



БелГУ
Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет

ISSN 2712-7443 (online)

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

REGIONAL GEOSYSTEMS

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2026. Том 50, №1



РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

2026. Том 50, № 1

До 2020 г. журнал издавался под названием «Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки».

Основан в 1995 г.

Журнал включен в Перечень ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук (25.00.00 – науки о Земле). Журнал зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».

Издатель: НИУ «БелГУ».

Адрес издателя: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Главный редактор

Лисецкий Ф.Н., доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Ведущий редактор

Голеусов П.В., доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Ответственный секретарь

Зеленская Е.Я., кандидат географических наук, инженер Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Редактор англоязычных текстов

Данилова Е.С., кандидат филологических наук, доцент, доцент кафедры английской филологии и межкультурной коммуникации (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Члены редколлегии:

Витченко А.Н., доктор географических наук, профессор Белорусского государственного университета (Минск, Республика Беларусь)

Геннадиев А.Н., доктор географических наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Тишков А.А., чл.-корр. РАН, доктор географических наук, профессор Института географии РАН (Москва, Россия)

Ермолаев О.П., доктор географических наук, профессор Казанского федерального университета (Казань, Россия)
(по согласованию)

Куролан С.А., доктор географических наук, профессор Воронежского государственного университета (Воронеж, Россия)

Луто Э.Р., доктор, профессор Университета Миссури (Колумбия, США)

Недялков М.И., чл.-корр. Академии Наук Молдовы, доктор географических наук, профессор Института экологии и географии Академии Наук Молдовы (Кишинев, Республика Молдова)

Хаустов В.В., доктор геолого-минералогических наук, профессор Юго-Западного государственного университета (Курск, Россия)

Хуббарт Дж. А., доктор, профессор Университета Западной Вирджинии (Моргантаун, США)

Чантурия Е.Л., доктор технических наук, профессор НИТУ «МИСиС» (Москва, Россия)

Чендев Ю.Г., доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

ISSN 2712-7443 (online)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС 77-77841 от 31.01.2020. Выходит 4 раза в год. Дата выхода 30.03.2026.

СОДЕРЖАНИЕ

Структура и функционирование региональных геосистем

- 5 **Москвина Н.Н., Идрисов И.Р., Маршинин А.В., Сиренко П.А., Храпаль М.М.**
Особенности ландшафтной структуры карбонового полигона «Кучак»
- 18 **Полетаев А.О.**
Особенности климатического отклика сосны крымской и сосны обыкновенной в предгорной лесостепи Крыма
- 33 **Мартинес В.Д.С.**
Динамика парниковых газов и индикаторов цикла азота на плантациях масличной пальмы в долине реки Симитарра
- 47 **Тюменцева Е.М., Труханов А.Э.**
Климатический фактор в динамике экзогенных процессов Юго-Западного Прибайкалья
- 62 **Виняев Д.А., Маскайкин В.Н.**
Пространственные закономерности размещения родников на территории Республики Мордовия
- 71 **Филатов А.Н., Тихий В.И.**
Проблемы и перспективы внедрения раздельного накопления отходов в Российской Федерации
- 83 **Дроздова Е.А., Юдина Ю.В., Титов Б.О., Коськова Н.А.**
Пространственно-временной анализ трансформации агроландшафтов и структуры землепользования сельских территорий Белгородской области

Методология исследования геосистем

- 95 **Нассер С., Савин И.Ю.**
Возможности использования NDVI по данным Landsat 8 OLI для прогнозирования урожайности цитрусовых культур в Сирии
- 105 **Ракова О.В., Крупнова Т.Г., Стручкова Г.П., Кочегоров В.М., Выходцева Е.А., Капитонова Т.А., Тихонова С.А.**
Изучение взаимосвязи между концентрациями приземного озона и оксидов азота в воздухе города Челябинска
- 118 **Коробов В.Б., Котова Е.И., Овсепян А.Э.**
Региональные особенности природной среды и их учёт при оценке химического загрязнения Арктики
- 131 **Чендев Ю.Г., Пустовая И.А., Трегуб Т.Ф.**
Использование почв, погребенных под выбросами из нор животных, для палеопочвенных и палеоэкологических реконструкций

Социально-экономические компоненты геосистем

- 149 **Шерин Е.А.**
Анализ факторов, влияющих на показатель внешней торговли Сибири со странами мира
- 159 **Кузьмин В.О., Москаленко О.П.**
Региональная геоэкологическая оценка территории Брянской области для развития лечебно-оздоровительного туризма
- 172 **Григорьев В.А.**
Карта населения Российской Федерации по данным переписи 2021 г.
- 184 **Изотов Д.Д., Манаков А.Г.**
Картографирование динамики этнического пространства Сербии с 1991 по 2022 гг.
- 196 **Гасанов И.Г.**
Региональные внутренние различия растениеводства в Нахчыванском экономическом районе Республики Азербайджан
- 207 **Дунец А.Н., Акимов О.С., Пашков С.В.**
Повышение рекреационных возможностей комплекса «Большая Белокуриха» на основе типологии пространственных сценариев развития туризма

REGIONAL GEOSYSTEMS

2026. Volume 50, No. 1

Until 2020, the journal was published with the name "Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences".

Founded in 1995

The journal is included into the List of Higher Attestation Commission of peer-reviewed scientific publications where the main scientific results of dissertations for obtaining scientific degrees of a Candidate and Doctor of Science should be published (25.00.00 – Earth Sciences). The journal is included into Russian Science Citation Index (PIHL).

Founder: Federal state autonomous educational institution of higher education "Belgorod State National Research University".

Publisher: Belgorod State National Research University "BelSU".

Address of publisher: 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia.

EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL

Editor-in-Chief

Fedor N. Lisetskii, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

Commissioning Editor

Pavel V. Goleusov, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

Executive Secretary

Evgeniya Ya. Zelenskaya, Candidate of Geographical Sciences (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

English text editor

Elena S. Danilova, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

Members of the Editorial Board:

Aleksandr N. Vitchshenko, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus)

Aleksandr N. Gennadiyev, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia)

Arkadiy A. Tishkov, Member corr. RAS, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Institute of Geography RAS, Moscow, Russia)

Oleg P. Ermolaev, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Kazan Federal University, Kazan, Russia)

Semyon A. Kurolap, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Voronezh State University, Voronezh, Russia)

Anthony R. Lupo, Doctor, Professor (University of Missouri-Columbia, Columbia, USA)

Maria I. Nedealcov, Member corr. Academy of Sciences of Moldova, Doctor, professor, (Institute of Ecology and Geography ASM, Chişinău Municipality, Republica of Moldova)

Vladimir V. Khaustov, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor (Southwestern State University, Kursk, Russia)

Jason A. Hubbart, Doctor (Ph. D), Professor (West Virginia University, Morgantown, USA)

Elena L. Chanturia, Doctor of Technical Sciences, Professor (NUST "MISiS", Moscow, Russia)

Yuriy G. Chendev, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

ISSN 2712-7443 (online)

The journal has been registered at the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor). Mass media registration certificate ЭЛ № ФС 77-77841 dd 31.01.2020. Publication frequency: 4 times per year. Date of publishing 30.03.2026.



CONTENTS

Structure and Functioning of Regional Geosystems

- 5 **Moskvina N.N., Idrisov I.R., Marshinin A.V., Sirenko P.A., Khrapal M.M.**
Features of the Kuchak Carbon Landfill Landscape Structure
- 18 **Poletaev A.O.**
Features of the Climate Response of *Pinus Nigra* subsp. *Pallasiana* and *Pinus Sylvestris* L. in the Foothill Forest-Steppe of the Crimea
- 33 **Martínez W.D.S.**
Dynamics of Greenhouse Gases and Nitrogen Cycle Indicators in Oil Palm Plantations in the Cimitarra River Valley
- 47 **Tyumentseva E.M., Trukhanov A.E.**
The Climate Factor in the Dynamics of Exogenous Processes in the Southwestern Baikal Region
- 62 **Vinyaev D.A., Maskaikin V.N.**
Spatial Patterns of the Location of Springs in the Republic of Mordovia
- 71 **Filatov A.N., Tikhii V.I.**
Problems and Prospects of Introducing Separate Waste Collection in the Russian Federation
- 83 **Drozdova E.A., Yudina Yu.V., Titov B.O., Koskova N.A.**
Spatio-Temporal Analysis of Agricultural Landscape Transformation and Land Use Patterns in the Rural Areas of the Belgorod Region

Methodology of Geosystems Research

- 95 **Nasser S., Savin I.Yu.**
Possibilities of Using Landsat 8 OLI-Based NDVI for Assessing Citrus Crop Yield in Syria
- 105 **Rakova O.V., Krupnova T.G., Struchkova G.P., Kochegorov V.M., Vykhodtseva E.A., Kapitonova T.A., Tikhonova S.A.**
Study of the Relationship between Surface Ozone and Nitrogen Oxides Concentrations in the Air of Chelyabinsk
- 118 **Korobov V.B., Kotova E.I., Ovsepyan A.E.**
Regional Environmental Features and Their Consideration in Assessing Chemical Pollution in the Arctic
- 131 **Chendev Yu.G., Pustovaya I.A., Tregub T.F.**
The Use of Soils Buried Under Embankments from Animal Burrows for Paleosoil and Paleoecological Reconstructions

Socio-Economic Components of Geosystems

- 149 **Sherin E.A.**
Analysis of Factors Influencing the Indicator of Siberia's Trade with Foreign Countries
- 159 **Kuzmin V.O., Moskalenko O.P.**
Regional Geoecological Assessment of the Bryansk Region for the Development of Health and Wellness Tourism
- 172 **Grigoriev V.A.**
Population Map of the Russian Federation According to the 2021 Census
- 184 **Izotov D.D., Manakov A.G.**
Mapping the Dynamics of Ethnic Space in Serbia from 1991 to 2022
- 196 **Hasanov I.G.**
Regional Internal Differences in Crop Production in the Nakhchivan Economic Region of the Republic of Azerbaijan
- 207 **Dunets A.N., Akimov O.S., Pashkov S.V.**
Improving the Recreational Opportunities of the Bolshaya Belokurikha Complex Based on the Typology of Spatial Scenarios for Tourism Development



Структура и функционирование региональных геосистем Structure and Functioning of Regional Geosystems

УДК 911.52
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-1
EDN ADZOAC

Особенности ландшафтной структуры карбонового полигона «Кучак»

Москвина Н.Н., Идрисов И.Р., Маршинин А.В., Сиренко П.А., Храпаль М.М.

Тюменский государственный университет
Россия, 625003, г. Тюмень, ул. Володарского, 6
n.n.moskvina@utmn.ru, i.r.idrisov@utmn.ru, a.v.marshinin@utmn.ru,
stud0000276178@study.utmn.ru, stud0000275461@study.utmn.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования ландшафтной структуры территории карбонового полигона «Кучак» (Тюменская область). Район исследований расположен в подтайге в южной части Нижнетавдинского района на площади 106,7 км². Используемая методика ландшафтного картографирования включает тематическое дешифрирование данных дистанционного зондирования Земли и полевые исследования. В качестве основных использованы типологические единицы классификации – типы местности и виды урочищ. В результате проведенных исследований идентифицировано восемь типов местности (включая 135 видов урочищ): террасовый (85), минерально-островной (1), приозерно-террасовый (23), верховых болот (1), мезотрофных болот (5), низинных болот (9), пойменный (1) и антропогенные ландшафты (10). Полученные данные ландшафтной инвентаризации составляют основу для пространственного моделирования экологических процессов на карбоновом полигоне. Перспективным направлением дальнейших исследований является интеграция ландшафтного подхода с анализом специализированных параметров, включая измерения объемной активности радона в почвах, потоков парниковых газов и других биофизических показателей. Проведенное исследование демонстрирует эффективность применения ГИС-технологий для изучения пространственной организации природных комплексов в контексте мониторинга углеродного баланса.

