение участия регионов в платформенных экосистемах.

Результаты исследования могут быть использованы при разработке стратегий цифровой трансформации субъектов Российской Федерации, совершенствовании механизмов оценки

эффективности платформенной экономики, а также при формировании программ государственной поддержки инновационной деятельности. Предложенная концептуальная модель создает методологическую основу для дальнейших исследований, направленных на количественную оценку синергетических и ограничивающих эффектов, построение интегральных индексов платформенного развития и эмпирическую верификацию выявленных закономерностей на основе межрегиональных и международных сравнений.

Таким образом, достижение устойчивого инновационного развития в условиях цифровой экономики определяется не самим фактом распространения платформенных технологий, а способностью социально-экономической системы обеспечивать устойчивое преобладание синергетических эффектов над ограничивающими. Именно формирование такого баланса должно стать стратегическим ориентиром государственной политики, направленной на повышение конкурентоспособности экономики, сокращение межрегиональной дифференциации и обеспечение долгосрочного инновационного роста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. 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: 10.1162/15424760322493212
2. Armstrong M. Competition in two-sided markets. *The RAND Journal of Economics*. 2006. Vol. 37. No. 3. Pp. 668–691. DOI: 10.1111/j.1756-2171.2006.tb00037.x
3. Evans D.S., Schmalensee R. Matchmakers: the new economics of multisided platforms. Boston: Harvard Business Review Press, 2016.
4. Parker G.G., Van Alstyne M.W., Choudary S.P. Platform revolution: how networked markets are transforming the economy – and how to make them work for you. New York: W.W. Norton & Company, 2016.
5. Gawer A. Bridging Differing perspectives on technological platforms: toward an integrative framework. *Research Policy*. 2014. Vol. 43. No. 7. Pp. 1239–1249. DOI: 10.1016/j.respol.2014.03.006
6. Iansiti M., Levien R. The keystone advantage: what the new dynamics of business ecosystems mean for strategy, innovation, and sustainability. Boston: Harvard Business School Press, 2004.
7. Moore J. F. Predators and prey: A new ecology of competition. *Harvard Business Review*. 1993. Vol. 71. No. 3. Pp. 75–86.
8. Hein A., Schrieck M., Riasanow T. et al. Digital platform ecosystems. *Electronic Markets*. 2020. Vol. 30. Pp. 87–98. DOI: 10.1007/s12525-019-00377-4
9. Yoo Y., Henfridsson O., Lyytinen K. The new organizing logic of digital innovation: an agenda for information systems research. *Information Systems Research*. 2010. Vol. 21. No. 4. Pp. 724–735. DOI: 10.1287/isre.1100.0322
10. OECD. An introduction to online platforms and their role in the digital transformation. Paris: OECD Publishing, 2019. DOI: 10.1787/53e5f593-en
11. OECD. Rethinking antitrust tools for multi-sided platforms. Paris: OECD Publishing.
12. Tiwana A. Platform ecosystems: aligning architecture, governance, and strategy. Burlington: Morgan Kaufmann, 2014.
13. Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A. Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*. 2018. Vol. 39. No. 8. Pp. 2255–2276. DOI: 10.1002/smj.2904
14. Cusumano M.A., Gawer A., Yoffie D.B. The business of platforms: strategy in the age of digital competition, innovation, and power. New York: Harper Business, 2019.

15. Nambisan S., Lyytinen K., Majchrzak A., Song M. Digital innovation management: reinventing innovation management research in a digital world. *MIS Quarterly*. 2017. Vol. 41. No. 1. Pp. 223–238. DOI: 10.25300/MISQ/2017/41:1.03
16. Teece D. J. Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*. 2018. Vol. 51. No. 1. Pp. 40–49. DOI: 10.1016/j.lrp.2017.06.007
17. Shapiro C., Varian H. R. Information rules: a strategic guide to the network economy. Boston: Harvard Business School Press, 1999.
18. Zhu F., Iansiti M. Why some platforms thrive and others don't. *Harvard Business Review*. 2019. Vol. 97. No. 1. Pp. 118–125.
19. Makhosheva S.A., Kandrovskaya M.M., Rud N.Y. et al. The paradigm of sustainable development and innovation in the region. *Espacios*. 2018. Vol. 39. No. 47.
20. Gurtuev A., Derkach E., Makhosheva S., Ivanov Z. A bayesian approach to investment in innovation projects with the presence of fake innovators. *Heliyon*. 2020. Vol. 6. No. 11. Art. e05603.
21. Иванова З. Ш., Махосева С. А. Моделирование региональной устойчивости и регионального развития // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2014. № 5(61). С. 118–125. EDN: STXYHN
- Ivanova Z.Sh., Mahosheva S.A. Modeling of regional stability and regional development. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2014. No. 5(61). Pp. 118–125. EDN: STXYHN. (In Russian)
22. Махосева С. А., Иванова З. Ш. Интеллектуальная экономика и новая архитектура региональных социально-экономических систем // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2016. № 5(73). С. 90–95. EDN: WYMXFD
- Makhosheva S.A., Ivanova Z.Sh. Intellectual economy and new architecture of regional social and economic systems. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2014. No. 5(73). Pp. 90–95. EDN: WYMXFD. (In Russian)
23. Галачиева С. В., Махосева С. А. Геоэкономические факторы устойчивого развития Северного Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. 2014. Т. 6. № 2. С. 107–111. EDN: SILFMP
- Galachieva S.V., Makhosheva S.A. Geoeconomic factors of sustainable development of the North Caucasus. *Sustainable Development of Mountainous Territories*. 2014. Vol. 6. No. 2. Pp. 107–111. EDN: SILFMP. (In Russian)
24. Махосева С. А., Галачиева С. В., Хайтаев Б. Т. Экспертная система многокритериальной оценки показателей функционирования агропромышленного комплекса // Экономические науки. 2012. № 87. С. 119–123. EDN: NPHGYE
- Makhosheva S.A., Galachieva S.V., Khaitaev B.T. Expert system for multi-criteria assessment of performance indicators of the agro-industrial complex. *Economic Sciences*. 2012. No. 87. Pp. 119–123. EDN: NPHGYE. (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

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>

Дьячков Георгий Владимирович, аспирант Научно-образовательного центра, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;

360010, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2;

gosha.dyachkov@icloud.com

Information about the authors

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>

Georgy V. Dyachkov, Postgraduate Student, Scientific and Educational Center, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;

gosha.dyachkov@icloud.com

УДК 330.34

Научная статья

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-4-145-155>

 BWMBGN

Модели и методы управления институционально-регуляторной средой для развития технологий искусственного интеллекта и робототехники

О. З. Загазежева, С. Х. Шалова✉, И. А. Мамбетов

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

Аннотация. Актуальность обусловлена глобальным переходом к экономике данных и стремительным развитием технологий физического искусственного интеллекта, что требует опережающего формирования институциональной и регуляторной среды для производства ИИ-систем и робототехнических комплексов в регионе.

Цель исследования заключается в систематизации теоретических аспектов и разработке комплекса моделей и методов управления, обеспечивающих масштабирование новой отрасли в региональной экономике.

Материалы и методы исследования. Эволюционная институциональная теория, концепция опережающего регулирования, теория региональных инновационных систем; агент-ориентированное моделирование, структурное моделирование с интеллектуальной поддержкой, форсайт и компаративный анализ регуляторных практик.

Результаты. Предложены типологическая модель регуляторных подходов, модель многоуровневого институционального дизайна, модель экспериментальных правовых режимов и модель регионального центра компетенций. Систематизированы инструменты «мягкого права», налогового стимулирования, стандартизации и кадрового обеспечения.

Выводы. Обоснован адаптивный гибридный подход, сочетающий федеральные рамочные нормы с региональной спецификацией. Определены приоритетные направления для регионов: создание экспериментальных правовых режимов на базе кластеров, формирование центров компетенций как интеграторов, развитие добровольной стандартизации и опережающая подготовка кадров с учетом прогноза до 2030 года.

Ключевые слова: опережающее формирование отрасли, институциональная среда, регуляторная среда, искусственный интеллект, интеллектуальные робототехнические комплексы, региональная экономика, экспериментальные правовые режимы, региональная инновационная система, агент-ориентированное моделирование, гибридная модель регулирования, опережающее регулирование, институциональная траектория, «мягкое право», технологический суверенитет

Поступила 01.07.2026, одобрена после рецензирования 31.07.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Загазежева О. З., Шалова С. Х., Мамбетов И. А. Модели и методы управления институционально-регуляторной средой для развития технологий искусственного интеллекта и робототехники // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 145–155. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-145-155

© Загазежева О. З., Шалова С. Х., Мамбетов И. А., 2026



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

Models and methods for managing the institutional and regulatory framework to advance artificial intelligence and robotics technologies

O.Z. Zagazheva, S.Kh. Shalova[✉], I.A. Mambetov

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia

Abstract. The research relevance stems from the global transition toward a data economy and the accelerating pace of physical artificial intelligence development, which demands the advanced formation of an institutional and regulatory framework for manufacturing AI systems and robotics in the region.

Aim. The study aims to synthesize theoretical principles and formulate management models and methods for scaling this new sector within the regional economy.

Materials and methods. Evolutionary institutional theory, the concept of anticipatory regulation, the theory of regional innovation systems; agent-based modeling, structural modeling with intelligent support, foresight, and comparative analysis of regulatory practices.

Results. The research introduces a typological model for regulatory approaches, a framework for multilevel institutional design, a model for experimental legal regimes, and a model for a regional center of competence. It also systematizes the instruments of "soft law," tax incentives, standardization, and human resource development.

Conclusions. An adaptive hybrid approach has been justified, seamlessly integrating federal framework standards with regional specificities. The study defines regional priority directions, which include creating experimental legal regimes within clusters, establishing centers of competence as integrators, driving voluntary standardization, and providing anticipatory workforce training aligned with the 2030 forecast.

Keywords: advanced industry formation, institutional environment, regulatory environment, artificial intelligence, intelligent robotic systems, regional economy, experimental legal regimes, regional innovation system, agent-based modeling, hybrid regulatory model, advanced regulation, institutional trajectory, soft law, technological sovereignty

Submitted 01.07.2026,

approved after reviewing 31.07.2026,

accepted for publication 07.08.2026

For citation. Zagazheva O.Z., Shalova S.Kh., Mambetov I.A. Models and methods for managing the institutional and regulatory framework to advance artificial intelligence and robotics technologies. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 145–155. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-145-155

ВВЕДЕНИЕ

Формирование отрасли производства систем искусственного интеллекта (ИИ) и интеллектуальных робототехнических комплексов (ИРК) в региональной экономике представляет собой сложную междисциплинарную проблему, требующую синтеза теоретических подходов институциональной экономики, теории управления, системного анализа и цифровой экономики. Опережающий характер развития данной отрасли означает,

© Zagazheva O.Z., Shalova S.Kh., Mambetov I.A., 2026



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

что институциональная и регуляторная среда должна не просто адаптироваться к технологическим изменениям, но и проактивно формировать условия для их ускоренного внедрения и масштабирования.

В основе управления развитием институциональной среды лежит фундаментальное противоречие: с одной стороны, жесткое регулирование может создавать барьеры для инноваций, с другой – отсутствие адекватных норм порождает риски и неопределенность, сдерживающие инвестиции. Разрешение этого противоречия требует разработки специализированных теоретических моделей и методов управления, учитывающих специфику робототехнических и ИИ-производств.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ И РЕГУЛЯТОРНОЙ СРЕДЫ

Процесс формирования новой отрасли неизбежно проходит этап институционального становления, которое включает создание формальных норм и неформальных практик [1, 2]. Эволюционная институциональная теория объясняет, почему среда не может быть создана одномоментно: она развивается поэтапно через накопление опыта, апробацию моделей и адаптацию лучших практик [3, 4]. Ключевым понятием здесь выступает институциональная траектория, то есть последовательность изменений, которая охватывает экспериментальные режимы, локальные регуляторные «песочницы» и последующее масштабирование успешных практик [5].

Концепция опережающего регулирования предполагает создание «регуляторного каркаса» для технологий ранних стадий с учетом прогнозируемых трендов: переход от программного ИИ к физическому, от генеративных моделей к агентным, от изолированных систем к сетевому взаимодействию [6, 7]. Согласно модели HumanRobot2030 в 2026–2030 гг. ожидается переход к операционной физической ИИ-инфраструктуре, что создает окно возможностей для регионов, способных опережающе сформировать регуляторную среду.

Теория региональных инновационных систем (РИС) определяет три ключевые функции институциональной среды: снижение трансакционных издержек между участниками, координация разнородных агентов (университеты, венчурные фонды, предприятия, регуляторы) и создание стимулов для инвестиций в специфические активы [3, 8, 9, 10]. Важно, что среда должна быть гетерогенной, сочетая федеральные рамочные нормы с региональной спецификацией, учитывающей местную производственную базу, кадровый потенциал и инфраструктурные ограничения [11, 12].

2. МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ СРЕДЫ

2.1. Типологическая модель регуляторных подходов

Анализ мировой практики позволяет выделить три основные модели регулирования ИИ (табл. 1), которые могут быть адаптированы для управления развитием отрасли на региональном уровне [5, 6].

Для регионов, стремящихся к опережающему формированию отрасли ИИ и ИРК, наиболее адекватной представляется гибридная модель с усилением проинновационных элементов на начальных этапах становления отрасли. Российская практика подтверждает эффективность такого подхода: более 900 организаций присоединились к Кодексу этики в сфере ИИ, используются регуляторные «песочницы», меры финансового стимулирования и инструменты поддержки экспорта ИИ-технологий [6].

Таблица 1. Сравнительный анализ моделей управления**Table 1.** Comparative analysis of management models

Модель	Характеристика	Примеры	Применимость для региона
Консервативная	Комплексные нормативные акты, регулирующие весь жизненный цикл ИИ-систем; ограничения для высокорисковых решений	Казахстан	Низкая – создает барьеры для новой отрасли
Гибридная	Сочетание рамочного законодательства, секторальных норм и саморегулирования; экспериментальные правовые режимы	Россия, Вьетнам	Высокая – обеспечивает баланс рисков и инноваций
Проинновационная	Минимальное прямое вмешательство; ставка на добровольные стандарты и ответственность разработчиков	Саудовская Аравия, ОАЭ	Средняя – эффективна при высоком уровне самоорганизации отрасли

2.2. Модель многоуровневого институционального дизайна

Формирование отрасли ИИ и ИРК требует координации на трех уровнях управления [2]:

1. Федеральный уровень – установление рамочных норм: стратегические документы (национальные стратегии развития ИИ), общие принципы регулирования, этические кодексы, технические регламенты.

2. Региональный уровень – адаптация и конкретизация: создание региональных центров ИИ, отраслевых кластеров, особых экономических зон с преференциальными режимами, региональных программ подготовки кадров¹.

3. Уровень предприятий – реализация и обратная связь: внедрение корпоративных стандартов, участие в экспериментальных правовых режимах, формирование отраслевых саморегулируемых организаций.

2.3. Модель экспериментальных правовых режимов (ЭПР)

В соответствии с Федеральным законом № 258-ФЗ ЭПР позволяют на ограниченных юрисдикциях (региональных кластерах) тестировать новые регуляторные подходы, снижать барьеры, собирать данные о рисках и формировать доказательную базу для последующего нормотворчества [4, 7]. Для отрасли ИИ и ИРК ЭПР могут применяться, например, для тестирования автономной логистики или дронов в АПК [11, 14].

2.4. Модель регионального центра компетенций как институционального интегратора

Центр координирует разработку и внедрение ИИ-систем, обеспечивает стандартизацию данных и интерфейсов, связывает власть, бизнес и науку, участвует в формировании региональной нормативной базы [12]. Такая модель успешно апробирована в ряде регионов.

2.5. Взаимосвязь моделей управления

Предложенные модели не существуют изолированно. Они образуют единую систему, где типологический выбор определяет общий вектор, многоуровневый дизайн задает архитектуру, а ЭПР и центр компетенций выступают ключевыми механизмами реализации на региональном и корпоративном уровнях. Схематически это можно представить следующим образом (рис. 1):

¹Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» / Официальный сайт «Правительство России» // [Электронный ресурс] URL: <http://government.ru/rugovclassifier/923/about/> (дата обращения: 16.03.2026)



Рис. 1. Взаимосвязь моделей управления в рамках единой системы

Fig. 1. Interrelation of management models within a single system

Таким образом, гибридная типология задает стратегический курс, многоуровневый дизайн обеспечивает вертикальную координацию, а ЭПР и центр компетенций являются инструментальными «якорями», позволяющими реализовать опережающее регулирование на практике.

2.6. Методы управления

Агент-ориентированное моделирование (АВМ) позволяет оценивать влияние налоговых, субсидиарных и сертификационных мер на динамику создания ИИ-компаний, прогнозировать кадровые потребности [2, 14].

Структурное моделирование с интеллектуальной поддержкой применяется для двух-уровневой оптимизации распределения ресурсов, интегрируя визуальный и прогнозный анализ в управленческие решения [13].

Форсайт и дорожное картирование идентифицируют технологические тренды и «точки регуляторной неопределенности», позволяя разработать дорожную карту институциональных изменений [6, 14].

Компаративный анализ регуляторных практик на основе данных Oxford Insights (2025) показывает, что страны с проактивной стимулирующей политикой (Вьетнам, Индонезия, Саудовская Аравия, ОАЭ) имеют более высокие показатели готовности к ИИ, чем страны с ограничительным подходом [5]. Ключевые уроки, которые можно вывести из данного примера, – это акцент на национальных стратегиях, инвестициях в инфраструктуру и подготовке кадров.

3. ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И РЕГУЛЯТОРНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО ФОРМИРОВАНИЯ ОТРАСЛИ

Инструменты, рассмотренные в данной главе, действуют не разрозненно, а как комплексная система, нацеленная на опережающее формирование отрасли (ОФО). Их взаимосвязь представлена на следующей схеме (рис. 2):

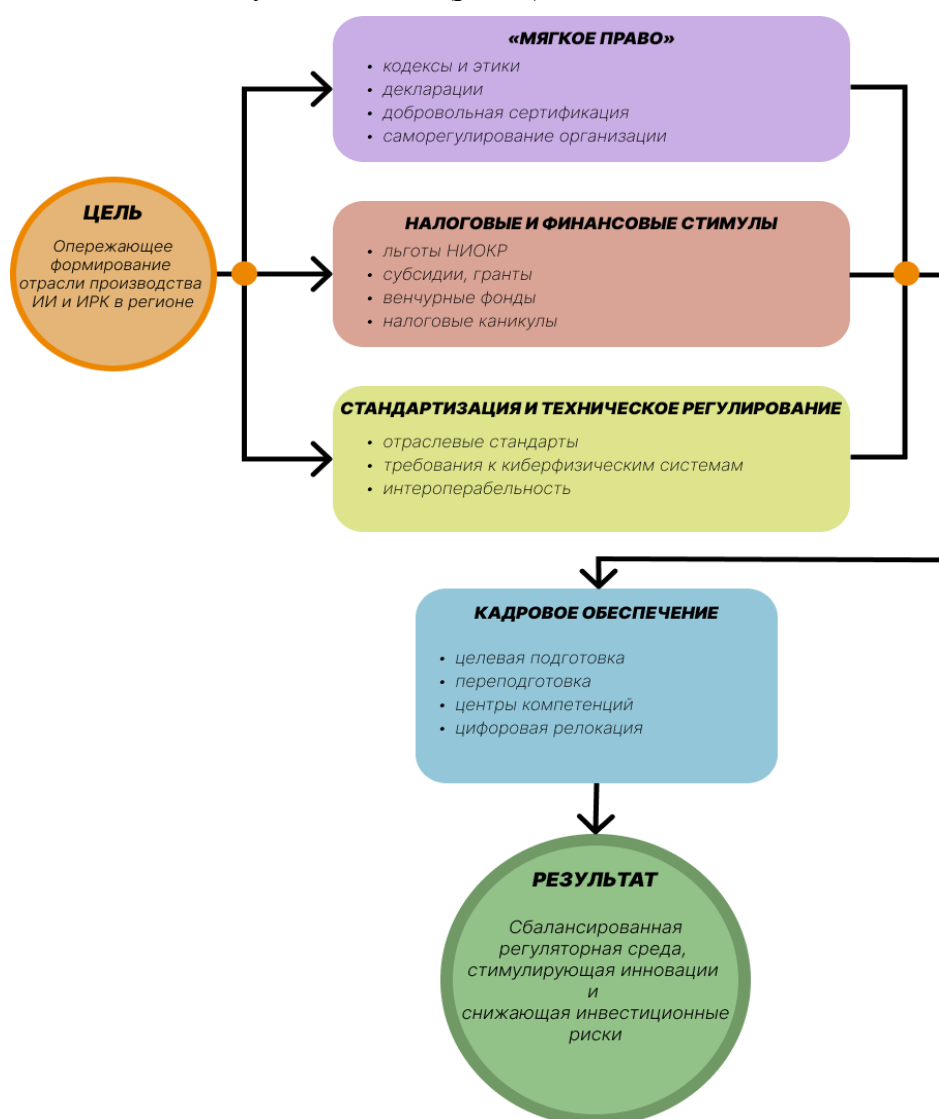


Рис. 2. Взаимосвязь системы инструментов, нацеленных на формирование ОФО

Fig. 2. Interrelation of tools for proactive industry development (PID)

3.1. Институциональные регуляторы и стандартизация

Ключевую роль в создании гибкой регуляторной среды играют инструменты «мягкого права», которые позволяют избежать избыточных административных барьеров на начальных этапах становления отрасли. К ним относятся кодексы этики в сфере ИИ (в России к нему присоединились более 900 организаций [6]), декларации об ответственном генеративном ИИ, добровольная сертификация систем и робототехнических комплексов, а также саморегулируемые организации производителей ИИ-решений [5]. Эти механизмы обеспечивают оперативную адаптацию норм к меняющимся технологическим условиям и формируют доверие между участниками рынка.

Не менее значимым направлением являются техническое регулирование и стандартизация, которые закладывают основу для безопасного и совместимого функционирования ИИ-систем. На региональном уровне целесообразно разрабатывать отраслевые стандарты для приоритетных секторов экономики, требования к испытательным полигонам и центрам сертификации робототехнических комплексов, а также стандарты интероперабельности, обеспечивающие обмен данными между различными системами [17]. В технической архитектуре физических ИИ-систем особое внимание уделяется идентификации на уровне устройства, изоляции граничных вычислений (edge compute), контролю целостности телеметрии и механизмам сдерживания для встраиваемых систем, работающих в регулируемых средах. Все эти меры способствуют повышению надежности и безопасности продукции, что критически важно для привлечения инвестиций и масштабирования производства.

3.2. Финансово-экономические стимулы и кадровое обеспечение

Формирование отрасли невозможно без создания действенных экономических стимулов для бизнеса и научных организаций. Региональные инструменты включают налоговые льготы для компаний, осуществляющих НИОКР в области ИИ и робототехники, субсидирование процентных ставок по кредитам на создание производственных мощностей, грантовую поддержку стартапов, а также создание региональных венчурных фондов с софинансированием из федерального бюджета [9, 15, 16]. Такие меры снижают порог входа для новых игроков и ускоряют коммерциализацию разработок. При этом важно выстраивать систему стимулов дифференцированно, учитывая стадию жизненного цикла предприятия (от посевной до серийного производства) и приоритетные технологические направления региона.

Параллельно с финансовой поддержкой необходимо опережающее кадровое обеспечение, поскольку дефицит квалифицированных специалистов является одним из главных ограничений роста отрасли. Региональные программы должны включать целевую подготовку в университетах по специальностям, связанным с ИИ и робототехникой, организацию программ переподготовки и повышения квалификации для инженерных кадров, создание центров компетенций и учебных полигонов, а также привлечение специалистов из других регионов через механизмы «цифровой релокации». Эффективность этих мер возрастает при их увязке с прогнозируемыми потребностями рынка труда, что достигается с помощью методов форсайта и дорожного картирования, описанных в предыдущем разделе. Комплексное применение финансово-экономических и кадровых инструментов создает устойчивую экосистему, способную обеспечить непрерывный инновационный цикл – от фундаментальных исследований до серийного выпуска конкурентоспособной продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управление институциональной и регуляторной средой для опережающего развития робототехнической и ИИ-отрасли в регионе требует синтеза эволюционной институциональной теории, концепции опережающего регулирования и теории РИС. Предложенный комплекс моделей (типологическая, многоуровневая, ЭПР, центр компетенций) и методов

(АВМ, структурное моделирование, форсайт, компаративный анализ) позволяет региональным властям формировать адаптивную правовую базу, избегающую преждевременных жестких барьеров и снижающую неопределенность для инвесторов.

Ключевые выводы:

- наиболее эффективна гибридная модель регулирования с проинновационным уклоном;
- приоритетны создание ЭПР на базе технологических кластеров, формирование центров компетенций как интеграторов, развитие «мягкого права» и добровольной стандартизации;
- необходима опережающая подготовка кадров с учетом прогнозируемого к 2030 году перехода к физической ИИ-инфраструктуре.

Результаты могут быть использованы при разработке региональных стратегий научно-технологического развития и дорожных карт формирования высокотехнологичных отраслей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ягольницер М. А. Особенности институциональных механизмов инновационного развития регионов России // Регион: экономика и социология. 2024. № 4(124). С. 300–325. DOI: 10.15372/REG20240412
2. Широкова Е. Ю. Научно-технологическое развитие регионов: тенденции и факторы активизации // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2024. Т. 59. № 3. С. 171–190. DOI: 10.55959/MSU0130-0105-6-59-3-8
3. Голова И. М. Согласование региональных инновационных процессов с приоритетом обеспечения технико-технологической конкурентоспособности РФ // Экономика региона. 2024. Т. 20. № 1. С. 63–75. DOI: 10.17059/ekon.reg.2024-1-5
4. Нетесова О. Ю. Информационные системы и технологии в экономике: монография, 4-е издание. М.: Юрайт, 2023. 176 с.
5. Buryaga V.O., Dzhuzhoma V.V., Artemenko E.A. Shaping artificial intelligence regulatory model: international and domestic experience // Legal Issues in the Digital Age. 2025. № 2. DOI: 10.17323/2713-2749.2025.2.50.68
6. Загазежева О. З., Махошев А. А., Край К. Ф. и др. Исследование развития и прогноз отечественного и мирового рынков систем искусственного интеллекта и интеллектуальных робототехнических комплексов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 6. С. 314–328. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-6-314-328
7. Нагоев З. В., Загазежева О. З., Бжихатлов К. Ч., Мамбетов И. А. Разработка интеллектуальной робототехнической системы сбора урожая // Известия ЮФУ. Технические науки. 2025. № 2(244). С. 40–51. DOI: 10.18522/2311-3103-2025-2-40-51
8. Асманов П. Р., Сабанчиев А. Х. Объективные основы и стратегические особенности информатизации и интеллектуализации региональных экономических систем: практика использования ИИ в управлении региональным развитием // Региональные проблемы преобразования экономики. 2024. № 10(168). С. 57–66. DOI: 10.26726/rpre2024v10ofas
9. Загазежева О. З., Мамбетов И. А. Исследование теоретических основ, моделей и методов управления процессами формирования системы мотивации акторов региональной экономики с целью создания и развития новых высокотехнологичных отраслей // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 6. С. 300–313. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-6-300-313

10. Рыбакова С. С. Роль политических институтов и технологий в реализации целей устойчивого развития: вызовы и перспективы (с примерами успешных практик) // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2025. Т. 16. № 4. С. 220–229. DOI: 10.18287/2542-0461-2025-16-4-220-229
11. Жангоразова Ж. С., Баккуев Э. С., Газаева М. Ш., Килов А. О. Интеграция технологий искусственного интеллекта в региональные системы управления: принципы, модели и направления развития // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 6. С. 287–299. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-6-287-299
12. Игнатьев С. А., Клевцова О. Ю., Плотников В. А. Совершенствование государственного управления на основе использования технологии интеллектуального анализа данных // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2025. № 2(152). С. 50–58. EDN: HYUYAF
13. Ломаков А. В. Структурное моделирование при управлении распределением ресурсного обеспечения в региональной организационной системе с использованием средств интеллектуализации принятия решений // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2025. Т. 13. № 1(48). ID: 15. DOI: 10.26102/2310-6018/2025.48.1.035
14. Shorikov A., Korovin G., Sirotin D. Developing an agent-based model for intelligence transformation of a regional industrial complex // In book: The Future of Industry. 2024. Vol. 70. P. 175–186. DOI: 10.1007/978-3-031-66801-2_12
15. Файков Д. Ю., Байдаров Д. Ю. Технологическая независимость, технологический суверенитет, технологическое лидерство: особенности стратегического выбора [Электронный ресурс] // Научные труды Вольного экономического общества России. 2025. Т. 253. № 3. С. 265–275. DOI: 10.38197/2072-2060-2025-253-3-265-275
16. Леднева С. А., Павлова В. В., Ярковская Т. В., Письменная А. Б. Интеграция цифровых технологий и интеллектуальных методов в управлении развитием горных регионов // Устойчивое развитие горных территорий. 2025. Т. 17. № 4(66). С. 2093–2103. DOI: 10.21177/1998-4502-2025-17-4-2093-2103
17. Ксолов А. М., Бжухатлов К. Ч., Пшенокова И. А., Заммиев А. У. Разработка транспортной подсистемы автономного робота для системы активной защиты растений // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2(106). С. 31–40. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-31-40

REFERENCES

1. Yagolnitser M.A. Features of institutional mechanisms in the innovative development of Russian regions. *Region: ekonomika i sociologiya*. 2024. No. 4(124). Pp. 300–325. DOI: 10.15372/REG20240412. (In Russian)
2. Shirokova E.Yu. Scientific and technological development of the regions: trends and activation determinants. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika*. 2024. Vol. 59. No. 3. Pp. 171–190. DOI: 10.55959/MSU0130-0105-6-59-3-8. (In Russian)
3. Golova I.M. Coordination of regional innovation processes to ensure the technological competitiveness of Russia. *Economy of Regions*. No. 20(1). Pp. 63–75. DOI: 10.17059/ekon.reg.2024-1-5. (In Russian)
4. Netesova O.Yu. *Informacionniye sistemi i tehnologii v ekonomike* [Information systems and technologies in economics]: monograph. Moscow: Yurait, 2023. 176 p. (In Russian)
5. Buryaga V.O., Dzhuzhoma V.V., Artemenko E.A. Shaping artificial intelligence regulatory model: international and domestic experience. *Legal Issues in the Digital Age*. 2025. No. 2.

6. Zagazezheva O.Z., Makhoshev A.A., Krai K.F. et al. Research on development and forecast of domestic and global markets for artificial intelligence systems and intelligent robotic complexes. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 6. Pp. 314–328. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-6-314-328. (In Russian)
7. Nagoev Z.V., Zagazezheva O.Z., Bzhikhatlov K.Ch., Mambetov I.A. Development of intelligent robotic harvesting system. *Izvestiya SFEDU. Engineering Sciences*. 2025. No. 2(244). Pp. 40–51. DOI: 10.18522/2311-3103-2025-2-40-51. (In Russian)
8. Asmanov P.R., Sabanchiev A.X. Objective foundations and strategic features of informatization and intellectualization of regional economic systems: the practice of using AI in managing regional development. *Regionalnye problemi preobrazovaniya ekonomiki* [Regional Problems of Economic Transformation]. 2024. No. 10(168). Pp. 57–66. DOI: 10.26726/rppe2024v10ofas. (In Russian)
9. Zagazezheva O.Z., Mambetov I.A. Development of theoretical foundations, models and methods for managing processes of formation of motivation system for regional economic actors to participate in the creation and development of new high-tech industries. *News of the Kabardino-Balkarian scientific center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 6. Pp. 300–313. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-6-300-313. (In Russian)
10. Rybakova S.S. The role of political institutions and technologies in achieving the sustainable development goals: challenges and prospects (with examples of successful practices). *Vestnik of Samara University. Economics and Management*. 2025. Vol. 16. No. 4. Pp. 220–229. DOI: 10.18287/2542-0461-2025-16-4-220-229. (In Russian)
11. Zhangorazova Zh.S., Bakkuev E.S., Gazaeva M.Sh., Kilov A.O. Integration of artificial intelligence technologies into regional governance systems: principles, models, and development directions. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 6. Pp. 287–299. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-6-287-299. (In Russian)
12. Ignatyev S.A., Klevtsova O.Yu., Plotnikov V.A. Improving public administration based on data mining technologies. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [News of the Saint Petersburg State University of Economics]. 2025. No. 2(152). Pp. 50–58. EDN: HYUYAF. (In Russian)
13. Lomakov A.V. Structural modeling in resource allocation management in a regional organizational system using decision-making intellectualization tools. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2025. Vol. 13. No. 1(48). ID: 15. DOI: 10.26102/2310-6018/2025.48.1.035. (In Russian)
14. Shorikov A., Korovin G., Sirotin D. Developing an agent-based model for intelligence transformation of a regional industrial complex. *In book: The Future of Industry*. 2024. Vol. 70. Pp. 175–186. DOI: 10.1007/978-3-031-66801-2_12
15. Faikov D.Yu., Baydarov D.Yu. Technological independence, technological sovereignty, technological leadership: features of strategic choice. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*. 2025. Vol. 253. No. 3. Pp. 265–275. DOI: 10.38197/2072-2060-2025-253-3-265-275. (In Russian)
16. Ledneva S.A., Pavlova V.V., Yarkovskaya T.V., Pismennaya A.B. Integration of digital technologies and intelligent methods in the management of mountain region development. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2025. Vol. 17. No. 4(66). Pp. 2093–2103. DOI: 10.21177/1998-4502-2025-17-4-2093-2103. (In Russian)
17. Ksalov A.M., Bzhikhatlov K.Ch., Pshenokova I.A., Zammoev A.U. Development of transport subsystem of autonomous robot for active plant protection system. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2022. No. 2(106). Pp. 31–40. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-31-40. (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

Загазежева Оксана Зауровна, канд. экон. наук, заведующая Инжиниринговым центром, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

oksmil.82@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0903-4234>, SPIN-код: 3223-6780

Шалова Сатаней Хаугиевна, науч. сотр. Инжинирингового центра, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

satanei@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2345-1309>, SPIN-код: 2183-8224

Мамбетов Идар Арсенович, науч. сотр. Инжинирингового центра, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

idar.mam12@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4723-9874>, SPIN-код: 5951-8195

Information about the authors

Oksana Z. Zagazheva, Candidate of Economic Sciences, Head of the Engineering Center of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;

oksmil.82@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0903-4234>, SPIN-code: 3223-6780

Satanei Kh. Shalova, Researcher, Engineering Center of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;

satanei@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2345-1309>, SPIN-code: 2183-8224

Idar A. Mambetov, Researcher, Engineering Center of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;

idar.mam12@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4723-9874>, SPIN-code: 5951-8195

УДК 332.1

Научная статья

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-4-156-175>

 WDZAEN

Реновация терренкура как инструмент устойчивого развития курортного города: опыт Нальчика

Б. Т. Юанов

Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова
360004, Россия, Нальчик, ул. Чернышевского, 173

Аннотация. Статья анализирует опыт реновации терренкура «Тысяча ступеней» в Нальчике как инструмент устойчивого развития курортного города.