Ключевые слова: картографирование ландшафтов, морфологическая структура ландшафтов, подтаежная подзона, карбоновый полигон, озеро Кучаково, Тюменская область

Благодарности: Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Тюменский карбоновый полигон» (FEWZ-2024-0016).

Для цитирования: Москвина Н.Н., Идрисов И.Р., Маршинин А.В., Сиренко П.А., Храпаль М.М. 2026. Особенности ландшафтной структуры карбонового полигона «Кучак». Региональные геосистемы, 50(1): 5–17. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-1 EDN: ADZOAC

Features of the Kuchak Carbon Landfill Landscape Structure

Natalya N. Moskvina, Ildar R. Idrisov, Aleksandr V. Marshinin,

Polina A. Sirenko, Maksim M. Khrapal

Tyumen State University

6 Volodarsky St., Tyumen, 625003, Russia

n.n.moskvina@utmn.ru, i.r.idrisov@utmn.ru, a.v.marshinin@utmn.ru,
stud0000276178@study.utmn.ru, stud0000275461@study.utmn.ru



Abstract. The article is focused on some features of the landscape structure of the Kuchak Carbon landfill in the Tyumen region. The research area is located 35 km northeast of Tyumen City in the subtaiga subzone and covers the area of 106.7 km². As part of the research, the authors have compiled a landscape map using the QGIS freely distributed geographic information system (version 3.32). Eight types of terrain have been identified within the research area: terraces (85 landscape units), mineral islands (one landscape unit), lake terraces (23 landscape units), raised bogs (one landscape unit), mesotrophic bogs (five landscape units), lowland eutrophic swamps (nine landscape units), and floodplains (one landscape unit). The study also revealed anthropogenic landscapes (ten units). The information obtained as a result of inventory and subsequent mapping of landscapes on the morphological structure of natural complexes may serve as the basis for further spatial modeling of ecological processes at the Carbon polygon. A promising line of further research is the integration of the landscape approach and the analysis of special parameters, including measurements of radon volumetric activity in soil, greenhouse gas fluxes, and other biophysical indicators. The findings testify to the efficiency of GIS technologies in studying the spatial organization of landscape complexes in terms of the carbon balance monitoring.

Keywords: landscape mapping, morphological structure of landscapes, subtaiga subzone, Carbon landfill, Lake Kuchak, Tyumen region

Acknowledgements: The research was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the Tyumen Carbon Landfill project (FEWZ-2024-0016).

For citation: Moskvina N.N., Idrisov I.R., Marshinin A.V., Sirenko P.A., Khrapal M.M. 2026. Features of the Kuchak Carbon Landfill Landscape Structure. *Regional Geosystems*, 50(1): 5–17 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-1 EDN: ADZOAC

Введение

В соответствии с программой создания и развития карбоновых полигонов в Российской Федерации, мониторинг баланса климатически активных газов (КАЗ) связан с оценкой пространственной и временной изменчивости их эмиссии и поглощения [Недбаев и др., 2025]. Определение интегральных значений потоков выполняется для различных природных и хозяйственно-измененных территорий за определенные интервалы времени [Kulik, Zarov, 2023; Дюкарев и др., 2024; Golovatskaya et al., 2024].

Целью создания Тюменского карбонового полигона в границах государственного природного заказника регионального значения «Гузенево» в Нижнетавдинском и Тюменском районах Тюменской области является оценка баланса парниковых газов в хвойно-мелколиственных лесах со средней степенью антропогенной нарушенности подтаежной подзоны юга Западной Сибири.

Ландшафт, сформировавшийся в ходе природных процессов в четвертичном периоде, в настоящее время продолжает развиваться под влиянием современных микроклиматических условий [Tsyganov et al., 2021]. Эти условия трансформируются через особенности мезо- и микрорельефа, что определяет пространственную дифференциацию ландшафтных компонентов. Современный ландшафт выступает информационным индикатором как прошлых, так и текущих состояний природной среды, включая факторы, регулирующие эмиссию и поглощение парниковых газов. Границы ландшафтных комплексов, отражающие различия в составе и свойствах компонентов ландшафтной среды, с высокой вероятностью соответствуют зонам с различными режимами газообмена, обуславливающими поглощающую и транспирационную способности почв и растительности.

Соответственно ландшафтная карта является естественной основой как для оптимизации наблюдательной сети за парниковыми газами, так и для дальнейшей интерполяции значений потоков КАЗ на всю территорию подтаежной подзоны юга Западной Сибири.

В настоящее время на Тюменском карбоновом полигоне «Кучак» в рамках работ для оценки баланса климатически активных газов и оценки запасов углерода в исследуемых экосистемах Западно-Сибирского мегатрансекта перед группой ландшафтного картографирования поставлены следующие задачи:

- исследование ландшафтов и ландшафтообразующих факторов в границах заказника регионального значения «Гузенево» (границах Тюменского карбонового полигона «Кучак»);
- выявление типичных ландшафтных комплексов, расположенных в границах карбонового полигона, еще не охваченных полевыми наблюдениями измерений значений потоков парниковых газов;
- оценка репрезентативности ландшафтных комплексов заказника для подтаежной подзоны юга Тюменской области;
- моделирование морфологической структуры ландшафтов заказника и подтаежной подзоны Тюменской области для выделения территорий-аналогов;
- интерполяция данных замеров баланса климатически активных газов (выполняется другой исследовательской группой) на ландшафтную структуру карбонового полигона и подтаежной подзоны юга Тюменской области по территориям-аналогам;
- разработка базы данных и структуры геопортала Тюменского карбонового полигона «Кучак».

Объекты и методы исследования

Территория Тюменского карбонового полигона «Кучак» расположена в 35 км к северо-востоку от г. Тюмень в южной части Нижнетавдинского района Тюменской области, занимает площадь 106,7 км². Ландшафты территории относятся к подзоне подтайги [Физико-географическое..., 1973]. Абсолютные высоты составляют 57–60 м. Преобладает плоский и плосковолнистый рельеф, осложненный многочисленными озерными котловинами, крупнейшими из которых являются Кучак и Тангачи. Поверхность сложена преимущественно болотными отложениями, фрагментами распространены лагунно-аллювиальные отложения второй, третьей и четвертой надпойменных террас. Территория исследования расположена в континентальной западносибирской центральной области умеренного климата; среднегодовое количество осадков по данным метеостанции Тюмень составляет 470 мм/год, среднегодовая температура +2,2 °С. Территория входит в Ишимо-Иртышский округ торфяных болотных верховых, переходных и низинных почв и их грядово-мочажинных и грядово-озерковых комплексов с участием дерново-подзолисто-глеявых почв со вторым гумусовым горизонтом Западно-Сибирской южнотаежной почвенной провинции [Константинов и др., 2024].

В соответствии со схемой физико-географического районирования Тюменской области [Физико-географическое..., 1973] территория карбонового полигона расположена в лесной зональной области Ашлыкской провинции. Провинция представляет собой слабо волнистую озерно-аллювиальную равнину с большим количеством высыхающих озер и приуроченных к ним мохово-травяных и мохово-кустарничковых болот. Зональные типы лесообразующих пород – предлесостепные сосновые и березовые сообщества, леса часто разрежены. Зональные типы почв, согласно Национальному атласу почв Российской Федерации [Национальный атлас..., 2011], дерново-подзолы на рыхлых песчаных и супесчаных породах преимущественно под сосновыми лесами и серые лесные, формирующиеся под травянистыми мелколиственными лесами на глинистых и суглинистых отложениях различного генезиса. Отдельные авторы [Ларин, Гусельников, 2013] относят территорию к зоне развития реликтового криогенного рельефа, с

проявлениями линейной эрозии, закладывающейся по трещинам полигональной решетки, с реликтовыми грунтовыми жилами и аласами [Ларин, 2023]. Рассматриваемая территория в 1950–90-х годах местами была вовлечена в хозяйственный оборот (сенокосение, выпас скота, распашка в индивидуальных хозяйствах, частичная вырубка леса, индивидуальная застройка), часть болотных ландшафтов была мелиорирована с использованием дренажной системы.

Ландшафтная карта рассматривается в ходе исследований на карбоновом полигоне как основная единица пространственно-картографического анализа и интеграции исследований.

Подобный подход обладает следующими преимуществами:

- ландшафтная карта является интегральным звеном фокуса географической информации в единой системе картографических единиц;
- единая картографическая основа позволяет проводить совместный анализ различных типов данных с применением традиционных (сравнительный анализ, метод аналогий и т.д.) и современных методов моделирования;
- ландшафтный подход позволяет интерполировать полученные результаты для подзоны подтайги.

Ландшафтная карта создана с применением свободно распространяемой геоинформационной системы *QGIS* (версия 3.32). Для оптимизации доступа различных групп исследователей слои карты (включая растровые данные) размещены в базе данных *postgreSQL*. Картографическая основа (гидрография, антропогенные объекты и т.д.) также включена в состав базы данных и скорректирована в геометрической части с применением данных ДЗ высокого разрешения и собственной съемки территории карбонового полигона [Semenova, Lapshina, 2001; Terentieva et al., 2016; Lapshina, Zarov, 2023]. В качестве основы использованы также данные лазерного сканирования территории ключевого участка (БПЛА Геоскан 401, сканер АГМ-МС3). Подобный подход позволяет в будущем реализовать современные математико-картографические методы моделирования [Yang et al., 2023], в том числе и экспериментальные методы трехмерного картографирования ландшафтов [Колбовский и др., 2022].

Создание крупномасштабной ландшафтной карты проведено по традиционной схеме, включающей следующие этапы:

1. Сбор исходных данных (фондовые материалы, среднемасштабные и обзорные тематические карты территории, лесоустройство и т.д.), предварительное дешифрирование и создание контурной основы.

2. Проведение полевых работ, включающее описание ландшафтов на ключевых участках по основным компонентам и особенностям ландшафтной структуры [Жучкова, Раковская, 2004], маршрутные исследования с фиксированием границ урочищ и описанием на вспомогательных (картировочных) точках по сокращенной схеме. Работы сопровождались формированием базы данных полевых описаний и архива фотодокументов, включающие более трех тысяч фотографий.

3. Камеральная обработка результатов, корректировка контурной основы и итоговое картосоставление.

В качестве основных единиц картографирования использованы типы местности и виды урочищ. Тип местности представляет собой сочетание характерных урочищ в пределах одного типа местоположений (дренированных плакоров, низинных болот, склонов водораздельных равнин и др.) [Мильков, 1966; Козин, 1984]. Урочища понимаются как сопряженные системы генетически, динамически и территориально связанных фаций или их групп – подурочищ. Урочища дифференцированы на типы (по формам микрорельефа и степени увлажнения), роды (по механическому составу грунтов) и виды (по растительным сообществам и почвам), картографической регистрации подлежали ландшафтные комплексы в ранге видов урочищ.

Полевые работы по заверке контурного дешифрирования выполнены на территории, определенной под ключевые исследования в границах карбонового полигона (рис. 1).

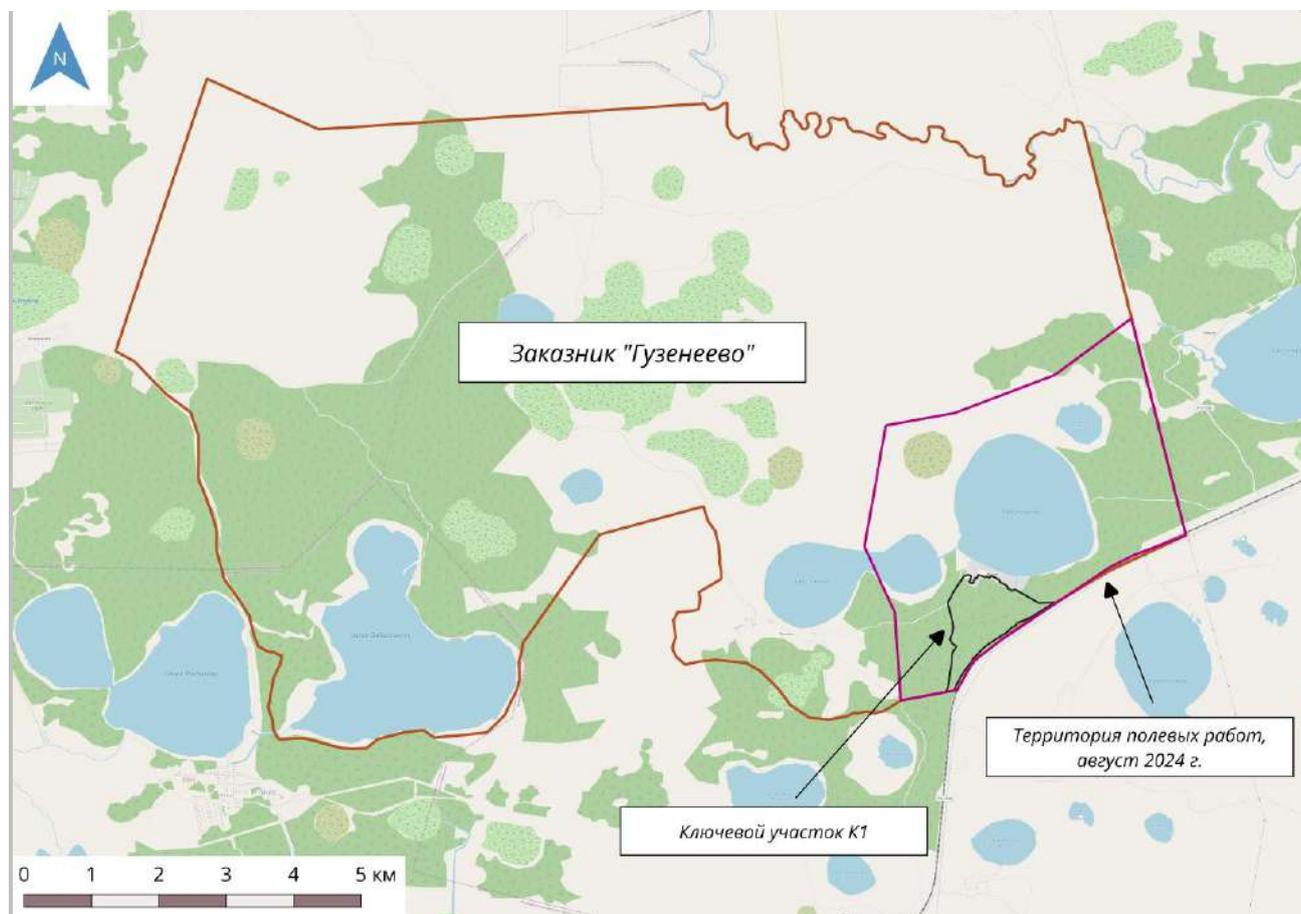


Рис. 1. Территория исследования ландшафтов
Fig. 1. The area under study

Опорные площадки полевого комплексного описания ландшафта (ПКОЛ) были заложены по принципу репрезентативности – в наиболее характерных точках. Дополнительные описания (картировочные точки) использовались для уточнения границ ландшафтов. Границы урочищ или фаций фиксировались по ведущему фактору (смена доминантных видов в напочвенном покрове).

В бланке ПКОЛ фиксировались сведения о дате и времени описания, географических координатах и адресной привязке, общем характере и форме рельефа, микрорельефе, положении ПКОЛ в рельефе, проявлениях опасных экзогенных процессов и геологических явлениях, структуре древостоя (породный состав, высота и диаметр деревьев, характеристика подроста и подлеска, формула древостоя, сомкнутость крон), структуре травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, общем проективном покрытии (%). Также в бланке ПКОЛ приведены названия растительных сообществ, данные о строении почвенного профиля, тип почвы и почвенный индекс, оценка антропогенной нарушенности, полное название ландшафта, указаны характерные особенности и дополнительные сведения об описываемой площадке, а также фотографии ландшафта и напочвенного покрова (почвенного профиля). Всего выполнено 122 описания ПКОЛ (рис. 2).

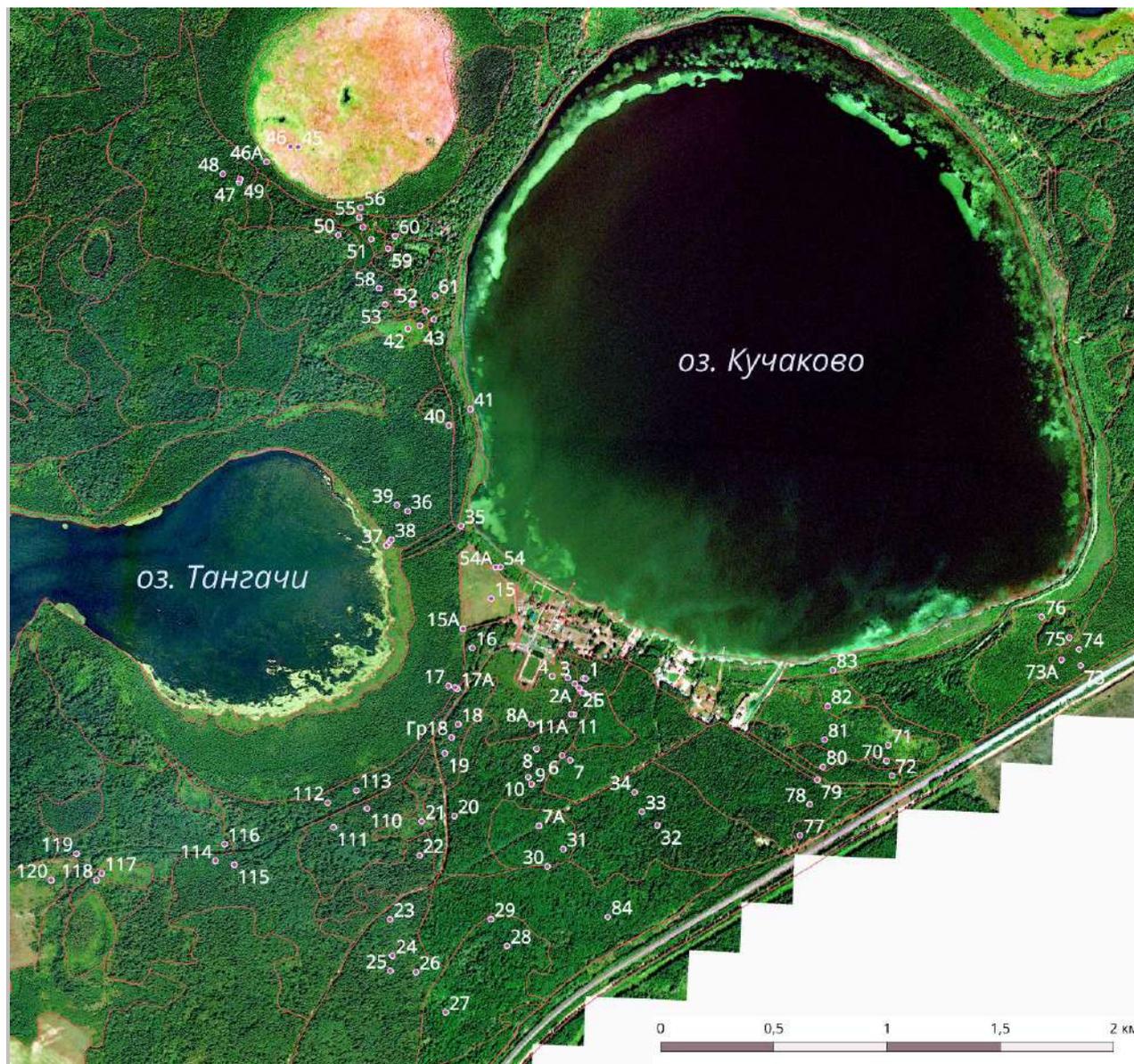


Рис. 2. Расположение площадок комплексных описаний ландшафтов
Fig. 2. Location of landscape sites for comprehensive description

Полученные результаты сформированы в виде базы геоданных PostgreSQL и будут использованы различными исследовательскими группами для проведения пространственного анализа измерений углерода в различных средах [Schulze et al., 2015; Zarov et al., 2022].

Результаты и их обсуждение

На территории исследований закартографировано и охарактеризовано 8 типов местности: террасовый (85 видов урочищ), минерально-островной (1 вид урочищ), приозерно-террасовый (23 видов урочищ), верховых болот (1 вид урочищ), переходных болот (5 видов урочищ), низинных болот (9 видов урочищ), пойменный (1 вид урочищ). Также были выделены антропогенные системы – 10 видов урочищ.

Террасовый тип местности является доминирующим в границах карбонового полигона. Тип местности приурочен к морфоструктуре второго порядка – III озерно-аллювиальной террасе реки Тобол. Болотные типы местности [Lapshina, Kupriianova, 2024] выделены по вторичным признакам (тип заболачивания) на тех же террасовых

уровнях Тобола. Остальные типы местности распространены фрагментарно и классифицируются по ведущему рельефообразующему фактору.

В рамках данной статьи представлены результаты картографирования на ключевом участке. Ландшафтная структура участка детального картографирования включает три типа местности: террасовый, приозерно-террасовый и тип местности низинных болот (рис. 3).