Цель исследования – проведение комплексного междисциплинарного анализа процесса реновации городского терренкура, реализуемого в 2026 году, на примере Кизилówki (Нальчик), объединяющего социолого-антропологические данные и GIS-картирование антропогенной нагрузки, а также оценка проектных решений методами устойчивого развития.

Материалы и методы исследования. Материалами исследования послужили данные социологического опроса, результаты глубинных интервью и фокус-групп, материалы полевых наблюдений и фотофиксации, а также открытые пространственные данные OpenStreetMap и цифровая модель рельефа SRTM. В работе использован комплекс междисциплинарных методов, включающий GIS-анализ территории, картирование антропогенной нагрузки, количественную оценку посещаемости маршрута, социологические и партисипативные методы исследования. Оценка проектных решений осуществлялась на основе принципов устойчивого развития и сопоставления с Целями устойчивого развития ООН.

Результаты. На основе GIS-анализа, KPI и синхронизации проекта реновации с ЦУР ООН разработаны 7 методических принципов для проектирования и менеджмента терренкуров: соучаствующее проектирование, устойчивость, интеграция в городскую стратегию, контроль антропогенной нагрузки, синхронизация с инвестиционными программами, опора на данные и поддерживающие мероприятия.

Заключение. Результаты могут быть применимы для муниципалитетов и регионов Российской Федерации.

Ключевые слова: терренкур, реконструкция, Нальчик, устойчивое развитие, цели устойчивого развития, курортный город, ГИС-анализ

Поступила 28.05.2026, одобрена после рецензирования 24.06.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Юанов Б. Т. Реновация терренкура как инструмент устойчивого развития курортного города: опыт Нальчика // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 156–175. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-156-175



Terrenkur renovation and resort city sustainability: the experience of Nalchik

B.T. Yuanov

Kabardino-Balkarian State University named after Kh. M. Berbekov
173, Chernyshevsky street, Nalchik, 360004, Russia

Abstract. This paper examines the renovation experience of the “Thousand Steps” health trail in Nalchik as an instrument for sustainable resort city development.

Aim. The study aims to conduct a comprehensive, interdisciplinary analysis of the urban terrenkur renovation process implemented in 2026, using the case of Mt. Kizilovka (Nalchik); it combines sociological-anthropological data with GIS mapping of anthropogenic load, alongside evaluating project design solutions through sustainability frameworks.

Materials and methods. The research materials comprise sociological survey data, results from in-depth interviews and focus groups, field observation and photo-documentation records, as well as open spatial data from OpenStreetMap and the SRTM digital elevation model. An interdisciplinary methodology is applied, integrating GIS analysis, anthropogenic load mapping, quantitative trail visitor assessment, and sociological and participatory research methods. The assessment of design decisions was anchored in sustainability principles and benchmarked against the UN Sustainable Development Goals (SDGs).

Results. Leveraging GIS analysis, KPI frameworks, and project alignment with the UN SDGs, the study establishes seven methodological principles for health trail design and management: participatory planning, resilience, urban strategy integration, anthropogenic pressure management, investment program synchronization, data-driven decision-making, and supporting initiatives.

Conclusion. The results can be applicable to municipalities and regions of the Russian Federation.

Keywords: terrenkur, renovation, Nalchik, sustainable development, sustainable development goals, resort city, GIS analysis

Submitted 28.05.2026,

approved after reviewing 24.06.2026,

accepted for publication 07.08.2026

For citation. Yuanov B.T. Terrenkur renovation and resort city sustainability: the experience of Nalchik. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 156–175. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-156-175

ВВЕДЕНИЕ

Недостаточная физическая активность является важной проблемой, которая затрагивает все человечество. Согласно исследованиям растет уверенность ученых в том, что повышение уровня физической активности может сократить риски многих хронических заболеваний, в том числе сердечно-сосудистых (ССЗ) [1], которые, по данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), являются причиной большинства ежегодных смертей от хронических неинфекционных заболеваний (19,8 млн человек в год только от ССЗ) [2].

Одним из методов лечения, применяющихся для профилактики в первую очередь сердечно-сосудистых заболеваний [3], является терренкур. В научной литературе терренкур рассматривается как форма дозированной лечебной ходьбы, которая сочетает физическую нагрузку, климатотерапию и рекреационную активность. Это позволяет рассматривать

© Yuanov B.T., 2026



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

данный вид деятельности не только как медицинскую практику, но и как элемент рекреационной инфраструктуры. Специалисты разрабатывают терренкуры в зависимости от целей пациентов, их состояния здоровья и физической подготовки [4].

В настоящее время терренкуры сталкиваются с серьезной антропогенной нагрузкой, в особенности в связи с сокращением туристических потоков за рубеж, деградацией инфраструктуры, а также необходимостью устойчивого управления [5]. В таких условиях необходимость анализа природно-ландшафтного потенциала и управления развитием оздоровительного комплекса возрастает.

С этих позиций представляется актуальным исследовать природный ландшафтно-климатический потенциал для развития оздоровительного туризма на примере курортов Северного Кавказа, в частности города Нальчика.

В данной статье терренкур будет рассмотрен не просто как один из методов лечебной физкультуры, но и как часть курортного комплекса города Нальчика – бальнеологического и климатического курорта федерального значения, дающего не только оздоровительные эффекты, но и социальные, туристические и косвенные экономические.

Цель исследования. Целью данного исследования является проведение комплексного междисциплинарного анализа процесса реновации городского терренкура в 2026 году на примере Кизиловки (Нальчик), объединяющего социолого-антропологические данные, GIS-картирование антропогенной нагрузки и оценку проектных решений методами устойчивого развития, сформировав систему прогнозных индикаторов постпроектного мониторинга.

Для достижения поставленной цели обозначены следующие задачи:

- проанализировать научную литературу по лечебным и рекреационным аспектам терренкура;
- провести количественный и качественный анализ пользовательских практик;
- провести пространственный анализ территории и рекреационной нагрузки;
- сформировать систему индикаторов оценки эффектов реновации.

Полученные результаты могут быть использованы администрацией города Нальчика и региональными органами для управления терренкурами, планирования мониторинга, обоснования бюджета содержания и масштабирования подхода на другие курортные территории Северного Кавказа.

Научная новизна исследования:

- впервые для города Нальчика выполнено междисциплинарное исследование терренкура как объекта рекреационной инфраструктуры;
- разработана система прогнозных индикаторов постпроектного мониторинга;
- предложена схема оценки антропогенной нагрузки линейного оздоровительного маршрута.

В рамках обзора литературы стоят задачи по обобщению научных результатов, связанных с терапевтическими и оздоровительными эффектами терренкура, анализу опыта других городов и государств по развитию зеленых инфраструктур и экосистемных услуг, а также теории и практики партисипативного проектирования и управления UGS (urban green spaces). Это позволит рассматривать терренкур не только как лечебно-рекреационный объект, но и как социально-туристический и экологический. Что в свою очередь создаст основу для оценки его эффективности и проектирования реновации.

Обзор литературы показывает, что терренкур:

- повышает адаптационно-компенсаторный потенциал организма, в том числе сердечно-сосудистой и дыхательной систем [7];
- улучшает выносливость и обменные процессы, способствуя тренировочному эффекту [3];
- укрепляет мышцы конечностей и туловища, что важно для физической работоспособности [3];
- совместим с другими лечебными методами и усиливает их эффективность.

Важно обратить внимание на практические преимущества терренкура перед другими видами санаторно-курортной реабилитации:

1. Низкая экономическая стоимость по сравнению с другими реабилитационными методами.
2. Широкая доступность (не требуется сложная техника или стационар).
3. Возможность адаптации маршрутов под физическое состояние пациента.

Помимо оздоровительных эффектов, терренкур также стоит рассматривать как часть зеленого каркаса города, способного повлиять не только на отдельного индивида, но и на состояние окружающей среды, городскую экономику и туристический имидж. Все это рассматривается зарубежными исследователями в контексте понятия многофункциональности городских зеленых инфраструктур, что означает способность инфраструктуры одновременно обеспечивать несколько функций и экосистемных услуг для людей и природы (экологические, социальные, экономические) [8]. Однако проблема современной науки в том, что еще не выработан единый перечень функций, включенных в это понятие, что создает сложности в формулировании единого определения.

В дополнение к функциям выделяются экосистемные услуги вроде регулирования климата, плотности потоков пользователей, площади зеленой зоны на одного жителя, улучшения качества воздуха, рекреации, биоразнообразия и др. [9].

Выделяется 5 важных элементов, которые критичны для планирования новых и реновации существующих зеленых территорий [10]:

1. Пространственное распределение – важно распределять городские зеленые инфраструктуры так, чтобы они приносили пользу разным группам населения.
2. Оптимальные расстояния до инфраструктуры – близость зеленых пространств повышает их использование.
3. Интегрированная сеть – взаимосвязанная система зеленых элементов.
4. Доступность – физическая доступность для горожан, включая разные возрастные и социальные группы, а также маломобильные группы горожан.
5. Участие общественности – вовлечение жителей в планирование и принятие решений.

Применение данного подхода в проектировании и реновации зеленых территорий может позволить поддерживать устойчивость городов к климатическим вызовам (например, через управление водой, снижение эффекта теплового острова).

Одним из современных методов в планировании новых городских пространств, в том числе зеленых, является метод партисипации, или соучаствующего проектирования, который широко используется за рубежом и постепенно развивается и в российских городах. Чтобы пространство приносило городу позитивные эффекты и чтобы горожане – потенциальные потребители пространства – действительно пользовались территорией, важно применять данный метод в том числе при планировании проектов, связанных с зеленой инфраструктурой, например, проект реновации терренкура. Ряд исследователей [11] разработали и протестировали интегрированный партисипативный подход к проектированию зеленых городских пространств с акцентом на улучшение здоровья жителей, сочетая при этом активное вовлечение пользователей и оценку эффектов дизайна зеленых городских пространств на здоровье жителей.

Инновационность подхода заключается в объединении самооценки жителей и количественной оценки влияния разработанных дизайнов зеленых пространств на здоровье горожан, учитывая при этом как положительные, так и отрицательные влияния зеленых пространств на здоровье.

Дизайн, предложенный участниками, привел к значительному увеличению использования зеленых пространств для встреч, снятия стресса и физической активности в свободное время. Оценка эффектов участниками партисипации оказалась умеренной:

- незначительное снижение теплового стресса (около $0,1^{\circ}\text{C}$);
- небольшое увеличение активного транспорта (около +30 м/день);

- легкое повышение восприятия небезопасности (+8 %);
- негативные эффекты на вид, загрязнение воздуха и риск укуса клещей были незначительными.

Таким образом, интеграция участия жителей, совмещенная с количественной оценкой эффектов, позволяет получать гораздо более четкие и весомые доказательства влияния проектных решений на здоровье и поведение пользователей, чем только традиционные партисипативные методы. Сам же процесс участия дает повышение вовлеченности, самоопределения и намерений по использованию пространства, что выходит за рамки простого выражения мнения. Однако участие в проектировании имеет ограничения, если не вовлекать решение принимающих лиц или власти на ранних этапах, – этот фактор снижает влияние результатов партисипации на реальную реализацию проекта.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследуемый объект находится на горе Кизилровка в курортной зоне города Нальчика и типологически относится к природным оздоровительным маршрутам под названием «терренкур». Терренкур (от франц. *terrain* – участок земли, местность и нем. *kuhr* – лечение) – дозированная ходьба по размеченным маршрутам на пересеченной местности с учетом уклона, темпа и расстояния, что улучшает работу сердечно-сосудистой и дыхательной систем; метод лечебной физкультуры¹.

Длина маршрута составляет 2620 метров подъема под разными углами, с местами для отдыха (беседки, лавочки). Маршрут пролегает через живописные сосновые леса, обеспечивая чистый воздух, что привлекает отдыхающих, спортсменов и пожилых людей. Помимо основной лестницы, существуют и другие тропы, включая те, что созданы любителями экстремальных видов спорта, например, велосипедистами-экстремалами.

До начала реновационных работ инфраструктура терренкура представляла собой сами ступеньки, несколько смотровых площадок, а также несколько точек для отдыха – так называемые станции, на которых можно остановиться, отдохнуть и пойти дальше по маршруту. Благодаря эмпирическому полевому анализу удалось выявить ряд проблем, существовавших на терренкуре до реновации, подтверждающихся также отзывами в Яндекс и Google-картах:

- отсутствие смотровой площадки;
- ветхие ступеньки;
- отсутствие или плохое освещение;
- плохое состояние моста, ведущего из парка к началу маршрута;
- отсутствие туалета.

В исследовании в качестве методов используются как общенаучные, так и специальные методы, принятые в пространственном и градостроительном анализе, а именно:

1. Количественные методы.

GIS-анализ. Включает в себя картирование маршрутов и инфраструктуры с помощью QGIS Desktop 3.34.15.

При анализе учитываются следующие параметры: протяженность маршрута – 2620 м, высота маршрута над уровнем моря, открытые картографические материалы OpenStreetMap, а также цифровая модель рельефа SRTM (рис. 1). Дополнительно применялись данные полевых наблюдений, плотность потоков пользователей, а также распределение активности по основным точкам.

¹Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: <https://old.bigenc.ru/medicine/text/4189795> (дата обращения: 13.01.2026).

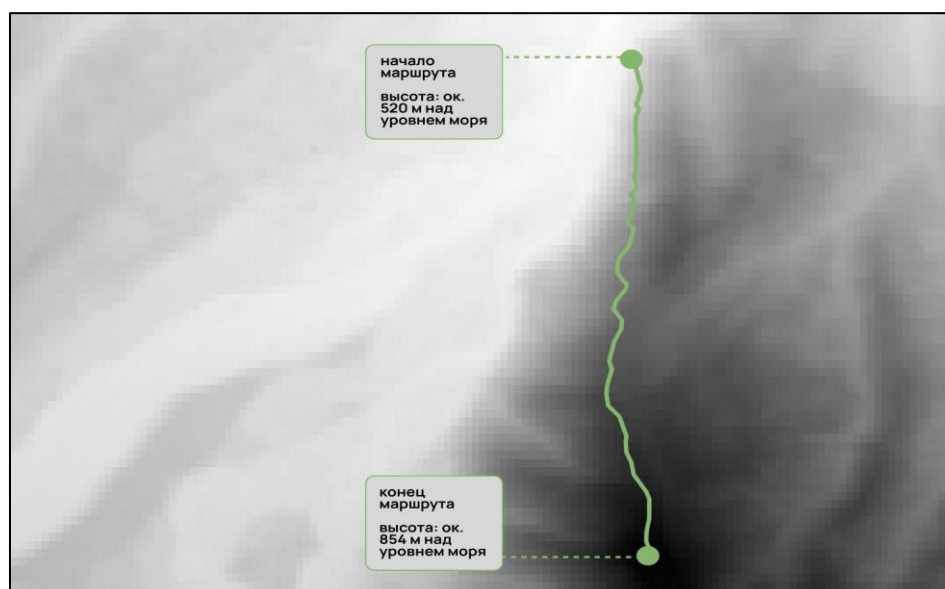


Рис. 1. Цифровая модель рельефа терренкура «Тысяча ступеней» на основе данных проекта SRTM

Fig. 1. Digital elevation model of the “Thousand Steps” terrenkur based on SRTM project data

В рамках анализа были созданы пространственные слои, позволившие выявить существующую инфраструктуру, рельеф территории (минимальную и максимальную высоту над уровнем моря), построить основной пеший маршрут терренкура, а также зоны пользовательской активности (табл. 1).

Таблица 1. Перечень слоев, используемых в рамках GIS-анализа

Table 1. GIS analysis data layers

Слой	Источник данных	Назначение
Рельеф	STRM	Анализ перепадов высоты
Маршруты	OSM	Структура и логика маршрута терренкура
Зеленые насаждения	OSM, спутниковые снимки (Google Satellite)	Визуальная оценка состояния окружающей среды
Антропогенная нагрузка	Эмпирические наблюдения и замеры	Выявление точек наибольшей активности и перегруза

С использованием эмпирических наблюдений и открытых данных выполнена оценка пространственного распределения потоков и выявлены текущие зоны активности и антропогенной нагрузки.

Результаты анализа показали, что концентрация пользователей и наибольшая антропогенная нагрузка ложатся на два участка маршрута: начальная точка, где располагаются уличные тренажеры и коммерческие объекты, и финальная точка маршрута, до которой доходит основная целевая аудитория маршрута: туристы, спортсмены и горожане, ведущие здоровый образ жизни. Также картирование показало состояние инфраструктуры терренкура: были зафиксированы первичные признаки деградации благоустройства на некоторых участках (отсутствие скамеек, урн, освещения). Полученные данные будут использованы для дальнейшего анализа эффектов от реновации терренкура.

Оценка антропогенной нагрузки осуществлялась через прямое наблюдение с временной выборкой и подсчет пользователей на определенных участках, а также фотографическую фиксацию. Замеры проводились в двух ключевых точках маршрута: в нижней части и на верхней станции (рис. 2).