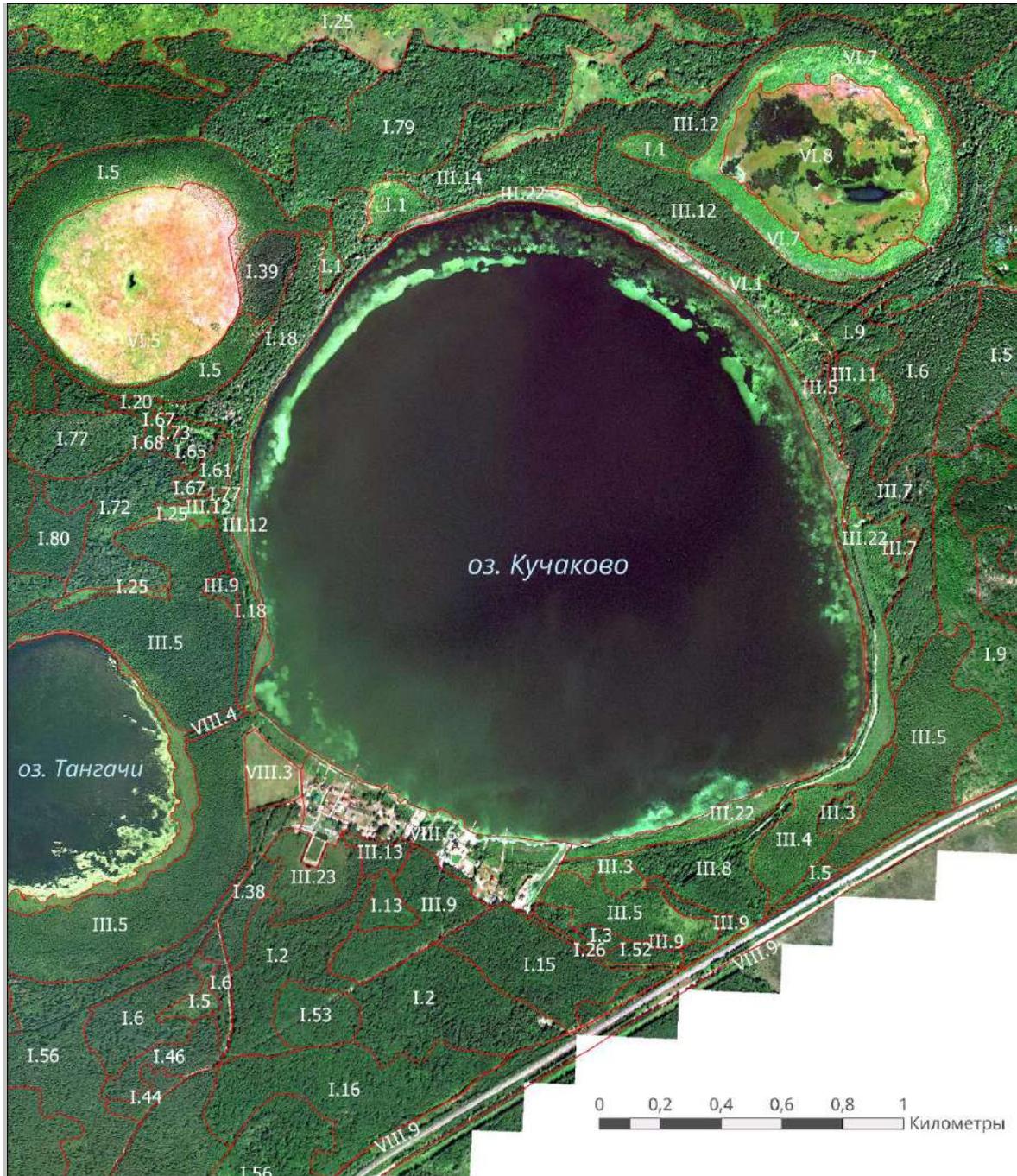


Рис. 3. Ландшафтная карта основного экспериментального участка
Fig. 3. Landscape map of the main experimental area

Легенда к фрагменту ландшафтной карты: Террасовый тип местности: *Средняя часть плоской с мелкокочковатым микрорельефом дренированной III надпойменной левобережной террасы р. Тобол* I.2 – сосново-березовым с примесью осины разнотравно-зеленомошно-кустарничковым лесом на дерново-подзолах; I.3 – с липово-березовым мохово-разнотравным лесом на серых типичных почвах; I.5 – с березовым с редкими ивняковыми зарослями мохово-травяным лесом на серых глееватых почвах; I.6 – с сосново-осиново-березовым с подлеском рябины, ивы мохово-травяным лесом на дерново-подзолах; I.9 – с осиново-сосново-березовым с подлеском шиповника, ивы кустарничково-мохово-разнотравным лесом на дерново-подзолах; I.13 – с сосново-березовым с подлеском рябины бруснично-травяным лесом на дерново-подзолах; I.15 – с осиново-сосново-березовым с примесью липы с подлеском черемухи, шиповника, рябины злаково-разнотравным лесом на дерново-подзолах; I.16 – с осиново-березовым с примесью сосны злаково-разнотравным лесом на дерново-подзолах; I.25 – со злаково-разнотравно-осоковыми лугами в сочетании с ивняками кустарничковыми и березовыми редколесьями на дерново-подзолах глееватых; I.26 – с липово-сосново-березовым хвощовым лесом на месте вырубki на дерново-подзолах; I.37 – с березово-осиново-сосновым травяно-моховым лесом на дерново-подзолах; I.38 – с березово-сосновым с редким подлеском рябины, ивы травяно-моховым лесом на подзолах иллювиально-гумусовых; I.40 – с осиново-березово-сосновым с подлеском рябины, ивы травяно-кустарничково-моховым лесом дерново-подзолах; I.44 – с сосновым разнотравно-кустарничково-моховым лесом на подзолах иллювиально-железистых; I.46 – с березово-сосновым с примесью осины папоротниково-вейниковым постпиогенным лесом на подзолах иллювиально-гумусовых; I.52 – с березово-осиновым разнотравным на серых типичных почвах; I.53 – с сосново-березово-осиновым с подлеском рябины кустарничково-разнотравным на дерново-подзолах; I.56 – с березово-осиновым с примесью сосны с подлеском рябины кустарничково-травяным лесом на дерново-подзолах; I.73 – с липово-осиново-еловым с примесью березы мертвопокровным лесом на дерново-подзолах; I.18 – с осиново-липово-березовым с редким подлеском рябины разнотравным лесом на серых типичных почвах; I.20 – с осиново-березовым с редким подлеском ивы осоково-злаковым лесом на серых типичных; I.39 – с сосновым с примесью березы с подлеском рябины, ивы кустарничково-разнотравно-моховым лесом на подзолах иллювиально-гумусовых; I.57 – с березово-осиновым с примесью липы с подлеском рябины разнотравным лесом на серых типичных почвах; I.60 – с липово-березово-осиновым с подлеском ивы, шиповника, рябины, черемухи разнотравным на серых типичных почвах; I.61 – с осиновым с примесью березы травяным лесом на серых типичных почвах; I.65 – с березово-липово-осиновым с примесью ели мохово-папоротниково-травяным лесом на дерново-подзолах; I.67 – с осиновым с примесью ели разнотравным лесом на дерново-подзолах; I.68 – с осиновым с примесью сосны разнотравным лесом на дерново-подзолах; I.72 – с сосново-осиново-березово-еловым разнотравным лесом на дерново-подзолах; I.77 – с березово-липовым разнотравным на серых типичных почвах; I.78 – с осиново-березово-липовым с подлеском рябины, шиповника разнотравным лесом на серых типичных почвах; I.79 – с сосново-березово-осиново-липовым с подлеском рябины, черемухи, шиповника разнотравным на дерново-подзолах; I.36 – с липово-сосново-березовым с примесью лиственницы орляково-травяным лесом на дерново-подзолах; I.54 – с березово-липово-осиновым с подлеском рябины, ивы разнотравным лесом на серых типичных почвах; I.80 – с осиново-липовым с примесью березы с подлеском рябины разнотравным лесом на серых типичных почвах; I.63 – с березово-липово-осиновым с примесью сосны разнотравным лесом на дерново-подзолах.

Приозерно-террасовый тип местности: *Средняя часть плосковолнистой с бугристо-западным микрорельефом дренированной III надпойменной левобережной террасы р. Тобол*: III.1 – с березовым травяно-болотным лесом на серых глееватых почвах; III.3 – с липово-березовым кустарничковым лесом на серых типичных почвах; III.4 – с ивово-березовым вейниковым лесом на серых глееватых почвах; III.5 – с редкими ивняковыми зарослями мохово-травяным лесом на серых глееватых почвах; III.7 – с осиново-сосново-березовым разнотравным лесом на дерново-подзолах; III.8 – с липово-осиново-березовым мохово-разнотравным лесом на серых типичных почвах; III.9 – с березовым с примесью сосны травяным лесом на дерново-подзолах; III.11 – с осиново-березовым осоково-злаковым лесом на серых типичных почвах; III.12 – с березовым лесом с ивняковыми зарослями злаково-разнотравным на дерново-подзолах; III.13 – с осиново-сосново-березовым с примесью липы с подлеском рябины зеленомошно-травяно-кустарничковым лесом на дерново-подзолах; III.14 – с ивово-сосново-березовым осоково-злаковым лесом на дерново-подзолах глееватых; III.22 – с березовыми осоковыми лесами с ивняковыми зарослями на дерново-подзолах глееватых; III.23 – с заболоченными багульниково-сфагновыми сосняками на дерново-подзолах глееватых.

Тип местности низинных (эутрофных) болот. *Средняя часть плосковолнистой с мелкокочковатым микрорельефом относительно дренированной III надпойменной левобережной террасы р. Тобол*: VI.1 – с низинным березовым осоковым болотом на торфяных эутрофных типичных почвах; VI.5 – с низинным осоково-кустарничково-сфагновым болотом с сосновым подростом на торфяных эутрофных типичных почвах.

Антропогенные ландшафты. VIII.3 – с восстанавливающимся березово-осиновым тростниково-разнотравным лесом, в комплексе с ивняково-вейниковыми зарослями и осоково-тростниковыми болотинами на месте зарастающего искусственного водоема на серых антропогенно-модифицированных почвах; VIII.4 – с водоотводным каналом, зарастающим сосново-березовым мохово-папоротниково-травяным лесом на дерново-подзолах; VIII.6 – сельский населенный пункт; VIII.9 – с автомобильной дорогой на дерново-подзолах, антропогенно-модифицированных.

Террасовый тип местности. Морфологически характеризуется доминированием березового травяно-болотного леса на серых глееватых почвах (номер на карте I.1), который занимает 12 % от общей площади местности. Содоминантами выступают осиново-сосново-березовый кустарничково-мохово-разнотравный с подлеском шиповника и ивы лес на дерново-подзолах и угнетенный сосновый осоково-сфагновый лес (номер на карте I.9, I.45). В террасовой местности также закартированы: злаково-разнотравно-осоковые луга в сочетании с ивняками кустарниковыми и березовыми редколесьями на дерново-подзолах глееватых (номер на карте I.25), сосновое с примесью березы сфагновое редколесье на подзолах глеевых иллювиально-железистых (номер на карте I.85), сосново-осиново-березовый с подлеском рябины, ивы мохово-травяный лес на дерново-подзолах (номер на карте I.6). Рельеф урочищ однотипный, плосковолнистый, местами с буграми и микропонижениями. Литологический состав преимущественно супесчано-легкосуглинистый.

Уникальные геосистемы в этом типе местности представлены простым урочищем липово-осиново-еловым с примесью березы мертвопокровным лесом на дерново-подзолах (номер на карте I.73) и сложными урочищами: осиново-березово-сосновым мохово-ягодным лесом на подзолах иллювиально-железистых (номер на карте I.83). Сложные урочища занимают примерно по 1 % от общей площади местности.

Приозерно-террасовый тип местности. Приурочен к контактной зоне между выложенной озерно-аллювиальной равниной и котловинами озер Кучаково и Тангачи с их низкими заболоченными террасами. Морфологически характеризуется доминированием березы в лесообразующей породе. В урочищах сочетаются: березовые травяно-болотные леса на серых глееватых почвах (номер на карте III.1) и их инварианты на уровне растительных формаций – мохово-травяные с редкими ивняковыми зарослями, осоковые леса (номер на карте III.5, III.22). Содоминантами выступают урочища с сосново-березово-осиновым разнотравным лесом на дерново-подзолах (номер на карте III.18), с сосново-березовым разнотравным лесом на дерново-подзолах (номер на карте III.10) и сосново-березовым с примесью осины разнотравно-зеленомошно-кустарничковым лесом на дерново-подзолах (номер на карте III.2). Вместе они занимают 80,2 % от общей площади типа местности.

Не типичными на этом участке в данном типе местности являются урочища с сообществами березовых с примесью сосны травяным лесом на дерново-подзолах (номер на карте III.9) и липово-осиново-березовых мохово-разнотравных лесов на серых типичных почвах (номер на карте III.8), которые занимают примерно по 1 % от общей площади.

Тип местности низинных (эутрофных) болот. Доминантные урочища охарактеризованы и закартографированы в заболоченной озерной котловине с кустарничково-осоково-сфагновым болотом на торфяных эутрофных типичных почвах (номер на карте VI.5). Дополняет морфологическую структуру урочище с низинным березовым осоковым болотом на торфяных эутрофных типичных почвах (номер на карте VI.1), с трансформированным, в результате создания искусственного дренажа, водным режимом. В пределах контура отмечается обсушка болотного массива. На текущем этапе исследования основные измерения потоков парниковых газов [Dyukarev et al., 2021; Loisel et al., 2021] и инкубационные эксперименты по изучению интенсивности почвенного дыхания были выполнены на ключевом участке K1 (см. рис. 1).

Заключение

По итогам детальной инвентаризации ландшафтов карбонового полигона «Кучак» выявлены следующие закономерности ландшафтной структуры. Основу ландшафтной структуры составляют природные комплексы террасового типа местности с сочетанием мелколиственных и хвойно-мелколиственных лесов различного породного состава с участием липы сердцелистной. Приозерно-террасовые комплексы распространены в

меньшей степени, леса в их составе частично заболочены и дополнены кустарниковыми сообществами. Подчиненное значение в структуре ландшафтов имеют болотные комплексы (верховые, мезотрофные и низинные) с развитым кустарничково-травяно-моховым покровом. Уникальным урочищем представлены типы местности минерально-островной и пойменной. Результаты картографирования ландшафтов на карбоновом полигоне будут размещены на геопортале Тюменского государственного университета.

Полученная в результате инвентаризации и последующего картографирования ландшафтов информация о морфологической структуре природных комплексов является базой для дальнейшего пространственного моделирования результатов исследований на карбоновом полигоне. На ландшафтной основе в ходе дальнейших исследований планируется обработка и пространственный анализ результатов специализированных наблюдений (объемной активности радона в почве, измерений потоков парниковых газов и т.д.).

Классификационная схема ландшафтов с применением основных типологических единиц (типов местности и видов урочищ) предоставляет возможность для использования полученных результатов в качестве аналогов для пространственной интерполяции на всю территорию подтаежной зоны Западной Сибири.

Работа по уточнению характеристик компонентов ландшафтов продолжена в полевом сезоне 2025 года. Собранные и интегрированные в базу PostgreSQL данные полевых исследований за 2024–2025 гг. нескольких научных групп, выполняющих работы на Тюменском карбоновом полигоне, вероятно позволят провести анализ (в т.ч. математическое моделирование) исследуемых процессов, оказывающих влияние на эмиссию и поглощение.

Список источников

- Жучкова В.К., Раковская Э.М. 2004. Методы комплексных физико-географических исследований. М., Издательский центр «Академия», 368 с.
- Козин В.В. 1984. Ландшафтные исследования в нефтегазоносных районах. Тюмень, Изд-во ТюмГУ, 58 с.
- Национальный атлас почв Российской Федерации. 2011. М., Астрель, 632 с.

Список литературы

- Дюкарев Е.А., Веретенникова Е.Э., Сабреков А.Ф., Кулик А.А., Заров Е.А. 2024. Methane and Carbon Dioxide Fluxes Correlation According to Automatic Chamber Observations at the Mukhrino bog Ridge and Hollow Complex. Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата, 15(4): 276–288. <https://doi.org/10.18822/edgcc636456>.
- Колбовский Е.Ю., Гуня А.Н., Петрушина М.Н. 2022. Опыт сравнения геоинформационного моделирования и традиционного картографирования природных ландшафтов (на примере Приэльбрусья). ИнтерКарто. ИнтерГИС, 28(1): 523–539. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-1-28-523-539>.
- Константинов А.О., Константинова Е.Ю., Новоселов А.А., Зайцева В.Ю., Курасова А.О. 2024. Гидроморфные почвы естественных и нарушенных ландшафтов Тура-Тавдинского междуречья (юг Западной Сибири). Вестник Томского государственного университета. Биология, 68: 6–26. <https://doi.org/10.17223/19988591/68/1>.
- Ларин С.И. 2023. Криогенный рельеф позднелайстоценовой перигляциальной зоны юго-запада Западной Сибири. В кн.: К познанию цельного образа криосферы Земли: изучение природных явлений и ресурсного потенциала Арктики и Субарктики. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Тюмень, 29–30 ноября 2023. Тюмень, ТюмГУ-Press: 183–187.
- Ларин С.И., Гусельников В.Л. 2013. Реликтовый криогенный морфолитогенез Ишимской равнины в позднем плейстоцене. В кн.: Геоморфология и картография. Материалы XXXIII Пленума Геоморфологической комиссии РАН, Саратов, 17–20 сентября 2013. Саратов, Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского: 397–400.
- Мильков Ф.Н. 1966. Ландшафтная география и вопросы практики. М., Мысль, 256 с.

- Недбаев И.С., Елсукова Е.Ю., Григорьева Я.Д., Колесников Р.А., Локтев Р.И., Ильясов Р.М. 2025. Пространственная дифференциация эмиссии CO₂ на территории карбонового полигона «Семь лиственниц» (ЯНАО). Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле, 35(2): 198–207. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2025-35-2-198-207>.
- Физико-географическое районирование Тюменской области. 1973. Под ред. Н.А. Гвоздецкого. М., Изд-во МГУ, 246 с.
- Dyukarev E., Zarov E., Alekseychik P., Nijp J., Filippova N., ... Lapshina E. 2021. The Multiscale Monitoring of Peatland Ecosystem Carbon Cycling in the Middle Taiga Zone of Western Siberia: the Mukhrino Bog Case Study. *Land*, 10(8): 824. <https://doi.org/10.3390/land10080824>.
- Golovatskaya E.A., Veretennikova E.E., Dyukarev E.A. 2024. Greenhouse Gas Fluxes and Carbon Sequestration in the Oligotrophic Peat Soils of Southern Taiga in Western Siberia. *Eurasian Soil Science*, 57(2): 210–219. <https://doi.org/10.1134/S1064229323602871>.
- Kulik A.A., Zarov E.A. 2023. The Influence of the Hydrometeorological Factors on the CO₂ Fluxes from the Oligotrophic Bog Surface. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 14(4): 249–263. <https://doi.org/10.18822/edgcc624160>.
- Lapshina E.D., Kupriianova I.V. 2024. Spatio-Temporal Structure of Mire Landscapes: Basic Concepts and Approaches to Classification in National Mire Science. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 15(1): 4–29. <https://doi.org/10.18822/edgcc633244>.
- Lapshina E.D., Zarov E.A. 2023. Stratigraphy of Peat Deposits and Mire Development in the Southern Part of the Forest Zone of Western Siberia in Holocene. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 14(2): 70–101. <https://doi.org/10.18822/edgcc568688>.
- Loisel J., Gallego-Sala A.V., Amesbury M.J., Magnan G., Anshari G., ... Wu J. 2021. Expert Assessment of Future Vulnerability of the Global Peatland Carbon Sink. *Nature Climate Change*, 11(1): 70–77. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00944-0>.
- Schulze E. D., Lapshina E., Filippov I., Kuhlmann I., Mollicone D. 2015. Carbon Dynamics in Boreal Peatlands of the Yenisey Region, Western Siberia. *Biogeosciences*, 12(23): 7057–7070. <https://doi.org/10.5194/bg-12-7057-2015>.
- Semenova N.M., Lapshina E.D. 2001. Description of the West Siberian Plain. In: *Carbon Storage and Atmospheric Exchange by West Siberian Peatlands*. Tomsk, Utrecht: 10–22.
- Terentieva I.E., Glagolev M.V., Lapshina E.D., Sabrekov A.F., Maksyutov S. 2016. Mapping of West Siberian Taiga Wetland Complexes Using Landsat Imagery: Implications for Methane Emissions. *Biogeosciences*, 13(16): 4615–4626. <https://doi.org/10.5194/bg-13-4615-2016>.
- Tsyganov A.N., Zarov A., Mazei Y.A., Kulkov M.G., Babeshko K.V., ... Lapshina E.D. 2021. Key Periods of Peatland Development and Environmental Changes in the Middle Taiga Zone of Western Siberia During the Holocene. *Ambio*, 50: 1896–1909. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01545-7>.
- Yang H., Chae J., Yang A.R., Suwignyo R.A., Choi E. 2023. Trends of Peatland Research Based on Topic Modeling: Toward Sustainable Management under Climate Change. *Forests*, 14(9): 1818. <https://doi.org/10.3390/f14091818>.
- Zarov E.A., Jacotot A., Kulik A.A., Gogo S., Lapshina E.D., Dyukarev E.A. 2022. The Carbon Dioxide Fluxes at the Open-Top Chambers Experiment on the Ombrotrophic Bog (Mukhrino Field Station). *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 13(4): 194–201. <https://doi.org/10.18822/edgcc168830>.

References

- Dyukarev E.A., Veretennikova E.E., Sabrekov A.F., Kulik A.A., Zarov E.A. 2024. Methane and Carbon Dioxide Fluxes Correlation According to Automatic Chamber Observations at the Mukhrino Bog Ridge and Hollow Complex. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 15(4): 276–288 (in Russian). <https://doi.org/10.18822/edgcc636456>.
- Kolbovskii E.Yu., Gunya A.N., Petrushina M.N. 2022. A Comparison of GIS Landscape Modeling and Traditional Mapping (by the example of the Elbrus region). *InterCarto. InterGIS*, 28(1): 523–539 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-1-28-523-539>.
- Konstantinov A.O., Konstantinova E.Yu., Novoselov A.A., Zaitseva V.Yu., Kurasova A.O. 2024. Hydromorphic Soils of Natural and Disturbed Landscapes of the Tura-Tavda Interfluve (South of Western Siberia). *Tomsk State University Journal of Biology*, 68: 6–26 (in Russian). <https://doi.org/10.17223/19988591/68/1>.