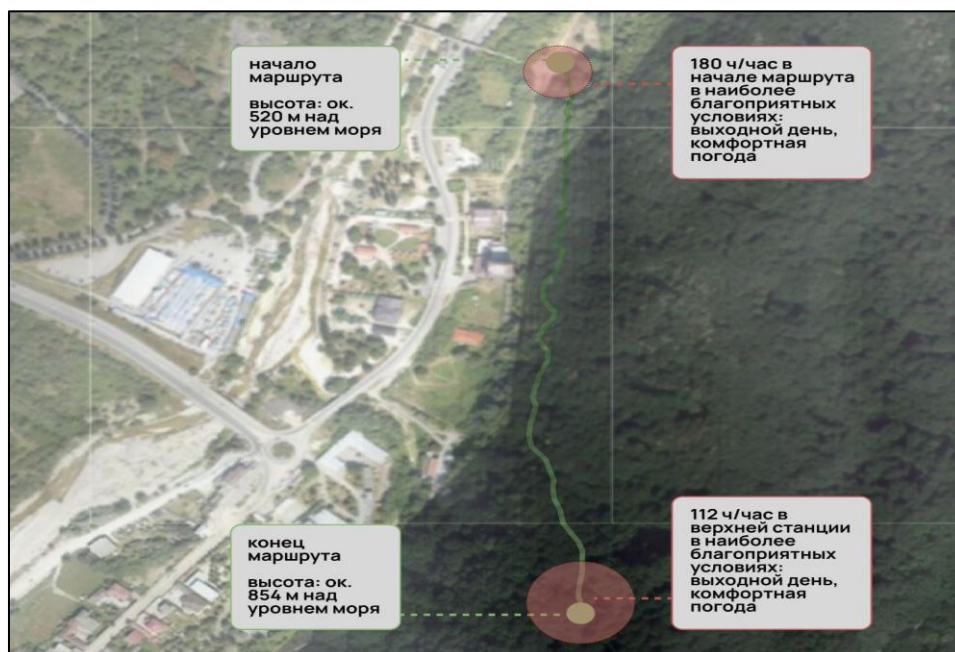


Рис. 2. Карта-схема, иллюстрирующая протяженность маршрута терренкура, максимальные и минимальные значения посещаемости

Fig. 2. A schematic map illustrating the terrenkur route length, along with peak and low visitor traffic values

Эти две точки характеризуются наибольшей концентрацией пользователей. Замеры проводились в течение 15 минут с последующим умножением на коэффициент 4, чтобы экстраполировать временной интервал до часового значения (60 минут). Наблюдения осуществлялись в разные временные интервалы (утренние часы – 7:00 и вечерние часы – 16:00), а также в различные дни (будние и выходные). Время замеров было выбрано на основе социологии, проведенной в рамках исследования [12] (рис. 3).

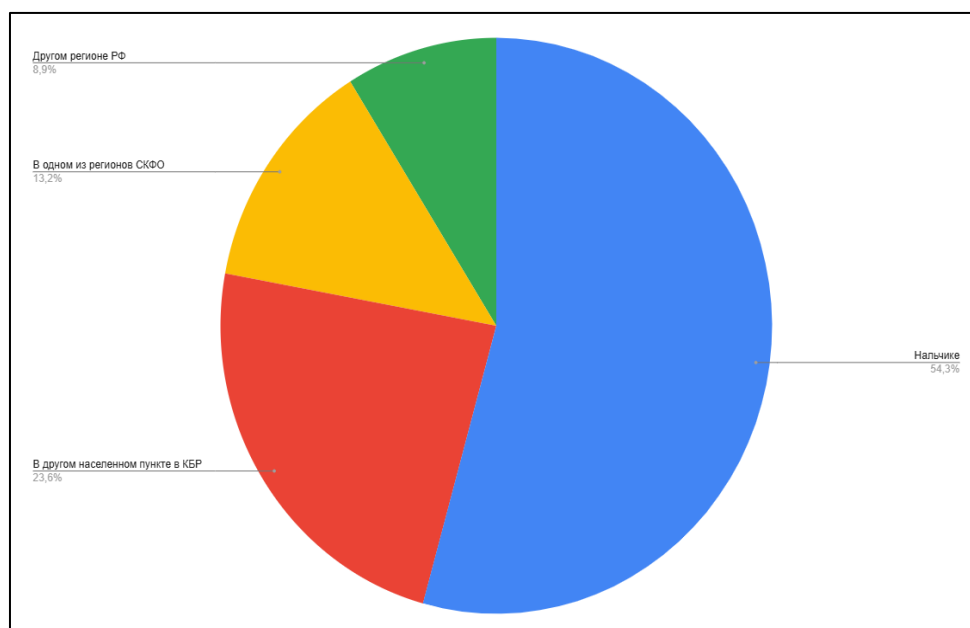


Рис. 3. Распределение респондентов по месту проживания

Fig. 3. Respondents' geographic distribution

Для учета погодных условий исследования выполнялись в рамках двух периодов: в октябре при температуре 17 градусов в ясную погоду и в декабре при температуре 5 градусов в пасмурную погоду (табл. 2). Полученные данные являются оценкой-гипотезой посещаемости, позволяющей выявить влияние временных и сезонных факторов на интенсивность использования терренкура для последующей оценки и анализа рекреационной емкости.

Результаты замеров позволили зафиксировать минимальные и максимальные значения в зависимости от дня, времени суток и погодных условий. В зимний период наблюдается некоторое снижение посещаемости по сравнению с осенним периодом, сохраняя при этом суточную динамику с повышением нагрузки в вечерние часы.

Сравнение данных двух участков – начала маршрута и верхней станции – показывает снижение интенсивности потока пользователей, что может быть связано с повышением физической сложности маршрута и постепенным увеличением угла подъема.

Эти замеры можно также использовать для оценки предполагаемой суточной посещаемости при условии сохранения выявленной динамики посещаемости и активного использования терренкура в течение светового дня. Таким образом, ориентировочная суточная посещаемость терренкура до реновации может составлять от 800 до 1100 человек в сутки при благоприятных погодных условиях (в октябре) и от 360 до 520 человек в сутки при неблагоприятных погодных условиях (в декабре).

Таблица 2. Результаты замеров посещаемости терренкура

Table 2. Terrenkur attendance monitoring data

Период	День	Время	Участок	Чел./час.
Октябрь	Будний	07:00	Начало маршрута	72
Октябрь	Будний	07:00	Верхняя станция	40
Октябрь	Будний	16:00	Начало маршрута	128
Октябрь	Будний	16:00	Верхняя станция	80
Декабрь	Будний	07:00	Начало маршрута	32
Декабрь	Будний	07:00	Верхняя станция	16
Декабрь	Будний	16:00	Начало маршрута	60
Декабрь	Будний	16:00	Верхняя станция	36
Октябрь	Выходной	07:00	Начало маршрута	100
Октябрь	Выходной	07:00	Верхняя станция	56
Октябрь	Выходной	16:00	Начало маршрута	180
Октябрь	Выходной	16:00	Верхняя станция	112
Декабрь	Выходной	07:00	Начало маршрута	48
Декабрь	Выходной	07:00	Верхняя станция	24
Декабрь	Выходной	16:00	Начало маршрута	88
Декабрь	Выходной	16:00	Верхняя станция	48

Рекреационная емкость позволила определить безопасное максимальное количество посетителей для поддержания высокого уровня рекреации без вреда экосистеме. В качестве допущения важно отметить, что терренкур является линейным, а не площадным объектом, поэтому стандартные формулы оценки рекреационной емкости могут применяться лишь ограниченно.

$$R = (L \times W / S) \times k,$$

где: L – длина маршрута (м); W – ширина ступеней (м);
 S – нормативная площадь на одного человека (м²/чел.);
 k – коэффициент использования.

2. Качественные методы.

– Партиципация. Реализовывалась через вовлечение местных жителей, архитекторов и представителей муниципалитета для обозначения проблем и решений.

– Фокус-группы и интервью позволили обозначить предпочтения потенциальных посетителей и оценить предложения по инфраструктуре.

– Наблюдение и фотофиксация позволили оценить маршрут, основные зоны отдыха и экологическое состояние территории.

3. Социологические методы.

– Опрос.

В опросе приняли участие 1553 респондента. Основная выборка проходила по категориям, включающим в себя:

1. Жители города Нальчика – 843 опрошенных.
2. Пациенты санаториев – 87 опрошенных.
3. Спортсмены и любители активного образа жизни – 799 опрошенных.
4. Велосипедисты – 253 опрошенных.
5. Мотоциклисты – 38 опрошенных.

Возрастная категория респондентов – от 18 до 65 лет.

Распределение по гендерному признаку почти равное: 52 % мужчины и 48 % женщины (рис. 4).

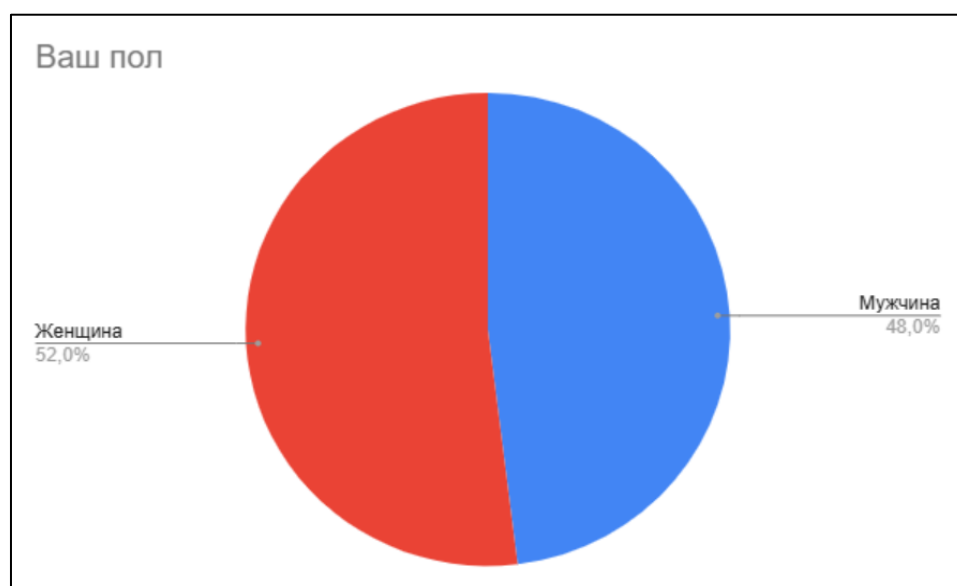


Рис. 4. Гендерное распределение респондентов

Fig. 4. Gender distribution of respondents

Также были выявлены основные временные промежутки посещения терренкура (рис. 5). Эти данные были использованы для выбора наиболее подходящего времени для проведения замеров посещаемости.

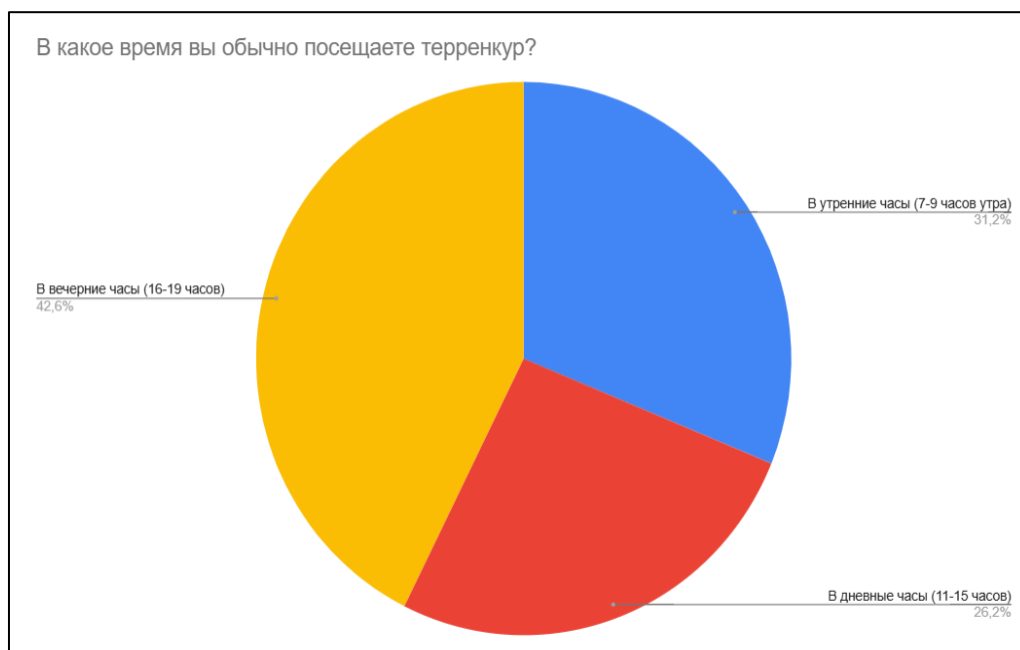


Рис. 5. Посещаемость терренкура в зависимости от времени суток

Fig. 5. Terrenkur attendance by time of day

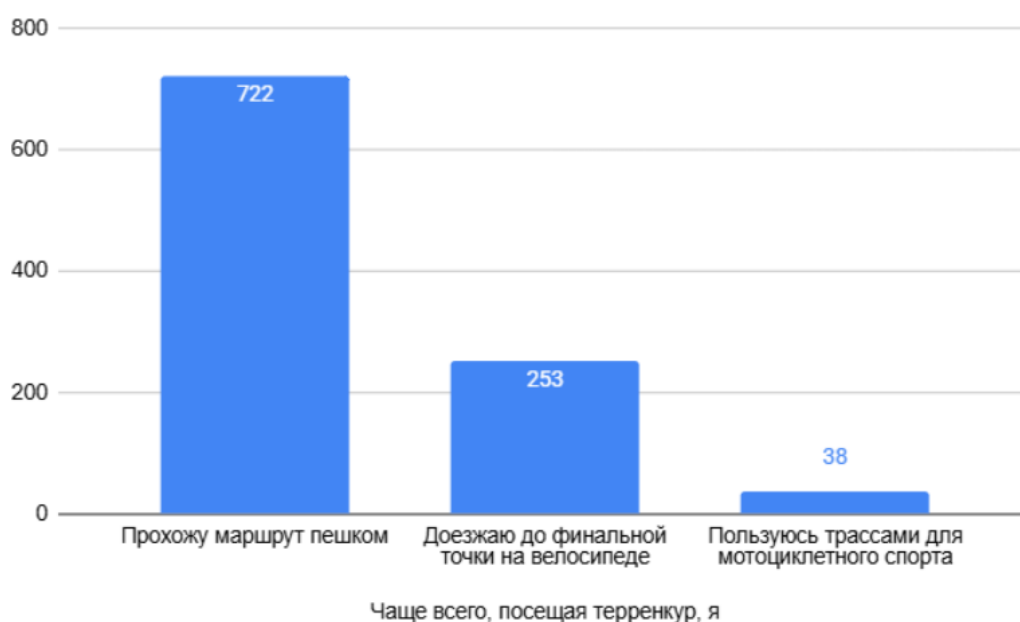


Рис. 6. Способы посещения терренкура

Fig. 6. Distribution of respondents by visitation mode

В качестве методов сбора данных применялись анкетирование, глубинное интервью, фокус-группы, наблюдение и фотофиксация на маршруте.

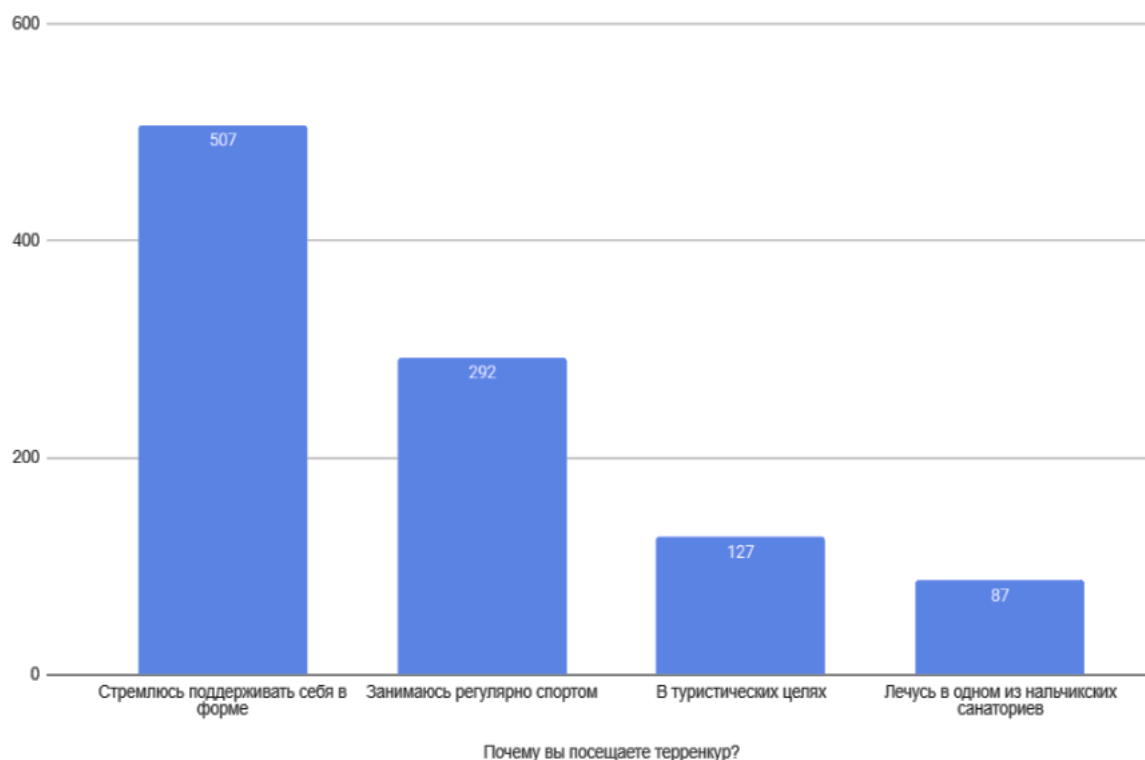


Рис. 7. Причины, по которым респонденты посещают terrenkur

Fig. 7. Respondents' motivations for visiting the terrenkur

Отдельно стоит обратить внимание на метод партисипации, который применялся в Нальчике впервые в рамках проектирования общественной территории. Хронология процедуры партисипации может быть представлена следующим образом (табл. 3).