- Larin S.I. 2023. Cryogenic Relief of the Late Pleistocene Periglacial Zone of the South-West of Western Siberia. In: To the Knowledge of the Integral Image of the Earth's Cryosphere: the Study of Natural Phenomena and Resource Potential of the Arctic and Subarctic. Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation, Tyumen, 29–30 November 2023. Tyumen, Publ. TyumGU-Press: 183–187 (in Russian).
- Larin S.I., Guselnikov V.L. 2013. Reliktovyi kriogennyi morfolitogenez Ishimskoi ravniny v pozdnem pleistotsene [Relict Cryogenic Morpholithogenesis of the Ishim Plain in the Late Pleistocene]. In: Geomorfologiya i kartografiya [Geomorphology and cartography]. Materials of the XXXIII Plenum of the Geomorphological Commission of the Russian Academy of Sciences, Saratov, 17–20 September 2013. Saratov, Publ. Saratovskiy gosudarstvenniy universitet im. N.G. Chernyshevskogo: 397–400.
- Milkov F.N. 1966. Landshaftnaya geografiya i voprosy praktiki [Landscape Geography and Practical Issues]. Moscow, Publ. Mysl, 256 p.
- Nedbaev I.S., Elsukova E.Yu., Grigorieva Ya.D., Kolesnikov R.A., Loktev R.I., Ilyasov R.M. 2025. Spatial Differentiation of CO₂ Emission on the Territory of Carbonic Polygon “Seven Larch” (YANAO). Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences, 35(2): 198–207 (in Russian). <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2025-35-2-198-207>.
- Fiziko-geograficheskoe raionirovanie Tyumenskoi oblasti [Physical-Geographical Zoning of the Tyumen region]. 1973. Ed. by N.A. Gvozdetkiy. Moscow, Publ. MGU, 246 p.
- Dyukarev E., Zarov E., Alekseychik P., Nijp J., Filippova N., ... Lapshina E. 2021. The Multiscale Monitoring of Peatland Ecosystem Carbon Cycling in the Middle Taiga Zone of Western Siberia: the Mukhrino Bog Case Study. Land, 10(8): 824. <https://doi.org/10.3390/land10080824>.
- Golovatskaya E.A., Veretennikova E.E., Dyukarev E.A. 2024. Greenhouse Gas Fluxes and Carbon Sequestration in the Oligotrophic Peat Soils of Southern Taiga in Western Siberia. Eurasian Soil Science, 57(2): 210–219. <https://doi.org/10.1134/S1064229323602871>.
- Kulik A.A., Zarov E.A. 2023. The Influence of the Hydrometeorological Factors on the CO₂ Fluxes from the Oligotrophic Bog Surface. Environmental Dynamics and Global Climate Change, 14(4): 249–263. <https://doi.org/10.18822/edgcc624160>.
- Lapshina E.D., Kupriianova I.V. 2024. Spatio-Temporal Structure of Mire Landscapes: Basic Concepts and Approaches to Classification in National Mire Science. Environmental Dynamics and Global Climate Change, 15(1): 4–29. <https://doi.org/10.18822/edgcc633244>.
- Lapshina E.D., Zarov E.A. 2023. Stratigraphy of Peat Deposits and Mire Development in the Southern Part of the Forest Zone of Western Siberia in Holocene. Environmental Dynamics and Global Climate Change, 14(2): 70–101. <https://doi.org/10.18822/edgcc568688>.
- Loisel J., Gallego-Sala A.V., Amesbury M.J., Magnan G., Anshari G., ... Wu J. 2021. Expert Assessment of Future Vulnerability of the Global Peatland Carbon Sink. Nature Climate Change, 11(1): 70–77. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00944-0>.
- Schulze E. D., Lapshina E., Filippov I., Kuhlmann I., Mollicone D. 2015. Carbon Dynamics in Boreal Peatlands of the Yenisey Region, Western Siberia. Biogeosciences, 12(23): 7057–7070. <https://doi.org/10.5194/bg-12-7057-2015>.
- Semenova N.M., Lapshina E.D. 2001. Description of the West Siberian Plain. In: Carbon Storage and Atmospheric Exchange by West Siberian Peatlands. Tomsk, Utrecht: 10–22.
- Terentieva I.E., Glagolev M.V., Lapshina E.D., Sabrekov A.F., Maksyutov S. 2016. Mapping of West Siberian Taiga Wetland Complexes Using Landsat Imagery: Implications for Methane Emissions. Biogeosciences, 13(16): 4615–4626. <https://doi.org/10.5194/bg-13-4615-2016>.
- Tsyganov A.N., Zarov A., Mazei Y.A., Kulkov M.G., Babeshko K.V., ... Lapshina E.D. 2021. Key Periods of Peatland Development and Environmental Changes in the Middle Taiga Zone of Western Siberia During the Holocene. Ambio, 50: 1896–1909. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01545-7>.
- Yang H., Chae J., Yang A.R., Suwignyo R.A., Choi E. 2023. Trends of Peatland Research Based on Topic Modeling: Toward Sustainable Management under Climate Change. Forests, 14(9): 1818. <https://doi.org/10.3390/f14091818>.
- Zarov E.A., Jacotot A., Kulik A.A., Gogo S., Lapshina E.D., Dyukarev E.A. 2022. The Carbon Dioxide Fluxes at the Open-Top Chambers Experiment on the Ombrotrophic Bog (Mukhrino Field Station). Environmental Dynamics and Global Climate Change, 13(4): 194–201. <https://doi.org/10.18822/edgcc168830>.



*Поступила в редакцию 14.05.2025;
поступила после рецензирования 02.09.2025;
принята к публикации 02.10.2025*

*Received May 14, 2025;
Revised September 02, 2025;
Accepted October 02, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Москвина Наталья Николаевна, кандидат географических наук, заведующая кафедрой физической географии и экологии, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Natalya N. Moskvina, Candidate of Geographical Sciences, Head of the Department of Physical Geography and Ecology, Tyumen State University, Tyumen, Russia

Идрисов Ильдар Рустамович, кандидат географических наук, заведующий кафедрой картографии и геоинформационных систем, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Idar R. Idrisov, Candidate of Geographical Sciences, Head of the Department of Cartography and Geoinformatics, Tyumen State University, Tyumen, Russia

Маршинин Александр Владимирович, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и экологии, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Aleksandr V. Marshinin, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Geography and Ecology, Tyumen State University, Tyumen, Russia

Сиренко Полина Александровна, студент кафедры картографии и геоинформационных систем, лаборант-исследователь проектного офиса «Green Solution Lab», Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Polina A. Sirenko, Student, Department of Cartography and Geoinformatics, laboratory researcher at the Green Solutions Lab project office, Tyumen State University, Tyumen, Russia

Храпаль Максим Михайлович, студент кафедры картографии и геоинформационных систем, лаборант-исследователь проектного офиса «Green Solution Lab», Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Maksim M. Khrapal, Student, Department of Cartography and Geoinformatics, laboratory researcher at the Green Solutions Lab project office, Tyumen State University, Tyumen, Russia



УДК 630.181:551.583
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-2
EDN BCQSFT

Особенности климатического отклика сосны крымской и сосны обыкновенной в предгорной лесостепи Крыма

Полетаев А.О.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
poletaev@bsuedu.ru

Аннотация. В статье представлены результаты дендрохронологического исследования, направленного на изучение климатического отклика сосны крымской и сосны обыкновенной в предгорной лесостепи Крыма. Выявлено снижение индекса прироста (I) за период с 2000 по 2010–2012 гг., сменившееся его ростом до 2016–2018 гг., далее прослеживается повторное снижение до 2020 г., сменившееся ростом до 2022–2023 гг. Корреляционный анализ между значениями индекса прироста и климатическими параметрами показал, что наибольшее влияние на рост оказывают температуры февраля–апреля, а наиболее значительно выделяется вклад условий марта: в Яблочном (1998–2012 гг.) корреляция индекса прироста (I) с мартовской температурой составила 0,55, в Аграрном (2004–2012 гг.) эта связь сильнее – 0,71. Биоклиматический потенциал (Q) демонстрирует согласованность с индексом прироста: снижение Q в 1975–1984 и 1992–1998 гг. совпало со снижением I в Аграрном (с 1,14 до 0,96) и Пятихатке (с 0,90 до 0,79). В Яблочном за тот же период I вырос с 0,99 до 1,23, что может быть обусловлено выдвиганием полосы изолиний Q (1000–1100 МДж/м²/год) на север и северо-восток Крымского полуострова.

Ключевые слова: сосна крымская, сосна обыкновенная, климатический отклик, предгорная лесостепь Крыма, дендроклиматология

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-17-00169, <https://rscf.ru/project/23-17-00169/>.

Для цитирования: Полетаев А.О. 2026. Особенности климатического отклика сосны крымской и сосны обыкновенной в предгорной лесостепи Крыма. Региональные геосистемы, 50(1): 18–32. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-2 EDN: BCQSFT

Features of the Climate Response of *Pinus Nigra* subsp. *Pallasiana* and *Pinus Sylvestris* L. in the Foothill Forest-Steppe of the Crimea

Arseniy O. Poletaev

Belgorod State National Research University,
85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia
poletaev@bsuedu.ru

Abstract. The article presents the results of a dendrochronological study aimed at studying the climatic response of Crimean pine and Scots pine in the foothill forest-steppe of the Crimea. Wood cores were collected in three key areas: in the forest massif of man-made pine plantations northwest of the village of Yablochnoye (Scots pine), in Grenadersky Park of the village of Agrarnoe (Crimean pine), and in Oktyabrsky Forest Park near the village of Pyatikhatka (Crimean pine) using the Haglof increment borer. Dendrochronological analysis of the cores was conducted on LINTAB equipment using TSAPWin

software. Cross-dating was performed and the following parameters were calculated: compatibility (Glk), cross-correlation (CC), and Cross Date index (CDI). A decrease in the increment index (I) was revealed in the period from 2000 to 2010–2012, followed by its growth until 2016–2018, and a further decrease until 2020, followed by growth until 2022–2023. Correlation analysis between the increment index values and climatic parameters showed that the greatest influence on growth was exerted by February–April temperatures, with March being the most significant: in Yablochnoye (1998–2012), the correlation of the increment index (I) with the March temperature was 0.55, while in Agrarnoye (2004–2012), this relationship was stronger, equaling 0.71. The bioclimatic potential (Q) demonstrates consistency with the increment index: a decrease in Q in 1975–1984 and 1992–1998 coincided with a decrease in I in Agrarnoye (from 1.14 to 0.96) and Pyatikhatka (from 0.90 to 0.79). In Yablochnoye, over the same period, I increased from 0.99 to 1.23, which may be due to the extension of the Q isoline band (1000–1100 MJ/m²/year) to the north and northeast of the Crimean Peninsula.

Keywords: Crimean pine, Scots pine, climate response, foothill forest-steppe of the Crimea, dendroclimatology

Acknowledgements. This work was funded by the Russian Science Foundation, project no. 23-17-00169, <https://rscf.ru/en/project/23-17-00169/>.

For citation: Poletaev A.O. 2026. Features of the Climate Response of *Pinus Nigra* subsp. *Pallasiana* and *Pinus Sylvestris* L. in the Foothill Forest-Steppe of the Crimea. *Regional Geosystems*, 50(1): 18–32 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-2 EDN: BCQSFT

Введение

Климатический отклик древесных растений является индикатором изменения условий окружающей среды, в которой они произрастают. На территории Европейской части России отмечена положительная реакция хвойных деревьев, произрастающих севернее 60° с.ш., на летнюю температуру, а на более южных широтах (54–56° с.ш.) ширина кольца зависит от комбинации двух параметров – тепла и влажности [Matskovsky, 2016]. В лесостепной зоне в качестве лимитирующего фактора выступает количество атмосферных осадков, который обуславливает формирование у деревьев узких годовичных колец в засушливые годы [Лисецкий, Митряйкина, 2012]. Топоэкологические условия произрастания также влияют на радиальный прирост древесины, при этом трансформируется региональный климатический сигнал. Хвойные и лиственные породы показывают в климатическом отклике особенности видоспецифического характера, несмотря на сходные условия произрастания [Бабушкина и др., 2011]. Между климатическими факторами и приростом стволовой древесины выявляется сложное взаимодействие, а динамика прироста зависит не только от наличия засушливых периодов, но и от таких факторов, как возраст дерева, его физиологическое состояние, степень воздействия других экологических факторов [Литовченко и др., 2025].