Таблица 3. Хронология методологии соучаствующего проектирования в рамках проекта реновации terrenкура «Тысяча ступеней»

Table 3. Participatory design timeline: “Thousand Steps” terrenkur renovation project

Период	Стадия	Описание
Лето 2020 года	Идентификация стейкхолдеров	Определены ключевые группы пользователей территории
Лето–осень 2020 года	Сбор первичных данных для выявления пользовательских предпочтений	Через анкетирование, глубинные интервью, наблюдение за поведением пользователей. Всего в социологическом исследовании участвовало 1553 человека
Зима-весна 2020–2021 года	Пространственная фиксация проблем и предпочтений	Фиксация зон активности, фотофиксация, картирование
Весна 2021 года	Проведение партисипативных сессий	Обсуждение текущих проблем территории, сбор предложений по улучшению инфраструктуры, ранжирование приоритетных решений
Весна–лето 2021 года	Интеграция результатов в проект	Сопоставление пользовательских запросов с экологическими и пространственными ограничениями и формирование проектных решений
2026–2027 годы	Оценка ожидаемых эффектов	Оценка и мониторинг социальных, экономических, туристско-рекреационных эффектов от реновации terrenкура

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Стоит отметить, что предстоящая реновация терренкура «Тысяча ступеней» – это первый проект в городе Нальчике, при разработке которого специалистами было проведено антропологическое исследование, в ходе которого население ответило не только на предложенные вопросы, но и вносило свои предложения. Социологическое исследование общественного мнения [12] послужило отправной точкой для разработки проекта реновации терренкура «Тысяча ступеней», реализуемого в 2025–2026 гг. Исходя из проведенных исследований стали понятны группы пользователей территории и какие требования они предъявляют к маршруту и инфраструктуре вокруг нее. Это стало первым случаем, когда научный подход был применен к проекту реновации городской территории в городе Нальчике. Выводы, которые были сформулированы в ходе анализа опроса, применены градостроителями и архитекторами при создании концепции благоустройства.

Были выявлены следующие группы пользователей [12]:

1. Активные горожане-любители, которые пользуются тропой с целью поддержания себя в форме в рамках концепции здорового образа жизни.
2. Спортсмены, которые посещают терренкур в профессиональных целях.
3. Посетители нальчикских санаторных учреждений, которые используют терренкур как один из методов лечения.
4. Велосипедисты как отдельная категория пользователей (территория горы Кизиловка используется в качестве трассы для проведения велогонки «Царь горы»).
5. Мотоциклисты как отдельная категория пользователей (территория горы Кизиловка используется в качестве трассы для мотоциклетного спорта). Многие респонденты отмечали мотоциклистов как конфликтных пользователей.

Были также проведены полевое исследование и фотофиксация территории (рис. 8–11), которые показали ряд экологических и ландшафтных результатов. Так, были выявлены следующие особенности:

1. На территории, прилегающей к проектируемой, уже существуют коммерческие объекты (кофейня и несколько гостевых домов).
2. Тропа является непригодной для зимнего сезона, так как покрытие леденеет и становится скользким. При должном обслуживании инфраструктуры или современных проектных решениях эта проблема может быть решена.
3. Терренкур располагается на горе Кизиловка, которая является местом обитания флоры и дикой фауны: совы, кабаны, дикие коты, косули, а также медведи². Это важная особенность территории, которая обязательно должна влиять на проект.
4. Объект довольно конфликтный и является точкой столкновения интересов нескольких групп пользователей. В первую очередь горожан, которые стремятся к спокойному отдыху, с мотоциклистами, использующими холмистые дороги Кизиловки в качестве трассы для мотоциклетного спорта.
5. Активное участие в поддержании терренкура в надлежащем состоянии принимают городские сообщества: периодически экоактивисты совместно с волонтерами Института городского развития «Платформа» проводят субботники на горе Кизиловка, что демонстрирует готовность горожан влиять на городские процессы и помогать муниципалитету.

²1KBR TV. Реконструкция терренкура в Нальчике [Электронный ресурс]. URL: <https://www.1kbrtv.ru/node/9724> (дата обращения: 13.01.2026).



Рис. 8. Коммерческий объект

Fig. 8. Commercial property



Рис. 9. Гостевые дома

Fig. 9. Guest houses



Рис. 10. Фрагмент маршрута

Fig. 10. Route fragment



Рис. 11. Фрагмент маршрута

Fig. 11. Route fragment

Проект, разработанный с участием городских сообществ, профессионалов – урбанистов и архитекторов, а также муниципалитета, также нуждается в подробном анализе и соотношении с принципами устойчивого развития ООН, которые являются неотъемлемой составляющей современного городского развития. Ниже представлена синхронизационная таблица, отражающая, как ключевые технико-экономические показатели проекта соотносятся с принципами устойчивого развития (табл. 4).

Таблица 4. Синхронизация принципов устойчивого развития ООН с проектными решениями**Table 4.** Alignment of the UN Sustainable Development Goals (SDGs) with project design solutions

Название принципа	Описание принципа	Как реализуется в проекте реновации	Измеримые индикаторы	Прогноз от реализации проекта
Хорошее здоровье и благополучие	Реализация мер по повышению рождаемости, увеличению ожидаемой продолжительности жизни, сохранению населения, укреплению здоровья и повышению благополучия граждан [13]	Обзор литературы, проведенный выше, показал конкретные эффекты терренкура. Реновация такого объекта напрямую влияет на здоровье и благополучие не только отдельного человека, но и всей нации	Посещаемость маршрута. Оценка времени физической активности посетителей. Уровень удовлетворенности посетителей	960 чел./день 35–45 мин.
Чистая вода и санитария	Введение эффективных технологий водопользования, рациональное использование пресной воды, обеспечение надлежащей инфраструктуры для населения ³	На старте маршрута будет установлен питьевой фонтан с минеральной водой, а также общественный туалет	Доступность санитарных зон – количество объектов на маршруте. Качество воды. Количество посетителей, использовавших зону	2 новые точки
Достойная работа и экономический рост	Устойчивый рост экономики, увеличение количества рабочих мест, снижение безработицы, повышение качества работы и производительности труда, равный доступ к работе вне зависимости от пола, вероисповедания, национальности и иных признаков ⁴	Поскольку проект не предполагает строительства коммерческих объектов и создания новых рабочих мест, он лишь косвенно влияет на экономический рост: появление коммерции вокруг, а также рост туристической привлекательности города, что в свою очередь ведет к созданию новых рабочих мест и пополнению бюджетов всех уровней	Количество новых рабочих мест. Рост выручки. Налоговые поступления. Сезонность посещения	3–5 рабочих мест; около 664 тыс. рублей
Уменьшение неравенства	Обеспечение равенства возможностей, отмена дискриминационных законов, снизить не только финансовый, но и социальный разрыв между богатыми и бедными ⁵ .	Проект является некоммерческим, не предполагает никаких дополнительных сборов и оплаты для посещения, спортивные объекты в равной степени доступны всем категориям горожан, общественный туалет является инклюзивным. Все это исключает дискриминацию по какому-либо признаку	Доступность объектов. Отсутствие платы за посещение	Всем доступные объекты
Устойчивые города и населенные пункты	Развитие экологически устойчивых городов, построение комплексной и устойчивой системы управления городами, активизация усилий по охране природного наследия городов, а также по приумножению зеленого каркаса, уменьшение негативного экологического воздействия городов на планету и на минимизацию рисков климатических изменений [14]	Проект реновации терренкура разработан так, чтобы минимально затронуть городскую природу и бережно вписать изменения в сложившуюся экосистему: проект освещения разработан с учетом биоритмов птиц и животных, не предполагается вырубка зеленых насаждений, наоборот, предполагается высадка новых деревьев, а также не планируется перегружать территории новыми маршрутами или коммерческими объектами. Все это создает условия для стабильного и устойчивого развития Нальчика как города-курорта и закладывает основу для развития этой отрасли на ближайшие десятилетия	Площадь зеленых насаждений. Количество новых деревьев. Плотность маршрутов. Индекс экосистемных услуг (фильтрация воздуха и биоразнообразие)	5240 м ² и 200 новых деревьев; Индекс сохранен

³Отчет о ЦУР 6 в России (Чистая вода и санитария) / Open School SDG. 2022. 45 с. URL: <http://sdg.openshkola.org/goal6> (дата обращения: 17.01.2026).

⁴Отчет о ЦУР 8 в России (Достойная работа и экономический рост) / Open School SDG. 2023. 52 с. URL: <http://sdg.openshkola.org/goal8> (дата обращения: 17.01.2026).

⁵Цель 10 устойчивого развития: Уменьшение неравенства [Электронный ресурс] // Plus-One.ru. 2021. URL: <https://plus-one.ru/sustainability/cel-10-ustoychivogo-razvitiya-umenshenie-neravenstva> (дата обращения: 17.01.2026).

Борьба с изменением климата	Принятие мер по ограничению выбросов парниковых газов, просвещение и повышение осведомленности в области изменения климата, финансирование “зеленых” инициатив, энергосбережение, сохранение лесов и биоразнообразия ⁶	Все меры, перечисленные выше, позволяют поддержать экосистему, а зеленые насаждения борются с выбросами CO ₂	Снижение CO ₂ ; площадь зеленых насаждений; энергопотребление инфраструктуры; индекс информированности населения о климате	Снижение CO ₂ на 4,5 т; энергопотребление – 15%
-----------------------------	---	---	---	--

Прогнозирование эффектов от реализации проекта реновации терренкура будет носить сценарный характер и основываться на двух якорях: базовый сценарий – текущее состояние терренкура, целевой – реализация проектных решений. Предлагается разработка системы индикаторов, которые могут использоваться для последующей оценки эффектов в цифрах и конкретных значениях. В качестве индикаторов могут быть взяты следующие метрики:

1. Посещаемость тропы (чел./день, чел./месяц, чел./сезон). Это первый индикатор, влияющий не только на человека, но и на экономическую составляющую. В качестве гипотезы в данном исследовании берется утверждение, что рост посещаемости терренкура приведет к росту выручки ближайших точек общественного питания и созданию новых, что в свою очередь приведет к росту налоговых поступлений и созданию рабочих мест.

В качестве базового значения принята текущая суточная посещаемость при благоприятных погодных условиях: 800 чел./сутки. Предполагаемый рост посещаемости может быть обусловлен улучшением инфраструктуры, повышением привлекательности территории и перераспределением пользовательских потоков [15].

В результате выделяется 3 сценария: консервативный, реалистичный и оптимистичный (табл. 5). Сценарии в рамках данной статьи опираются на совместное исследование КБ «Стрелка», Центра организации дорожного движения, компаний Knight Frank и ЦИАН⁷ посещаемости московских улиц после их реновации в рамках программы «Моя улица».

Таблица 5. Сценарный анализ потенциального роста посещаемости терренкура после реновации

Table 5. Scenario analysis of the potential growth in terrenkur attendance after renovation

Сценарий	Коэффициент роста, %	Посещаемость (чел./сутки)
Консервативный	+ 20	960
Реалистичный	+ 30	1040
Оптимистичный	+ 40	1120

Говоря об экономической эффективности проекта, важно отметить косвенное экономическое воздействие за счет увеличения туристической привлекательности и роста дохода местного бизнеса. Так, можно подчеркнуть возможный рост предприятий, расположенных

⁶Добровольный национальный обзор Целей устойчивого развития Российской Федерации (2020–2024) / HSE Global Centre. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2024. 150 с.

⁷РБК. Эксперты оценили эффект от благоустройства улиц в Москве [Электронный ресурс]. URL: <https://realty.rbc.ru/news/59f7164c9a79470cedffeb7c> (дата обращения: 06.04.2026 г.).

в шаговой доступности от начала маршрута, а именно: 2 кофейни, 1 сувенирный рынок, 1 зона отдыха, 1 гостиница, 2 кафе. Исходя из социологических исследований средний чек россиян в точках общественного питания составляет 1,412 рублей⁸, а на сувениры россияне в среднем тратят 3,2 тыс. рублей⁹. Даже при консервативном росте посещаемости можно наблюдать рост выручки предприятий, опираясь на формулу:

$$E = N \times p \times C,$$

где: E – суммарная выручка (руб./день); N – посещаемость (чел./день);

p – доля посетителей, совершающих покупки; C – средний чек.

В качестве значения N возьмем консервативный прогноз роста посещаемости; в качестве значения p – 30 % посетителей, совершающих покупки и останавливающихся в заведениях общепита, в том числе туристов, покупающих сувениры¹⁰. В качестве C – средний чек 2306 рублей как среднее арифметическое средних трат на сувениры и походов в точки общественного питания. Получим следующий расчет:

$$960 \times 0,3 \times 2306 = 664\,128 \text{ рублей.}$$

Данный прогноз носит иллюстративный сценарный расчет потенциального косвенного экономического эффекта от реновации терренкура.

2. Нагрузка на участок (рис. 12). За счет создания новых микроточек притяжения на территории потоки могут более равномерно перераспределиться по терренкуру. Сейчас антропогенная нагрузка ложится в основном на старт и финиш маршрута. Проектом предполагается обустройство 4 новых площадок: спортивная площадка на старте маршрута, информационная площадка для отдыха и получения информации о маршруте, зона для проведения мероприятий на свежем воздухе и финальная – зона тихого и спокойного отдыха для медитации.

Рекреационная емкость территории, согласно исходным данным, до проекта составила:

$$R = (2620 \times 1,5 / 4) \times 0,4 = 393.$$

После реновации с учетом создания новых зон притяжения и равномерно распределенной нагрузкой ожидается увеличение рекреационной емкости:

$$R = (2620 \times 1,5 / 4) \times 0,5 = 491.$$

Прогноз изменения коэффициента использования (k) носит консервативный характер и связан с перераспределением потоков и снижением локальных перегрузок, что позволяет более равномерно задействовать всю протяженность маршрута.

⁸Информер. Средний чек в точках общепита вырос на 12 % [Электронный ресурс]. URL: <https://ruinformer.com/page/srednij-chek-v-tochkah-obshhepita-vyros-na-12> (дата обращения: 10.04.2026 г.).

⁹Russian Traveler. Сколько тратят на сувениры российские туристы? [Электронный ресурс]. URL: <https://traveler.ru/travel/skolko-tratyat-na-suvenity-rossijskie-turisty/> (дата обращения: 10.04.2026 г.).

¹⁰RG.ru. Опрос: почти 77 % россиян совершают импульсивные покупки [Электронный ресурс]. URL: https://rg.ru/2025/09/24/opros-pochti-77-rossiian-sovershaiut-impulsivnye-pokupki.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.perplexity.ai%2F (дата обращения: 10.04.2026 г.).

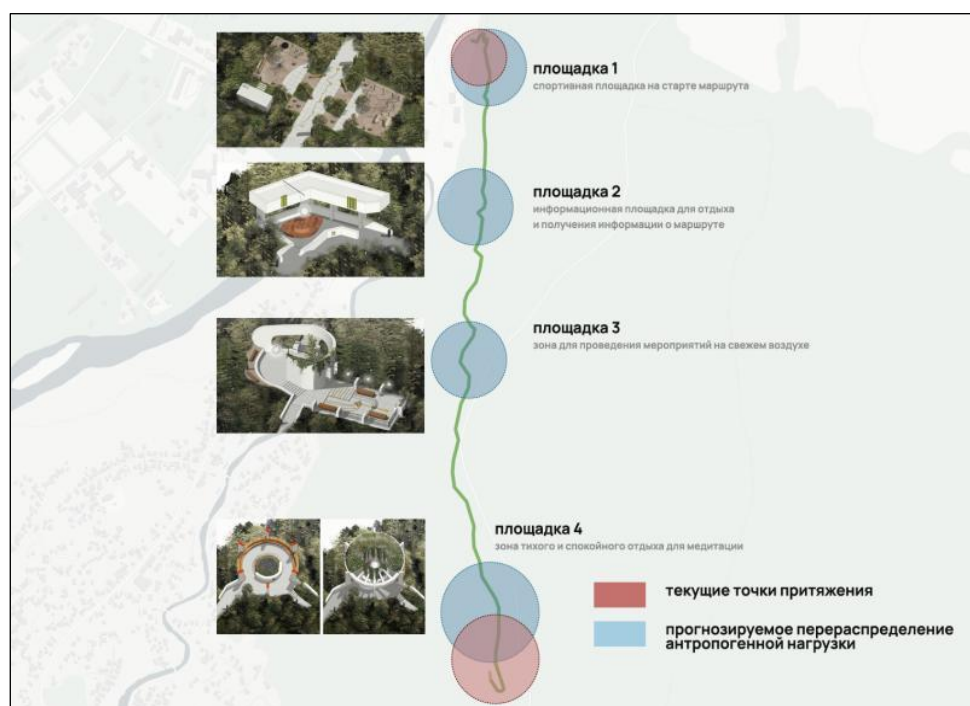


Рис. 12. Схема, отображающая текущее и проектное распределение активностей и антропогенной нагрузки на маршруте «Тысяча ступеней»

Fig. 12. A schematic diagram displaying the current and proposed distribution of activities and anthropogenic load along the “Thousand Steps” route

3. Удовлетворенность посетителей. Социальная метрика, которая может дать первичную информацию о соответствии ожидания посетителей реальности.

4. Экологическое состояние тропы. Площадь зеленых насаждений составляет 5240 м² с 200 новыми деревьями. Суммарно поглощение СО₂ зелеными насаждениями оценивается в 4,5 тонны в год. При этом энергопотребление инфраструктуры снижается на 15 %. Индекс биоразнообразия сохраняется благодаря представителям местной фауны.

Выводы

Проведение междисциплинарного анализа реновации городского терренкура в Нальчике позволило благодаря применению комплексной методологии сформулировать ряд количественных и качественных индикаторов (табл. 6), которые могут в дальнейших исследованиях использоваться для тестирования гипотез и получения более точных данных.

На текущем этапе прогноз носит вероятностный характер и зависит от фактической реализации проектных решений, уровня эксплуатации территории, а также ряда допущений, связанных с недостаточным количеством данных, которые имеются на момент до реновации.

При этом удалось достичь и практически значимых результатов:

- выявлены зоны повышенной антропогенной нагрузки;
- установлены особенности пространственной организации терренкура как линейного рекреационного маршрута;
- проведена гипотетическая оценка текущей посещаемости терренкура и ее зависимость от времени и погодных факторов;
- рассчитана потенциальная рекреационная емкость, что позволило установить ограничения устойчивости маршрута к локальным перегрузкам на точечных участках.

Таблица 6. Описание индикаторов, которые могут использоваться для качественной и количественной оценки эффектов от реновации терренкура

Table 6. Description of indicators for qualitative and quantitative assessment of terrenkur renovation effects

Индикатор	До реновации	После (прогнозный сценарий)
Посещаемость	800 чел./день при благоприятных погодных условиях	960 чел./день при благоприятных погодных условиях
Нагрузка на участок	Сосредоточена плотно на 1–2 участках	Распределена равномерно по территории
Удовлетворенность посетителей	Горожане выделяют множество проблем территории	Проводится дополнительное социологическое исследование, в котором предлагается оценить качество решения обозначенных ранее проблем
Экологическое состояние тропы	Деградирует	Стабилизируется, появляются новые зеленые насаждения
Рекреационная емкость территории	Максимальная вместимость – 393 человека	Максимальная вместимость – 589 человек

Реновация терренкура в городе Нальчике демонстрирует потенциал таких объектов как катализаторов устойчивого развития курортных городов. Научно-аналитическая оценка показала положительное влияние на здоровье населения, распределение потоков туристов, экономику и сохранение экосистемы. Сопоставление с ЦУР ООН позволяет делать обоснованные выводы об эффективности проекта и использовать результаты исследования для масштабирования опыта на другие регионы РФ и использования результатов региональными и муниципальными органами власти, проектными институтами и автономными некоммерческими организациями при планировании будущих проектов реновации рекреационных территорий и оценке их влияния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kyu H.H., Bachman V.F., Alexander L.T. et al. Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events: systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 // *BMJ*. 2016. Vol. 354. P. i3857. DOI: 10.1136/bmj.i3857
2. Князева Т. А., Никифорова Т. И., Лобанов А. А. Применение терренкура в лечении и реабилитации пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы: систематический обзор // *Вестник восстановительной медицины*. 2022. Том 21. № 6. С. 45–56. DOI: 10.38025/2078-1962-2022-21-6-99-109
3. Бараишков Г. Н., Сергеев В. Н., Карамнова Н. С. Терренкуры и физическая тренировка ходьбой // *Профилактическая медицина*. 2021. № 5. С. 48–55. DOI: 10.17116/profmed20212405187
4. Корягина Ю. В. Разработка и научное обоснование лечебно-оздоровительного ландшафтно-климатического потенциала терренкура «Тропа Кедровая» // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2023. № 4. С. 112–120. DOI: 10.24412/2782-6570-2023_02_03_3
5. Лобанов А. А., Бобровницкий И. П., Уянаева А. И. и др. Климатотерапия // *Научно-практическое руководство для врачей «Санаторно-курортное лечение»*. М.: Реновация, 2022. Ч. 1. С. 83–114.

6. Князева Т. А., Никифорова Т. И., Еремушкин М. А. и др. Повышение эффективности кардиореабилитации включением методов метаболической адаптации к ишемии миокарда // Вестник восстановительной медицины. 2019. № 3(91). С. 34–39. EDN: EJGILB
7. Maria Korkou, Ari K.M. Tarigan, Hans Martin Hanslin. Indicators for multi-benefits in urban green infrastructure planning // Urban Forestry & Urban Greening. 2020. Vol. 47. Pp. 126–135. DOI: 10.1016/j.ufug.2023.127975
8. Pietsch M., Makala M., Syrbe R.-U., Louda J. Multifunctional assessment of green infrastructure for sustainable city planning // Advances in Science, Technology and Innovation. 2021. Pp. 345–357. DOI: 10.1007/978-3-030-65181-7_28
9. Korkou M., Tarigan A.K.M., Hanslin H.M. The multifunctionality concept in urban green infrastructure planning: A systematic literature review // Land. 2024. Vol. 13. № 1. P. 88. DOI: 10.3390/land13010088
10. Bram Oosterbroek, Joop de Kraker. Participatory design of urban green space to improve residents' health // Land. 2024. DOI: 10.20944/preprints202311.1683.v1
11. Report on SDG 6 in Russia (Clean water and sanitation) / Open School SDG. 2022. 45 p. URL: <http://sdg.openshkola.org/goal6> (accessed: 26.02.2026)
12. Юанов Б. Т. Социологическое исследование общественного мнения о состоянии терренкуров в Нальчике, Нальчик, 2020 (в печати).
13. Сахаров О. Ф. Реализация ЦУР в России: вызовы и достижения // Вестник Высшей школы экономики. 2025. № 1. С. 10–25.
14. Анисимов А. П. Об основных задачах реализации в России концепции устойчивого развития городов // Lex Russica. 2023. Т. 191. № 11. С. 11–19. DOI: 10.17803/1729-5920.2023.191.11-19
15. Martina Carra, Silvia Rossetti, Michela Tiboni, David Vetturi. Can urban regeneration improve walkability? A space-time assessment for the Tintoretto area in Brescia // Transportation Research Procedia. Vol. 60. 2022. Pp. 394–401. DOI: DOI.ORG/10.1016/J.TRPRO.2021.12.051

REFERENCES

1. Kyu H.H., Bachman V.F., Alexander L.T. et al. Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events: systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *BMJ*. 2016. No. 354. P. i3857. DOI: 10.1136/bmj.i3857
2. Knyazeva T.A., Nikiforova T.I., Lobanov A.A. The use of terrain cure in the treatment and rehabilitation of patients with cardiovascular diseases: a systematic review. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022. Том. 21. No. 6. Pp. 99–109. DOI: 10.38025/2078-1962-2022-21-6-99-109. (In Russian)
3. Barashkov G.N., Sergeev V.N., Karamnova N.S. Terrainkurs and physical training by walking. *Preventive Medicine*. 2021. No. 5. Pp. 48–55. DOI: 10.17116/profmed20212405187. (In Russian)
4. Koryagina Yu.V. Development and scientific substantiation of the therapeutic and health-improving landscape-climatic potential of the terrain cure "Kedrovaya Trail". *Issues of Balneology, Physiotherapy and Therapeutic Physical Culture*. 2023. No. 4. Pp. 112–120. DOI: 10.24412/2782-6570-2023_02_03_3. (In Russian)
5. Lobanov A.A., Bobrovniksky I.P., Uyanaeva A.I. et al. Climatotherapy. In "Scientific and practical guide for doctors "Sanatorium-resort treatment". Moscow: Renovation, 2022. Part 1. Pp. 83–114. (In Russian)
6. Knyazeva T.A., Nikiforova T.I., Eremushkin M.A. et al. Improving the efficiency of cardiorehabilitation the inclusion of methods of metabolic adaptation of ischemic myocardium. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2019. No. 3(91). Pp. 34–39. EDN: EJGILB. (In Russian)

7. Maria Korkou, Ari K. M. Tarigan, Hans Martin Hanslin. Indicators for multi-benefits in urban green infrastructure planning. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2020. No. 47. Pp. 126–135. DOI: 10.1016/j.ufug.2023.127975
8. Pietsch M., Makala M., Syrbe R.-U., Louda J. Multifunctional assessment of green infrastructure for sustainable city planning. *Advances in Science, Technology and Innovation*. 2021. Pp. 345–357. DOI: 10.1007/978-3-030-65181-7_28
9. Korkou M., Tarigan A.K.M., Hanslin H.M. The multifunctionality concept in green urban infrastructure planning: A systematic literature review. *Land*. 2024. Vol. 13. No. 1. P. 88. DOI: 10.3390/land13010088
10. Bram Oosterbroek, Joop de Kraker. Participatory design of urban green space to improve residents' health. *Land*. 2024. DOI: 10.20944/preprints202311.1683.v1
11. Report on SDG 6 in Russia (Clean water and sanitation) / Open School SDG. 2022. 45 p. Available at: <http://sdg.openshkola.org/goal6> (accessed: 26.02.2026).
12. Yuanov B.T. Sociological study of public opinion on the condition of terrainkur in Nalchik. Nalchik, 2020. In press. (In Russian)
13. Sakharov O.F. Implementation of the SDGs in Russia: challenges and achievements. *Bulletin of the Higher School of Economics*. 2025. No. 1. Pp. 10–25. (In Russian)
14. Anisimov A.P. On the main tasks of implementing the concept of sustainable urban development in Russia. *Lex Russica*. 2023. Vol. 191. No. 11. Pp. 11–19. DOI: 10.17803/1729-5920.2023.191.11-19. (In Russian)
15. Martina Carra, Silvia Rossetti, Michela Tiboni, David Vetturi. Can urban regeneration improve walkability? A space-time assessment for the Tintoretto area in Brescia. *Transportation Research Procedia*. No. 60. 2022. Pp. 394–401. DOI: DOI.ORG/10.1016/J.TRPRO.2021.12.051

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторе

Юанов Беслан Тимурович, аспирант Института математики и естественных наук, Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова;
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173;
beslan.yuanov@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6736-8128>

Information about the author

Beslan T. Yuanov, Postgraduate Student, Institute of Mathematics and Natural Sciences, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov;
173, Chernyshevsky street, Nalchik, 360004, Russia;
beslan.yuanov@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6736-8128>

УДК 821.512

Научная статья

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-4-176-185>

 YUNQASB

Поэтическая индивидуальность Оюса Уянова

А. М. Гузиева (Сарбашева)

Институт гуманитарных исследований –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, г. Нальчик, ул. Пушкина, 18

Аннотация. Статья посвящена изучению творчества балкарского поэта Оюса Хасановича Уянова, недостаточно освещенного в национальном литературоведении. Этот факт определяет актуальность работы. Научная новизна исследования заключается в том, что впервые подвергается литературоведческому осмыслению поэзия О. Уянова, объективно вырисовывается панорама его творчества. В статье отражены биографические сведения, также представлено духовное наследие писателя, что способствует созданию целостного литературного портрета художника. Наблюдения и выводы в тексте подкреплены иллюстративным материалом, придающим убедительность исследованию.

Цель исследования – выявить специфику идиостиля, особенности мировосприятия автора, идейно-тематической направленности его лирики, в целом идентифицировать поэтическую индивидуальность О. Уянова.

Материалы и методы. Объектом исследования являются стихотворения и поэмы О. Уянова. Для достижения поставленной цели используются историко-биографический, литературоведческий, типологический, сопоставительный, герменевтический методы.

Результаты. На основе анализа произведений с акцентом на идиостиль, авторские образы-маркеры раскрыты ключевые черты поэтической индивидуальности. В результате исследования показано своеобразие художественного мира О. Уянова, отмечены авторская рефлексия, выраженное медитативное начало, драматизм мировосприятия, выявлены основные тематические линии, которые в совокупности формируют представление о творческой индивидуальности поэта.

Выводы. Неразрывная связь жизни и поэтического творчества придает произведениям О. Уянова особую реалистичность и художественную оригинальность, подчеркивающие уникальность авторского самовыражения.

Ключевые слова: О. Уянов, балкарская поэзия, поэтическая индивидуальность, идиостиль, мотив, образ, духовное наследие

Поступила 10.04.2026, одобрена после рецензирования 04.06.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Гузиева (Сарбашева) А. М. Поэтическая индивидуальность Оюса Уянова // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 176–185. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-176-185

© Гузиева (Сарбашева) А. М., 2026



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

Oyus Uyanov's poetic individuality

A.M. Guzieva (Sarbasheva)

Institute of Humanitarian Researches –
branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
18, Pushkin street, Nalchik, 360000, Russia

Abstract. The article explores the literary work of the Balkar poet Oyus Khasanovich Uyanov, a figure insufficiently covered in national literary studies. This fact determines the relevance of the research. The study offers a pioneering literary insight into O. Uyanov's poetry, thereby establishing an objective and comprehensive picture of his artistic legacy. The paper outlines biographical information and examines the author's spiritual heritage, which helps to form an integrated literary profile of the artist. Textual observations and conclusions are reinforced with illustrative examples, making the study highly compelling.

Aim. The study aims to define Uyanov's individual style, his worldview, and the core themes of his lyrics in order to comprehensively characterize the poet's unique artistic voice.

Materials and methods. The subject matter of this research consists of O. Uyanov's poetry and epic poems. In order to accomplish the set goal, historical-biographical, literary, typological, comparative, and hermeneutical methods are applied.

Results. Through a textual analysis centered on the idiosyncrasy and the author's symbolic marker-images, the essential traits of the poet's unique artistic identity have been revealed. The findings illustrate the original nature of Uyanov's artistic world, marked by deep reflection, a strong meditative essence, and a dramatic worldview, alongside the key thematic currents that jointly determine his creative persona.

Conclusions. The inseparable bond between the poet's life and his work imbues O. Uyanov's poetry with a distinct realism and artistic novelty, which underscore the uniqueness of his creative self-expression.

Keywords: O. Uyanov, Balkar poetry, poetic individuality, individual style, motif, image, spiritual heritage

Submitted 10.04.2026,

approved after reviewing 04.06.2026,

accepted for publication 07.08.2026

For citation. Guzieva (Sarbasheva) A.M. Oyus Uyanov's poetic individuality. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 176–185. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-176-185

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время приоритетным в филологической науке является освещение духовного наследия писателей «второго плана» в балкарской литературе. В частности, фокус внимания региональных исследователей направлен на творчество Сулеймана Бабаева, Башира Гуляева, Зуфара Сарбашева, Хажимусы Кулиева, Магомета Аттоева, Зейтуна Зокаева, Хакима Аккаева и других [1–6], с произведениями которых современные читатели мало знакомы. «Как показывает опыт, не став объектом исследования литературоведов, духовное наследие многих самобытных авторов все еще остается под угрозой полного выпадения из анналов истории культуры. В перспективе предстоит ввести в научный оборот их творчество, изучить его системно, популяризировать и тем самым сделать достоянием будущих поколений» [6, с. 68]. Руководствуясь осознанным желанием расширить представление о развитии литературы, ученые подвергают научному анализу малоизу-

© Guzieva (Sarbasheva) A.M., 2026



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

ченные, а зачастую незатронутые пласты национальной словесности. В стремлении восполнить пробел в литературоведческом осмыслении творческих судеб «забытых поэтов» исследователи нацелены на то, чтобы достойно, а главное – объективно представить их духовное наследие.

Актуальность подобных изысканий продиктована в первую очередь необходимостью определить роль и место названных авторов в духовной культуре, диапазон и эстетическую ценность их творчества, «необходимостью рассмотрения литературных персоналий в связке со спецификой этноментальности и уровнями проявления таковой» [1, с. 274]. Вышеизложенным мотивировано и наше обращение к наследию балкарского поэта Оюса Уянова (1939–2011), члена Союза писателей РФ (1991). Основная научная цель статьи – определить творческую индивидуальность поэта, для достижения которой используются следующие методы: историко-биографический, литературоведческий, типологический, сопоставительный, герменевтический.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Оюс Уянов – скромный по натуре, не стремился к легкой популярности, общественному признанию как художник слова. В предисловии к сборнику «Чал жауун» («Седой дождь») С. Могтаева писала: «Творческий путь поэта не без трудностей, он не стремился добиться признания среди читателей: словно путник (мухаджир) дальней дороги, туго затянув пояс, живет с непоколебимой уверенностью в сердце, не теряя из виду освещающую высокую грань его творческого поиска звезду» [7, с. 8]. О. Уянов относился к когорте писателей, как верно отмечает литературовед И. Кажарова, которым «не везло» в том смысле, что по каким-то причинам они совершенно не стремятся «заполонить» своей неординарностью все видимые пространства» [8, с. 79].

Несмотря на очевидный опыт в литературной стезе, творчество О. Уянова выпало из поля зрения национальных исследователей. Исключение составили лишь небольшой очерк в Библиографическом словаре «Писатели Кабардино-Балкарии» [9] и публикации в местной периодике [10, 11]. С учетом творческого потенциала автора и опорой на вышеуказанные источники представляется целесообразным провести обзорный анализ лирики, направленный на выявление характерных черт его поэтической индивидуальности.