В дендрохронологических, и, в частности, дендроклиматических исследованиях часто объектом исследования выступает сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) ввиду таких особенностей, как отчетливость границ между годовичными слоями, слабое влияние плодоношения на динамику прироста [Тишин, Чижикова, 2018], долговечность, высокая синхронность отклика на климатические факторы [Вахнина, 2011]. Ее показатель радиального прироста позволяет охарактеризовать состояние лесных насаждений, их соответствие лесорастительным условиям, степень повреждения древостоев природными или антропогенными стресс-факторами [Зборовская и др., 2014]. Значительная роль в ростовых процессах сосны обыкновенной отведена совместному влиянию температуры и осадков [Хамидуллина и

др., 2014]. При этом на рост влияет ее расположение на склонах разной экспозиции, которые характеризуются различием почвенного плодородия и увлажнения [Автономов, Артемьева, 2012], а на интенсивность радиального прироста напрямую влияют суточные колебания водного потенциала тканей и клеток [Antonova et al., 1995]. В то же время, в условиях сухих местообитаний основным лимитирующим фактором является доступность воды, и в таком случае температура воздуха и солнечная радиация не оказывают значимого прямого влияния на прирост [Zweifel et al., 2006; Vogino et al., 2009]. Также выявляется зависимость между радиальным приростом сосны обыкновенной и осадками разного генезиса [Кузнецова и др., 2020]. В конечном счете, для оценки динамики состояния сосновых древостоев необходима дальнейшая проработка результатов моделирования и прогнозирования радиального прироста [Матвеев, Тимащук, 2019], наряду с этим перспективно использование вегетационного индекса *NDVI* [Рыгалова, Плуталова, 2021].

На территории Крыма в ходе проведения дендрохронологических и дендроклиматических исследований выявлены существенные изменения климатических условий с античного времени по сравнению с современным климатом в предгорной и приморской лесостепи [Лисецкий и др., 2019]. Выявлена тесная зависимость индекса прироста от условий влагообеспеченности для сосны крымской (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) [Ергина и др., 2012]. Установлен достоверный климатический отклик в приросте древесины ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) на территории Северо-Западного Крыма на основании корреляционного анализа между индексом радиального прироста и годовым количеством осадков, индексом радиального прироста и показателем *Q* (коэффициент биоклиматического потенциала) [Лисецкий, Польшина, 2022].

В данном исследовании был проведен дендрохронологический анализ кернов сосны крымской (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с целью выявления их отклика на изменения климата в предгорной лесостепи Крыма. Во всех лесорастительных условиях отличительной особенностью сосны обыкновенной является опережение по темпам роста в высоту сосны крымской до 30 лет, но к 40 годам сосна крымская сравнивается с ней, и в дальнейшем даже опережает [Лисецкий, 2008].

Объекты и методы исследования

В пределах предгорной лесостепи Крыма был проведен пробоотбор кернов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) (точки отбора 1, 2 на ключевом участке № 1 (рис. 1, А)) и керны сосны крымской (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) (точки отбора 3–10 на ключевых участках № 2, 3 (рис. 1, Б, В)) с помощью возрастного (приростного) бурава *Haglof*. С каждого дерева были отобраны по два керна – с восточной и западной сторон, что было использовано как повторности. Толщину коры измеряли для корректировки параметра «Длина окружности». Подробная информация о точках отборов кернов и характеристики деревьев дана в табл. 1. По отношению к метеостанциям ключевые участки расположены следующим образом: ключевой участок № 1 расположен в 7 км к северу от метеостанции № 33966 (Белогорск), ключевой участок № 2 расположен в 8 км к северо-западу от метеостанции № 33946 (Симферополь), ключевой участок № 3 расположен в 23,8 км к юго-востоку от метеостанции № 33939 (Клепинино).

Таблица 1
Table 1

Координаты точек отбора кернов и характеристики деревьев, выбранных для отбора кернов
Coordinates of core sampling points and characteristics of trees selected for core sampling

№ точки отбора	Координаты		Длина окружности, см	Радиус с корой, см	Толщина коры, см	Радиус без коры, см
	с.ш.	в.д.				
1	45,08636	34,59349	106	16,87	2,6	14,27
2	45,08637	34,5935	99,4	15,82	1,8	14,02
3	45,01407	34,05337	154	24,51	3,2	21,31
4	45,01377	34,05361	133	21,17	1,8	19,37
5	45,01308	34,0545	155,1	24,68	2,8	21,88
6	45,01211	34,05517	93	14,80	1,7	13,10
7	45,0114	34,05694	121,5	19,34	1,0	18,34
8	45,32489	34,27397	86	13,69	1,1	12,59
9	45,32472	34,27402	97,2	15,47	2,0	13,47
10	45,32434	34,27413	98,2	15,63	1,8	13,83

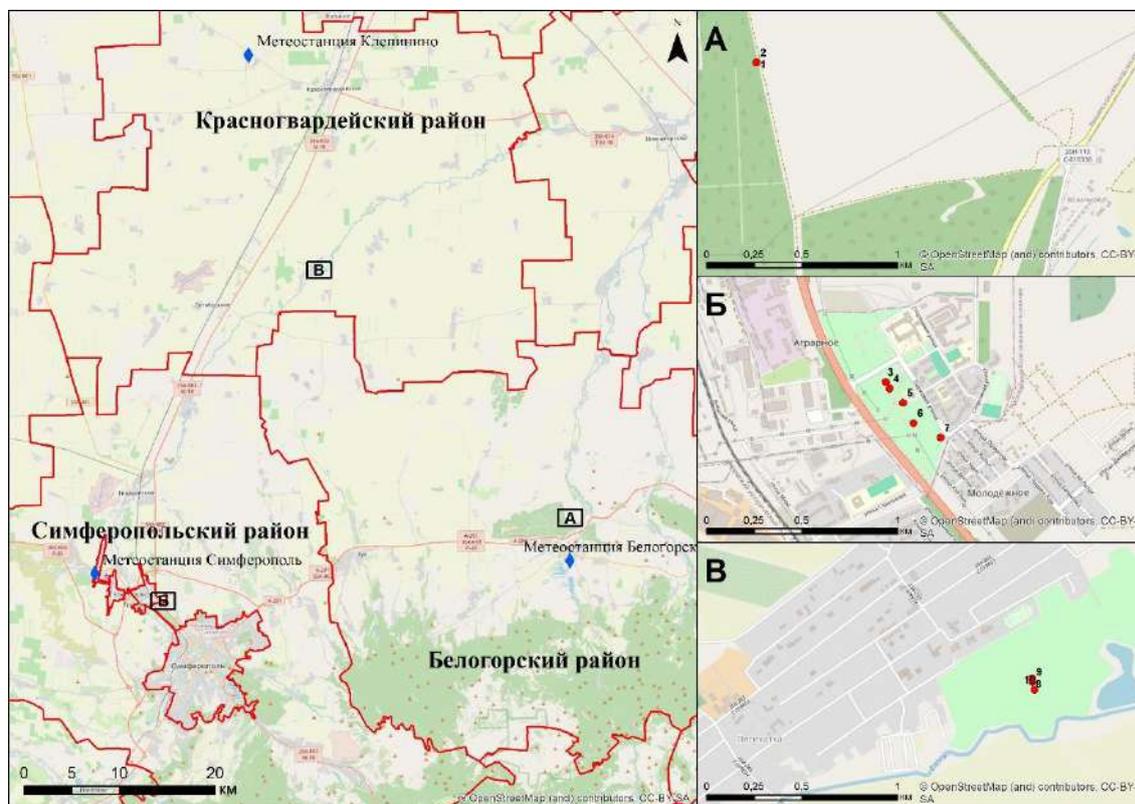


Рис. 1. Карта-схема отбора кернов. Ключевые участки: А – лесной массив искусственных насаждений сосны к СЗ от с. Яблочное, Б – Гренадерский парк с. Аграрное, В – Октябрьский лесопарк у с. Пятихатка

Fig. 1. Map-scheme of core sampling. Key areas: А – forest massif of man-made pine plantations to the northwest of the village of Yablochnoye, Б – Grenadersky Park of the village of Agrarnoye, В – Oktyabrsky forest park near the village of Pyatikhatka

Предварительно подготовленные в ходе зачистки (шлифовки) керны были подвергнуты дендрохронологическому анализу радиального прироста на оборудовании *LINTAB*, которое позволяет определить ширину годовых колец (в единицах измерения, равных 1, 0,1, 0,01 и 0,001 мм), в комплексе с ПО *TSAPWin*, обеспечивающим запись данных измерений, их редактирование, кросс-датирование, построение графиков.

Результаты и их обсуждение

Полученные данные о ширине годовых колец были подвергнуты перекрестной датировке с целью определения времени формирования слоев прироста древесины и уточнения величины прироста для каждого из деревьев по двум кернам, отобранным с восточной и западной сторон. В ходе перекрестной датировки кернов в ПО *TSAPWin* рассчитан ряд параметров, таких как совместимость (*Glk*), перекрестная корреляция (*CC*), индекс *Cross Date* (*CDI*), результаты расчетов показаны в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Результаты перекрестной датировки кернов
Results of cross-dating of cores

№ точки отбора	Образцы	Glk, %	CC, %	CDI
1	1–1, 1–2	89	88	91
2	2–1, 2–2	71	89	34
3	3–1, 3–2	58	71	21
4	4–1, 4–2	54	56	9
5	5–1, 5–2	86	94	91
6	6–1, 6–2	59	47	8
7	7–1, 7–2	69	71	20
9	9–1, 9–2	64	13	11
10	10–1, 10–2	60	51	16

Примечание. В табл. 2 отсутствуют данные по точке отбора № 8, т.к. образец 8–1 был отбракован по причине невозможности его датировки.

Ввиду низкого значения перекрестной корреляции (*CC*, %) между образцами 9–1 и 9–2, они были исключены из дальнейшего анализа, также был отбракован образец 8–2, ввиду отсутствия его перекрестной датировки с образцом 8–1.

В *MS Excel* была проведена визуализация результатов перекрестной датировки кернов в виде графиков ежегодного прироста древесины (*L*, 1/100 мм) для каждой из точек отбора по усредненным значениям ежегодного прироста древесины на основании соответствующих точке отбора образцов (рис. 2–4).



Рис. 2. Ежегодный прирост древесины на точках отбора 1–2 (ключевой участок № 1)
Fig. 2. Annual timber increment at sampling points 1–2 (key site No. 1)

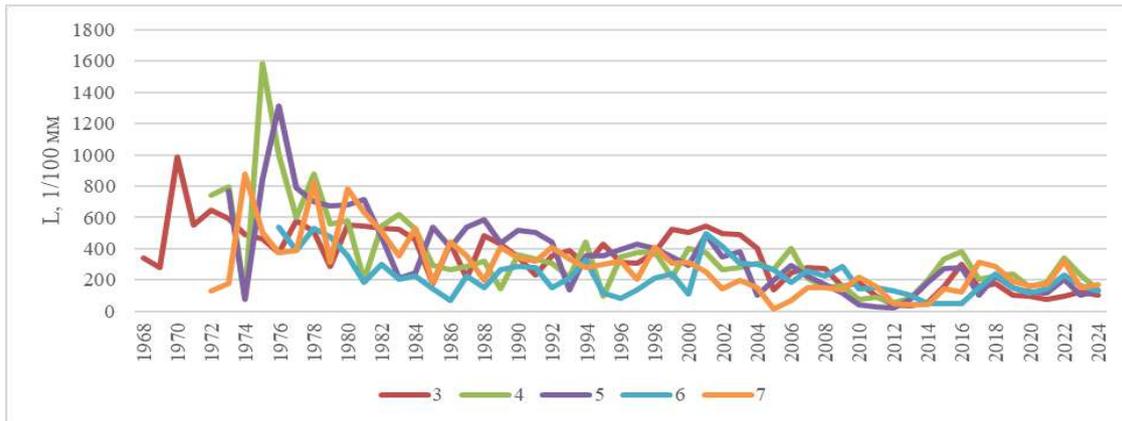


Рис. 3. Ежегодный прирост древесины на точках отбора 3–7 (ключевой участок № 2)
Fig. 3. Annual timber increment at sampling points 3–7 (key site No. 2)