Оюс Уянов родился 27 декабря 1939 г. в с. Шыкы Черекского района КБАССР. Судьба с самого детства проявила неблагосклонность к мальчику и его поколению, для которых 1940-е годы стали роковыми: в 1941 г. началась Великая Отечественная война, затем в 1944 г. – депортация балкарского народа в Среднюю Азию. На чужбине семья Уяновых попала в Киргизию, где Оюс окончил семь классов. Драматические обстоятельства в жизни будущего поэта (как и всех его соплеменников) – трагическая участь переселенца – отпечатались в сознании и в последующем отразились на его художественном мировосприятии. После возвращения в отчий край в 1958 г. О. Уянов поступил в Нальчикское педагогическое училище, по окончании которого в 1962 г. продолжил учебу в Кабардино-Балкарском государственном университете на филологическом факультете. С 1969 г. работал учителем балкарского языка и литературы в средней школе с. Кичмалка Зольского района КБАССР.

Оюс Уянов как художник слова заявил о себе в 1960–1970-е годы. Творческий путь поэта начался с публикаций стихотворных подборок в газетах «Коммунизмге жол» («Путь к коммунизму»), «Заря коммунизма», с которыми активно сотрудничал в студенческие годы в качестве сельского корреспондента. В 1963 г. в альманахе «Шуёхлукъ» («Дружба») был опубликован цикл лирических стихотворений молодого автора: «Кечеги жолда» («В ночной дороге»), «Туугъан элим» («Родное село»), «Ата журтума» («Родине»). С 1970-х годов начинают издаваться отдельные сборники стихов поэта: «Таулань башла-

ры» («Вершины гор», 1978), «Бызынгы тартыула» («Напевы Безенги», 1985), «Чал жауун» («Седой дождь», 1991). В литературной галерее автора определенную нишу занимают поэмы и баллады: «Даучума» («Я – истец»), «Тюзлюкню кючюне ийнана» («Веря в силу справедливости»), «Кёрге кирген кюнюм» («День, когда вошел в могилу»), «Кюн тууушла» («Солнцепек»), «Эсгере Кязимни, Къайсынны» («Вспоминая Кязима и Кайсына»), «Жулдузлу кечеле» («Звездные ночи»). Отдельную страницу в творчестве О. Уянова составляет детская поэзия (цикл «Ахматчыкъгъа жырчыкъла» – «Песенки для Ахмата»). Книга «Шайтан жел» («Шальной ветер», 1998), адресованная юным читателям, состоит из стихов и сказок («Шайтан жел» – «Шальной ветер», «Жолоучула» – «Путники»). Одна из последних книг О. Уянова – «Жер – алам инжиси» («Земля – жемчужина Вселенной», 2003), в которую вошли избранные произведения поэта, написанные в различных жанрах: стихи, баллады, поэмы, сказка.

В основе лирических произведений поэта – серьезные раздумья о жизни, судьбе, характере, желаниях и побуждениях. Первый сборник «Таулары башлары» («Вершины гор», 1978) предваряется стихотворением «Мен излеген насып» («Счастье, которое я ищу»), в котором автор размышляет о счастье, ассоциирующемся с мирной жизнью на родной земле, неутомимым желанием трудиться («Кёксюл тангла мамырлы ата, / Кюн тийсе, кёзню къамата, / ...Ишлей эсем, мангылайны тер басып, / Олду манга дунияда уллу насып!...» [12, с. 8]. – «Когда голубые рассветы наступают мирно, / Солнце светит, ослепляя глаза, / ... Тружусь я в поте лица, / Это и есть для меня большое счастье!...» (Подстрочный перевод здесь и далее – А.Г. (С).). Саморефлексия способствует «обнажению» внутреннего мира, дает возможность оценить поведенческие паттерны, передать смысл бытия. В интерпретации О. Уянова избранная им жизненная дорога извилистая, что порождает ряд риторических вопросов, в которых отражается многоликость и сложность жизни: «Жангы журтха мурдор таила / Менми къазмадым? / Жаз баиында сабан сюре, / Менми азмадым?... / Исси кюнде гебен къалап / Менми талмадым?... / Шош олтуруп, назму жаза / Азмы терледим? / Ма ол халда жашау жолгъа / Атны жерледим» («Жашау жолгъа») [12, с. 24–25] – «Я ль не закладывал фундамент под новый дом? / Весной, вспахивая землю, я ль силы не терял? / ... В знойный день складывая копну, я ль не уставал?... / Тихо, сочиняя стихи, мало ли потел? ... / В таком состоянии в дорогу жизненную / Коня оседлал» («В дорогу жизненную»).

Поэтический мир О. Уянова своеобразен. Его стихи служат средством самораскрытия, поэт искренне выражает свои чувства (любовь, горесть, радость, разочарование и др.). Сердце лирического героя наполнено трепетной любовью к родине и матери («Сабийликде анамы къойнунда ана жылыуу да, / Ата журтумда кюн жылыуу да тенгдиде, / Мен аланы тенг сеземе...» («Ата журтума») [12, с. 19]. – «В детстве и тепло матери на ее груди, / И солнечное тепло на родине для меня равноценны, / Я их одинаково чувствую...» («Родине»). В творчестве поэта в унисон звучат мотивы грусти и радости. К примеру, в стихотворении «Эки сезим» («Два чувства») лирический герой испытывает два полярных чувства: с одной стороны, он радуется «спокойным рассветам» («къайгъысыз танглагъа»), «за то, что солнце светит ярко» («кюнню жарыкъ тийгенине»), «ребенок заговорил» («сабийни тилленгенине»); с другой – его тревожат драматичные и трагические обстоятельства жизни, которые раскрываются посредством конкретизации природных и бытовых явлений, предметных деталей («терекден сынган бутакъ да» – «и сломавшаяся ветка дерева», «жаууунсуз саргъалгъан къаудан да» – «и пожелтевшие от засухи стебли», «тёшекде ауругъан ана да» – «и прикованная к постели больная мать», «чууакъ кёкню къара булут басханы да» – «и когда ясное небо заволокло черными тучами», «жангы къабыргъа топуракъ кюрегени да» – «и брошенная на свежую могилу земля» [12, с. 8]). Вместе с тем, осознавая закономерности жизни, чередование в ней радости и горя, автор не поддается пессимистическому настроению, напротив, его

одолевают позитивные эмоции («Кёкде жулдузум жарыкъ жанады. / Жарыйды жерде ёр жолум. / Энчи терегим барды – чагъады, / Анданды жарыкъ оюмум» («Жерде туманым чачылыр»)) [13, с. 24] – «В небе ярко сияет моя звезда. / Освещена крутая земная дорога моя. / Есть дерево особое у меня – цветущее. / От того и светла мысль моя» («На земле рассеется туман мой»). Главная задача поэта в понимании О. Уянова – творить добро, служить на благо народа: «Игиликге кьулду ишинг сени, / Тирменинг хар кимге да тарта унну...» (Ёмюрню, кьадаарны, кьышыны, жайны...) [14, с. 51] – «Твоя работа – служить добру, / Мельница твоя для каждого перемалывает муку...» (Век, судьбу, зиму, лето...).

В лирике О. Уянова выражено медитативное начало, строки пронизаны глубокими философскими размышлениями («Кимге айтырма, кимге» – «Кому я сказать могу», «Кьуру кесиме тиргизмейме от» – «Не только для себя разжигаю огонь»). Ключевыми аспектами творчества поэта являются раздумья о жизни, родине, о любви к ней, миропорядке. Основная художественная идея автора связана с исторической судьбой народа. Большая часть стихов посвящена Балкарии, ее непростой судьбе. Например, в стихотворении «Мен кьаллыкьма» («Я останусь») О. Уянов признается: «Да тазады, таза нетим, / Кьор болайым Ата журтума. / Жаралы таиша сен, миллетим, / Сур сууунда келдинг жуууна...» [14, с. 10]. – «Чисты мои помыслы, чисты / Готов пожертвовать жизнью за Отчизну / Народ мой – ты раненый камень, / Закаленный в ледяной воде».

Лирика поэта, посвященная народу, исполнена трагизма, что обусловлено прежде всего тяжелыми испытаниями, выпавшими на его долю, и, в частности, тринадцатилетним изгнанием. В этом аспекте выделяется поэма О. Уянова «Даучума» («Я – истец»), в которой слышится горький упрек поэта за сталинские злодеяния, жертвами которых стали многие репрессированные этносы. Писатель создает символический образ дерева, вырванного с корнями из родной земли злыми ветрами, ассоциирующегося с судьбой балкарского народа: «Терекни, суууруп алып, / Исси кюннге быргъагъанлай, / Жел кьурутсун, кюн кьууурсун / Ден, салдынг бегимни алай.... / Тамырланды жарлы терек, / Чакъгъанды да жарты-кьурту, / Терек кьыйналып орналды, / Жара жаба ол болумда...» [14, с. 108–109]. – («Словно дерево, вырванное / И брошенное под палящее солнце, / Чтобы ветер уничтожил и солнце сожгло, / Ты так повелел .../ Несчастное дерево пустило корни, / Расцвело едва, / Залечивая раны в таком условии»). Душевные раны поэта не залечены временем, и потому его подсознательное стремление постичь истину находит выражение в авторских интенциях: «Мен сорлукьма, сорлукьма, / Мен сурайма, кёп сурайма... / Ёз жеримде сюелсем да, / Кюе тургъан турукълайма» [14, с. 109]. – «Я буду спрашивать, много спрашивать, / Я требую, много требую... / Даже если на родной земле буду стоять, / Я словно обгоревшее полено»). Гневный тон доминирует на протяжении всего повествования. Особенно ярко это выражено в рефренной строфе: «Эндиги заман жапсара: / «Сен жарсыма, сен апчыма...» / Алай мен а, алай мен а, / Мен – даучума, мен – даучума!» [14, с. 107]. – «Время успокаивает, / – Ты не переживай, не теряйся, – / Но я, но я / Я – истец, я – истец».

Поэма «Даучума» («Я – истец») во многом созвучна с другим произведением – «Тюзлюкню кючюне ийнана» («С верой в силу справедливости»), в котором также «субъект лирического высказывания... захвачен определенным переживанием,сама его динамика входит в его кругозор» [15, с. 350]. Если в первой автор констатирует преступное насилие, произвол, совершаемые над народом, то во второй он раскрывает одолевшую его душевную боль: «О, мени жауум да жашасын, / Чарсдан кьарай туугъан элине... / Недиди, недиди жашау багъасы, / Ата журтха кенгден термиле!» [14, с. 104] – «Пусть мой враг живет, / Глядя из мглы на родное село. / В чем жизни цена, / Если вдалеке страдаешь по родине?!». Изображая тяжкий путь народа, поэт активно использует яркие художественные средства (олицетворение, сравнение, метафоры), придающие повествованию экспрессивность: *исси жел* – горячий ветер, *жер* – земля, *жарылгъан ызла* – трещины (земли):

*Исси жел, сабанны саргъалта,
Къум тюзню ушатды кесине.
Жерни да, къургъакълыкъ сарната,
Жарылгъан ызлары бетинде. [14, с. 101]*

(«Тюзлюкню кючюне ийнана»)

Горячий ветер обжигает поле,
Превратив его в пустыню.
И у земли, стонущей от засухи,
Трещины появились на лице.

(«С верой в силу справедливости»)

У каждого балкарского поэта в художественном арсенале в увязке с темой выселения создается свой образ-маркер, характеризующий его творческую индивидуальность. К примеру, *жаралы таш* – раненый камень К. Кулиева, *къаяда гул* – цветок на скале Т. Зумакуловой, *зурнукла, жолла* – журавли, дороги К. Отарова, *къара сабан* – черная пашня М. Ольмезова, *чарс* – марево М. Табаксоева и т.д. Эти образы, наполненные метафорическим смыслом, создают суггестивный эффект в художественном тексте. В поэзии О. Уянова в качестве таковой представлена *туча (булут)*: она как явление неживой природы становится невольным очевидцем трагедии народа в день выселения:

*Жерими ол кюнде сен кёрдюнг,
Сабийи тас болгъан бешикле,
Жауунлу къанатынгы кердинг,
Элекден сюзгенча себелей...
Жиляуунгу жауун сундула... [14, с. 54]*

(«Жилягъан булутум»)

В тот день ты видел, как земля
Уподобилась колыбели, потерявшей дитя.
Ты расправил свое дождливое крыло,
Поливая словно из сита...
Твой плач приняли за дождь...

(«Заплаканная туча моя»)

Облик тучи, как и само время, меняется: его грустный образ с восстановлением исторической справедливости в судьбе балкарцев трансформируется в «теплый дождь»:

*Алай энтта чыгъаса, чыгъа.
Сен жылы жауунлу булутум,
Жерни къандырыргъа ашыгъа –
Азап кюн жилигъан булутум. [14, с. 55]*

Ты снова появляешься, появляешься.
Превратившись в теплый дождь,
Спешишь напоить землю –
Моя туча, оплакивавшая тот тяжелый день.

Персонифицированные природные явления (туча, дождь) воспринимаются как беспокойные образы, адекватно отражающие душевное состояние лирического героя.

О. Уянов соблюдает одно из важнейших свойств лирики – воплощение черт личности поэта в образе лирического героя. Фокус внимания смещается на внутреннее состояние человека, вернувшегося на родину, который все еще не освободился от грустных мыслей, его чувства пронизаны неподдельной горечью. Несмотря на то, что судьба впоследствии оказалась благосклонной к нему, сердце все еще беспокоит, оно тревожно бьется от увиденного в его родном Холаме: (*«юй хунала жерге батылып, / юслерин а габу басып», / «билинмейди орам, арбаз, / эшитилмейди адам ауаз»* [12, с. 28] – «стены дома вдавлены в землю / и мхом покрыты, / не различимы улицы, дворы, / не слышно человеческого голоса»). И вместе с тем для поэта нет ничего дороже земли родной, и эта мысль воплощается в следующих строках:

*Кёз къаматхан алтыннга бермем
Атам сюрген къап-къара жерни,
Ата журтдан кенгде излемем
Кюню жарыкъ, балы кёп жерни.
(«Бир къауумлагъа»)*

Не поменяю на сверкающее (ослепляющее глаз) золото
Землю, которую пахал отец,
Вдали от родины не буду искать
Землю, где много солнца и меда.
(«Некоторым»)

Произведения О. Уянова, посвященные теме депортации, основаны на воспоминаниях, реальных фактах в годы жизни на чужбине, по характеру они автобиографичны. Так, в небольших рассказах (*«Къысыр ийнек»* – *«Яловая корова»*) (в литературном переводе на русский язык *«Деревянные кресты»*) был включен в Антологию балкарской прозы *«Здравствуй, утро»* (2009), *«Ёре нартюх»* – *«Высокая кукуруза»*, *«Багъыр таз»* – *«Медный таз»*), составивших цикл *«Сабий жылларымы унутулмазлыкъ суратлары»* – *«Незабываемые картины моего детства»* [16]), воспроизведены печальные картины тяжелого детства автора в годы выселения. В поэме *«Сууукъ жел»* – *«Холодный ветер»* повествуется о трагической смерти в Средней Азии двадцатидвухлетней тети Саняйт – родной сестры матери. Автобиографические мотивы прослеживаются в стихах-посвящениях (*«Сабийликден эскерме»* (Этезланы Б.) – *«Воспоминание из детства»* (Б. Этезову); *«Жапсарыу сёзле»* (жангыз згечим Мариямгъа) – *«Слова утешения»* (единственной сестре Мариям).

В поэтическом мире О. Уянова особое место отведено любовной лирике, в которой запечатлены душевные страдания героя. Неразделенная любовь – источник драматизма и поэтического вдохновения. Образ женщины-избранницы представлен ключевым в данном контексте. Актуальность женской темы, специфика ее художественного воплощения обусловлены перипетиями судьбы автора и ролью в ней представительницы прекрасной половины человечества. Любовь в понимании поэта – это грустная и одновременно светлая песня-плач, молитва:

*Сен танг жарыгъым, кёк кёгюрчюнюм,
Къызгъанмай къойса къадарым.
Кече къууанчым, сен жарыкъ кюнюм,
Жашаугъа ёхтем къарамым. [14, с. 18].
(«Ашыкъмай келген тилегим»)*

Ты – мой утренний свет, синяя голубка,
Если только судьба проявит ко мне благосклонность.
Ты – радость моя в ночи, светлый мой день,
Гордый, уверенный взгляд на жизнь.
(«Неспешно исполненное желание»)

Лирический герой, находясь в неустанном поиске своей суженой, впадает в меланхолию. Он страдает от безответной любви к женщине, от которой веет холодом, подобно «свету негреющей луны» («жылытмагъан айны жарыгъы»), «холодным сияющим звездам» («жылыу бермей жаннган жулдузла»). Эмоциональное состояние героя, оказавшегося в любовном лабиринте, переменчиво: его одолевают одновременно и обида, и радость, и готовность простить. О противоречивости природы лирического героя, его непоследовательности свидетельствуют строки: «Кечер эдим, отсуз юйюмю жылытсанг, // Туманнга, киришге суйюн къаратсанг» («Болмаса журекни нёгери») [14, с. 25] – «Простил бы, если бы согрела мой дом, / Чтоб мог смотреть с любовью на туман и морось» («Если сердце одиноко»). Впоследствии как одинокий путник, поверженный любовью, он переживает духовный кризис: «Жерде нени да хорладым, / Суймекликге уа – хорлатдым» [14, с. 49] – «На земле я все победил, / Но побежден любовью».

Как свидетельствует литературный опыт, жизнь и творчество О. Уянова неразрывно связаны, что придает его произведениям особую реалистичность и идейно-эстетическое своеобразие, которое достигается благодаря уникальному восприятию мира автором.

Выводы

Из исследования следует, что в поэзии О. Уянова находят зеркальное отражение его личная жизнь, действительность, в которой он переживает душевные драмы, проявляет неординарность своей натуры. Духовные поиски поэта направлены на понимание смысла жизни, сущности явлений, определяющих характер и судьбу лирического героя – во многом близкого самому автору. Сосредоточенность на внутренних мотивациях способствует созданию исповедального образа, пытающегося познать всю сложность и двойственность бытия, формированию своеобразного поэтического мира. В этом плане ключевыми видятся мотивы жизни, борьбы, справедливости, любви, одиночества – именно они наиболее полно раскрывают творческую индивидуальность О. Уянова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атабиева А. Д. «Кавказский тезаурус» или «концептосфера горца» в новеллах С. Бабаева («Книга отца») // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 273–282. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-273-282
2. Атабиева А. Д. Художественное своеобразие творчества М.С. Гулиева (обзорный анализ) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 6. С. 444–453. DOI:10.35330/1991-6639-2025-27-6-444-453
3. Керимова Р. А. Художественное наследие Хажимусы Кулиева // Вестник Кабардино-Балкарского института гуманитарных исследований. 2024. № 2 (61). С. 72–77. DOI: 10.31007/2306-5826-2024-2-61-72-77
4. Керимова Р. А. Диалектика трагического и комического в сборнике рассказов Х. Ж. Аккаева «Красная скала» // Вопросы национальных литератур. 2025. № 3 (19). С. 14–20. DOI: 10.25587/2782-6635-2025-3-14-20
5. Керимова Р. А. Формы комизма в художественной прозе З. Зокаева и М. Аттоева // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 5. С. 316–324. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-5-316-324

6. Сарбашева А. М. Идеино-художественные особенности творчества Зуфара Сарбашева // Вестник КБИГИ. 2025. № 1 (64). С. 67–72. DOI: 10.31007/2306-5826-2025-1-64-67-72
7. Моттаева С. М. Ол излеген насып (Счастье, которое он искал). Предисл. к сб. О. Уянова «Чал жауун» («Седой дождь»). Нальчик: Эльбрус, 1991. С. 5–8.
8. Кажарова И. А. Модусы художественности. Нальчик: ООО «Печатный двор», 2016. 176 с.
9. Сарбашева А. М. Уянов Оюс Хасанович // Биобиблиографический словарь «Писатели Кабардино-Балкарии: XIX – конец 80-х гг. XX в.». Нальчик: Эль-Фа, 2003. С. 367–368.
10. Гогуюева Л. Поэт, наставник, гражданин // Зольские вести. 1998. 26 марта.
11. Сарбашева А. М. Тюзлюкню кючюне ийнана (Веря в силу справедливости) // Минги Тау. 2009. № 6. С. 159–164.
12. Уянов О. Х. Таулань башлары (Вершины гор). Нальчик: Эльбрус, 1978. 68 с.
13. Уянов О. Х. Бызынгы тартыула (Напевы Безенги). Нальчик: Эльбрус, 1985. 78 с.
14. Уянов О. Х. Чал жауун (Седой дождь). Нальчик: Эльбрус, 1991. 120 с.
15. Теория литературы в 2 томах. Том 1. / под редакцией Н. Д. Тмарченко. М.: Академия, 2007. 512 с.
16. Уянов О. Х. Сабий жылларымы унутулмазлык суратлары (хапарла: «Къысыр ийнек», «Багыр таз», «Ёре нартюх») (Незабываемые картины моего детства (рассказы: «Яловая корова», «Медный таз», «Высокая кукуруза» // Шаудан (Родник). 2009. № 9. 4 марта.

REFERENCES

1. Atabiyeva A.D. The "Caucasian thesaurus" or "conceptosphere of mountaineer" in the S. Babaev's short stories ("The father's book"). *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 273–282. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-273-282. (In Russian)
2. Atabiyeva A.D. Atistic originality of M.S. Guliev's work (review analysis). *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 6. Pp. 444–453. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-6-444-453. (In Russian)
3. Kerimova R.A. Artistic heritage of Khazhimusa Kuliev. *Bulletin of the Kabardino-Balkarian Institute for Humanitarian Research*. 2024. No. 2(61). Pp. 72–77. DOI: 10.31007/2306-5826-2024-2-61-72-77. (In Russian)
4. Kerimova R.A. The dialectic of the tragic and the comic in the collection of stories by Hajimurat Akkaev "Red rock". *Issues of National Literature*. 2025. No. 3(19). Pp. 14–20. DOI: 10.25587/2782-6635-2025-3-14-20. (In Russian)
5. Kerimova R.A. Forms of comedy in the works of Z. Zokaev and M. Attoev. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 5. Pp. 316–324. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-5-316-324. (In Russian)
6. Sarbasheva A.M. Ideological and artistic features of the works of Zufar Sarbashev. *Bulletin of the Kabardino-Balkarian Institute for Humanitarian Research*. 2025. No. 1(64). Pp. 67–72. DOI: 10.31007/2306-5826-2025-1-64-67-72. (In Russian)
7. Mottayeva S.M. *Ol izlegen nasyp (Schast'ye, kotoroye on iskal). Predisl. k sb. O. Uyanova «Chal zhauun» («Sedoy dozhd'»)* [The happiness he was seeking. Preface to O. Uyanov's collection "Gray Rain"]. Nalchik: El'brus, 1991. Pp. 5–8. (In Balkar)
8. Kazharova I.A. *Modusy khudozhestvennosti* [Modes of artistry]. Nalchik: Pechatnyy dvor, 2016. 176 p. (In Russian)
9. Sarbasheva A.M. Uyanov Oyus Khasanovich. *Biobibliograficheskiy slovar "Pisateli Kabardino-Balkarii: XIX – konec 80-x gg. XX v."*. Nalchik: El-Fa, 2003. Pp. 367–368. (In Russian)
10. Goguyeva L. *Poet, nastavnik, grazhdanin* [Poet, mentor, citizen]. *Zol'skiye vesti*. 1998. March 26. (In Russian)

11. Sarbasheva A.M. *Tyuzlyuknyu kyuchyune iynana (Verya v silu spravedlivosti)* [Believing in the Power of Justice]. *Mingi Tau*. 2009. No. 6. Pp. 159–164. (In Balkar)
12. Uyanov O. Kh. *Taulany bašlary (Veršiny gor)* [Mountain tops]. Nalchik: Elbrus, 1978. 68 p. (In Balkar)
13. Uyanov O.Kh. *Byzyngy tartyula (Napevy Bezengi)* [Chants of Bezengi]. Nalchik: Elbrus, 1985. 78 p. (In Balkar)
14. Uyanov O.Kh. *Chal zhauun (Sedoy dozhd')* [Gray rain]. Nalchik: Elbrus, 1991. 120 p. (In Balkar)
15. *Teoriya literatury v 2 tomakh. Tom 1.* / pod redaktsiyey N.D. Tamarchenko. [Literary theory in 2 volumes. Vol. 1. / edited by N.D. Tamarchenko] Moscow: Akademiya, 2007. 512 p. (In Russian)
16. Uyanov O.Kh. *Sabiy zhyllarymy unutulmazlyk suratlary (khaparla: “Kysyr iynek”, “Bagyr taz”, “Yore nartyukh”)* [Unforgettable pictures of my childhood (stories: “The Barren Cow”, “The Copper Basin”, “Tall Corn”)]. *Shaudan*. 2009. No. 9. March 4. (In Balkar)

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторе

Гузиева (Сарбашева) Алена Мустафаевна, д-р филол. наук, зав. сектором карачаево-балкарской литературы, Институт гуманитарных исследований – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Пушкина, 18;

alenasarb@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7457-9823>, SPIN-код: 5693-2683

Information about the author

Alena M. Guzieva (Sarbasheva), Doctor of Philological Sciences, Head of the Karachay-Balkar Literature Sector, Institute of Humanitarian Researches – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

18, Pushkin street, Nalchik, 360000, Russia;

alenasarb@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7457-9823>, SPIN-code: 5693-2683

К 50-летию директора Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра Российской академии наук Андрея Леонидовича Ронжина



Наука не знает границ, но у нее есть свои центры притяжения. Один из них по праву находится в Санкт-Петербурге – в стенах Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра Российской академии наук (СПб ФИЦ РАН), который под руководством Андрея Леонидовича Ронжина стал флагманом междисциплинарных исследований и разработок, в том числе в области информатики, искусственного интеллекта и робототехники. Юбилей Андрея Леонидовича – прекрасный повод подвести итоги и взглянуть на путь, пройденный выдающимся ученым.

Андрей Леонидович Ронжин родился в 1976 году. Его путь в науку начался с получения образования в Санкт-Петербургском государственном университете аэрокосмического приборостроения, который он окончил в 1999 году. В 2010 году стал доктором технических наук, в 2013-м – профессором, а в 2016-м – профессором РАН. Это звание он получил, находясь на посту заместителя директора по научной работе в Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН), а с 2018 года он возглавил СПИИРАН, преобразованный в 2020 году в СПб ФИЦ РАН. Его лидерские качества и глубочайшие компетенции позволили ему успешно провести институт через сложный этап реорганизации, объединив несколько ведущих академических организаций Северо-Запада в мощный научно-исследовательский центр.

Область научных интересов Андрея Леонидовича обширна и крайне актуальна для современного мира. Он является признанным специалистом в области человеко-машинного взаимодействия, искусственного интеллекта и робототехники. Под его руководством были разработаны не только теоретические основы, но и конкретные прикладные решения, нашедшие применение в самых разных сферах. Андрей Леонидович удостоен премии Правительства Российской Федерации 2022 года в области науки и техники, премии Правительства Санкт-Петербурга имени А. С. Попова за выдающиеся научные результаты в области науки и техники в 2017 году, премии Правительства Санкт-Петербурга в области научно-педагогической деятельности за 2016 г., награжден медалью «За вклад в реализацию государственной политики в области научно-технологического развития» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Сегодня СПб ФИЦ РАН – это не только информационные технологии. Под руководством Андрея Леонидовича центр активно занимается проблемами цифровизации сельского хозяйства, экологической безопасности и продовольственного обеспечения. Он координирует множество международных проектов, является организатором и сопредседателем престижных конференций, таких как Interactive Collaborative Robotics (ICR), Международная конференция по цифровизации сельского хозяйства и органическому производству (ADOP), является главным редактором журнала «Информатика и автоматизация» и входит в редколлегии других ведущих научных журналов.

Плодотворность его деятельности подтверждает и обширный список публикаций: более 400 работ, включая монографии, учебные пособия, статьи в журналах, индексируемых в международных базах данных и «Белом списке», а также патенты и свидетельства на программы для ЭВМ. Все это свидетельствует о том, что Андрей Леонидович Ронжин – не только талантливый администратор, но и ученый с мировым именем, чьи работы востребованы и признаны на международном уровне.

Под научным руководством Андрея Леонидовича на базе лаборатории автономных робототехнических систем СПб ФИЦ РАН создана научно-педагогическая школа Санкт-Петербурга «Технологии искусственного интеллекта в робототехнике».

Юбилей – это время гордиться достигнутым. Коллективу СПб ФИЦ РАН и лично Андрею Леонидовичу есть чем гордиться, а впереди – новые горизонты и масштабные задачи, которые этот выдающийся ученый и руководитель будет решать, по-прежнему оставаясь на переднем крае российской науки.

Уважаемый Андрей Леонидович, коллектив Кабардино-Балкарского научного центра РАН от всей души поздравляет Вас с юбилеем! Желаем крепкого здоровья, благополучия и дальнейших творческих 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. Агрономия, лесное и водное хозяйство; 4.2. Зоотехния и ветеринария; 5.2. Экономика; 5.4. Социология; 5.5. Политические науки; 5.6. Исторические науки; 5.9. Филология.

Журнал предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов. Периодичность – шесть выпусков в год. Журнал публикует статьи на русском и английском языках объемом не менее 8 и не более 20 страниц макетного формата (не менее 18 000 символов). Работы, превышающие объем, принимаются к публикации по специальному решению главного редактора журнала.

Журнал «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. Агрономия, лесное и водное хозяйство:

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки),

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки);

группа специальностей 5.2. Экономика:

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике (экономические науки),

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки),

5.2.6. Менеджмент (экономические науки).

2. К публикации в журнале «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» принимаются статьи, содержащие новые результаты. Статьи должны быть посвящены актуальным проблемам науки, содержать четкую постановку цели и задач исследования, строгую научную аргументацию, обобщения и выводы, представляющие интерес своей новизной, научной и практической значимостью. Журнал также публикует специальные выпуски, посвященные конференциям разного уровня по тематике журнала, обзорные

статьи. Не допускается направление в редакцию статей, уже опубликованных или посланных на публикацию в другие журналы. Результаты иных авторов, использованные в статье, следует должным образом отразить в ссылках. Представляя статью в журнал, авторы обязаны выполнять все требования по оформлению.

3. Направляя статью в журнал, каждый из авторов подтверждает, что она соответствует наивысшим стандартам публикационной этики для авторов и соавторов, разработанным COPE (Committee on Publication Ethics), см. <http://publicationethics.org/about>. Всем статьям, опубликованным в журнале, присваиваются идентификаторы цифрового объекта (DOI) для лучшего поиска и идентификации. Поступающие в редакцию статьи проходят проверку на плагиат через систему *Антиплагиат* (<https://www.antiplagiat.ru>), для принятия они должны иметь не менее 75 % уникальности текста.

4. Принятые к публикации в журнале «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» статьи проходят двойное слепое рецензирование, редакционную подготовку, после чего макет направляется на корректуру. Окончательный вариант предоставляется автору на вычитку. Срок предоставления статьи на вычитку автору – 3 рабочих дня.

5. Полнотекстовые версии статей, публикуемых в журнале, размещаются в Интернете в свободном доступе на официальном сайте журнала <https://www.kbncran.ru/izvestiya-hm/>, 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?jrmid=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 A4 с полями: верхнее и нижнее – 2,0 см; левое – 2,5 см; правое – 2 см, шрифтом Times New Roman, размер 14, полуторный интервал;

- таблицы, алгоритмы, рисунки, схемы и т.п. должны быть редактируемые и выполнены в формате A4 книжной ориентации;

- формулы должны быть набраны в программе MathType, нумеровать следует те формулы, на которые есть ссылки в тексте статьи.

11. Решение о публикации или отклонении авторских материалов принимается редколлегией в соответствии с правилами рецензирования статей. Для экспертной оценки статей привлекаются ведущие специалисты по основным научным направлениям (рубрикам) выпуска журнала.

12. Редакция не вступает в дискуссию с авторами отклоненных материалов.

13. В каждом выпуске публикуется, как правило, не более одной статьи одного и того же автора. Решение о публикации более одного материала принимается редакционной коллегией и главным редактором журнала.

14. Статьи, оформленные без соблюдения указанных правил, не рассматриваются.

15. Авторы могут использовать искусственный интеллект (ИИ) при написании текстов, однако при этом они должны указать, если такие технологии применялись, и в какой степени. ИИ может помочь авторам в анализе и визуализации данных, что может повысить качество представленных результатов. Перед направлением статьи в редакцию журнала авторы обязаны проверить материал на корректность и достоверность. Если инструменты ИИ были использованы для сбора данных, анализа или написания текста, это должно быть указано в разделе статьи «Материалы и методы». В случае не указания автором использования ИИ и его обнаружения в ходе работы со статьей в редакции журнала статья отклоняется.

FORMATTING RULES FOR ARTICLES TO BE SUBMITTED BY AUTHORS TO THE JOURNAL "NEWS OF THE KABARDINO-BALKARIAN SCIENTIFIC CENTER OF RAS"

1. The journal "News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS" publishes original scientific, review, analytical articles by domestic and foreign authors, reviews of books and articles, personalities in the following groups of specialties:

1.1. Mathematics and Mechanics; 1.2. Computer Science and Informatics; 1.3. Physical Sciences; 1.6. Earth and Environmental Sciences; 2.3. Information Technologies and Telecommunications; 4.1. Agronomy, Forestry and Water Management; 4.2. Zootechnics and Veterinary Medicine; 5.2. Economics; 5.4. Sociology; 5.5. Political Sciences; 5.6. Historical Sciences; 5.9. Philology.

The journal is intended for researchers, teachers, postgraduate students, undergraduates, students. Frequency – six issues per year. The journal publishes articles in Russian and English with a volume of no less than 8 and no more than 20 pages of the layout format (at least 18 000 characters). Papers exceeding that volume may be accepted for publication by special decision of the Editor-in-chief of the journal.

The journal "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 № 4 2026

Сквозной номер выпуска – 132

Журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук»

Зав. редакционно-издательским отделом КБНЦ РАН – *А. М. Бейтуганова*

Компьютерная верстка – *А. И. Токова*

Техническое редактирование – *А. И. Токова*

Корректор – *Л. Б. Канукоева*

Перевод – *М. А. Дышекова*



Подписано в печать 20.08.2026 г. Дата выхода в свет: 31.08.2026 г.

Формат бумаги 60x84 1/8. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 22,78

Цена свободная

Регистрационный номер СМИ Эл № ФС 77-90616 от 29.12.2025 выдан 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