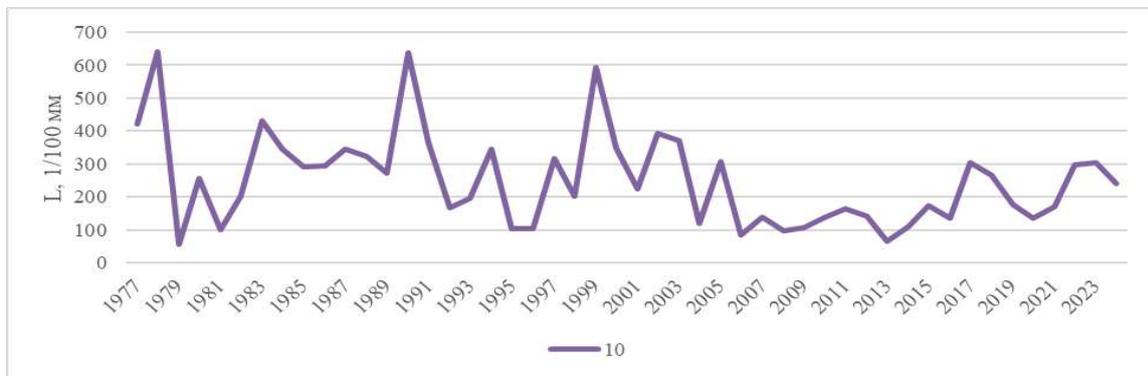


Рис. 4. Ежегодный прирост древесины на точке отбора 10 (ключевой участок № 3)
Fig. 4. Annual timber increment at sampling point 10 (key site No. 3)

Коэффициент корреляции между усредненными ежегодными приростами древесины для точек 1 и 2 составил 0,62. Для остальных точек отбора коэффициенты корреляции показаны в корреляционных матрицах (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Корреляционная матрица для точек отбора 3–7
Correlation matrix for sampling points 3–7

	4	5	6	7
3	0,49	0,56	0,47	0,55
	4	0,73	0,63	0,35
		5	0,59	0,43
			6	0,41

Для проверки достоверности дендрохронологических данных для точек отбора 1, 2 было проведено сравнение с данными 2023 г., полученными на основании анализа кернов, отобранных в 2020 г. [Лисецкий и др., 2023]. Было проведено сравнение ежегодного прироста древесины на точках отбора 1–2 настоящего исследования (см. рис. 2) с ежегодным приростом на точке отбора 20-Водораздел (80)–1 [Лисецкий и др., 2023], наиболее близко расположенной к точкам отбора 1–2. График ежегодного прироста древесины на точках отбора 1–2 и 20-Водораздел (80)–1 представлен на рис. 5.

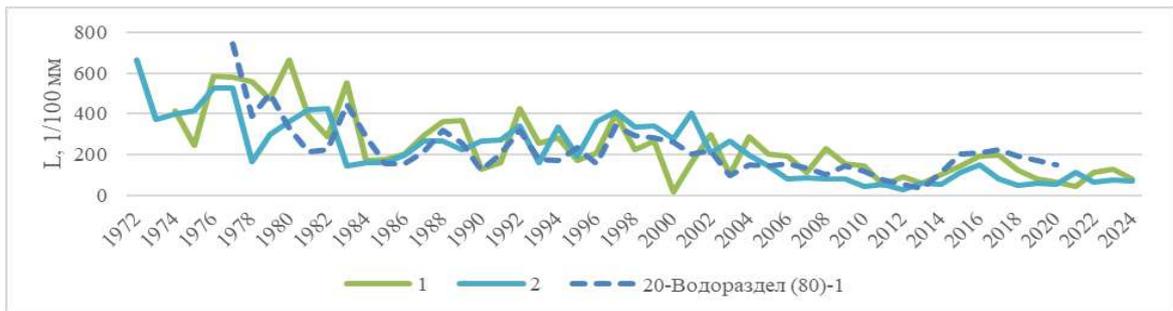


Рис. 5. Ежегодный прирост древесины на точках отбора 1–2 и Водораздел (80)–1
Fig. 5. Annual timber increment at sampling points 1–2 and Watershed (80)–1

Коэффициент корреляции между ежегодным приростом древесины для точек 1 и 20-Водораздел (80)–1 составил 0,77, для точек 2 и 20-Водораздел (80)–1 составил 0,56.

Для каждого из ключевых участков была рассчитана средняя ширина кольца на основании обобщенных (усредненных) значений, полученных в результате анализа образцов (рис. 6).

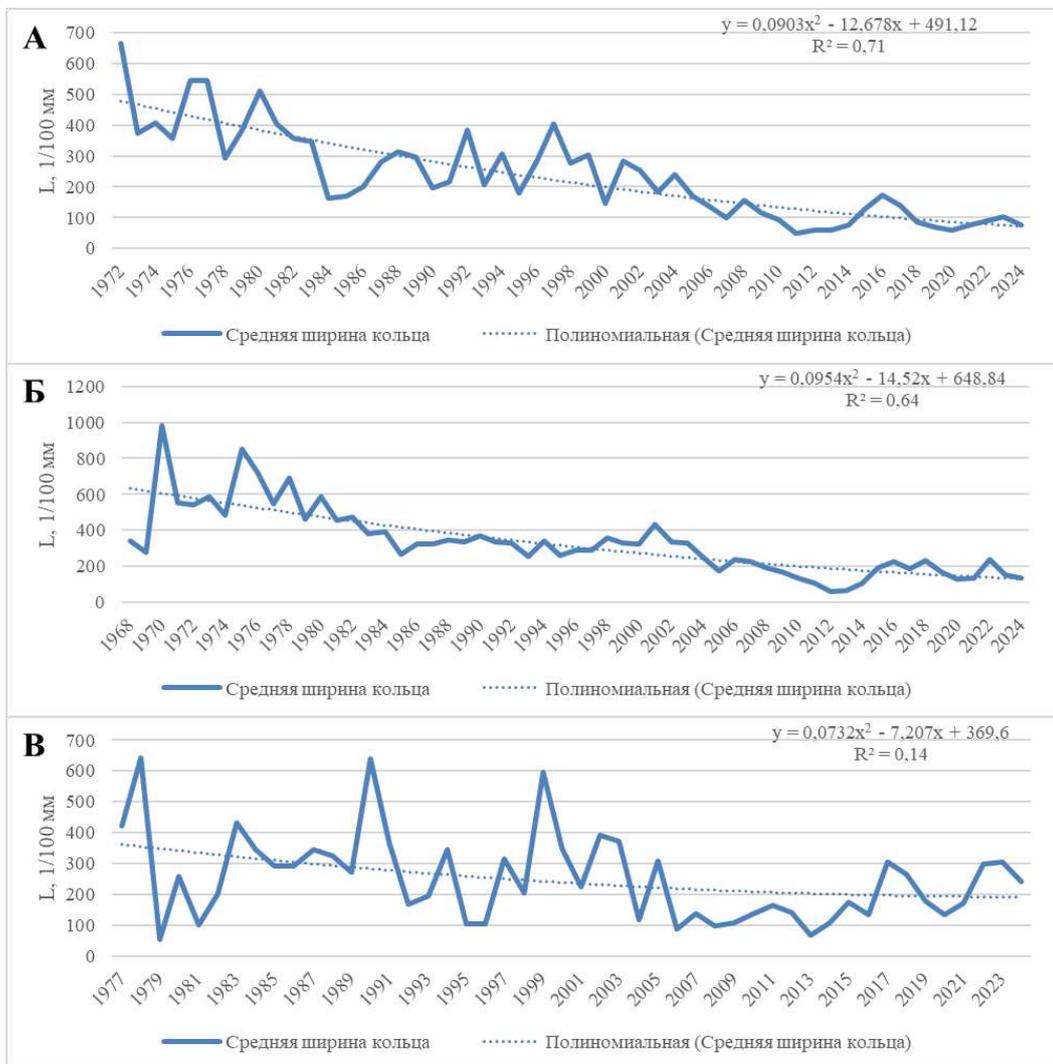


Рис. 6. Средняя ширина кольца по обобщенным данным на ключевых участках:
А – № 1, Б – № 2, В – № 3

Fig. 6. Average ring width according to generalized data in key areas: A – No. 1, Б – No. 2, В – No. 3

Для проверки достоверности дендрохронологических данных для точек отбора 3–7 было проведено сравнение средней ширины кольца по обобщенным данным на ключевом участке № 2 и общей ширины годичных колец спила сосны крымской или Палласа – *Pinus pallasiana* D. Don, которая произрастала на территории Ботанического сада ТНУ с 1894 года [Ергина и др., 2012] (рис. 7). Коэффициент корреляции между этими величинами составляет 0,30 (период временного охвата 1968–2008 гг.), наибольшая синхронность выделяется в период 1993–2008 гг., для которого коэффициент корреляции равен 0,65.



Рис. 7. Средняя ширина кольца по обобщенным данным на ключевом участке № 2 и общая ширина годичных колец [Ергина и др., 2012]
Fig. 7. Average ring width according to generalized data in key area No. 2 and total width of year rings [Ergina et al., 2012]

Статистическое нормирование ширины годичных колец проводили для преобразования разнородных исходных данных радиального прироста в одну безмерную (коэффициентную) плоскость значений в виде индекса прироста (1):

$$I_t = \frac{W_t}{Y_t}, \quad (1)$$

где I – индекс прироста; W – фактическая ширина годичного кольца; Y – сглаженная ширина годичного кольца для года t .

Сглаженная ширина годичного кольца для года t была рассчитана путем построения полиномиальной линии тренда (линии тренда показаны на рис. 6), в итоге был рассчитан индекс прироста для всех ключевых участков (рис. 8).

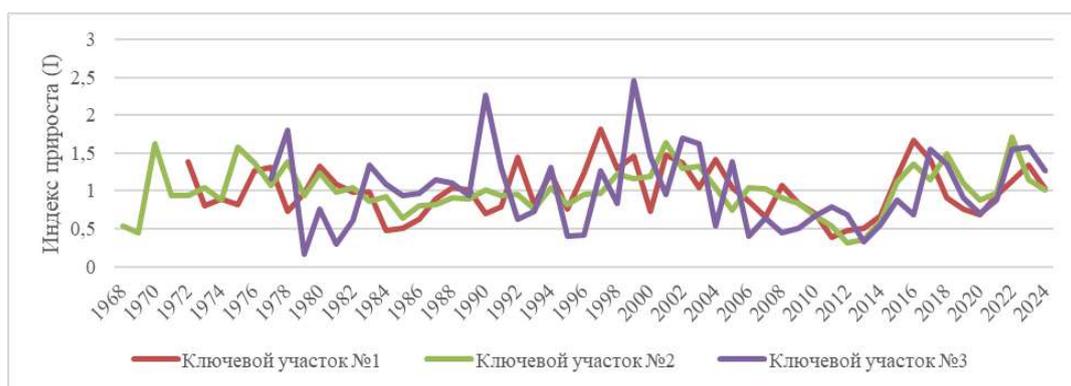


Рис. 8. Изменение индекса прироста (I) для ключевых участков № 1–3
Fig. 8. Change in the increment index (I) for key areas No. 1–3

Коэффициент корреляции между рядами значений индекса прироста (I) для ключевых участков № 1 и № 2 составил 0,51 (период 1972–2024 гг.), для ключевых участков № 1 и № 3 составил 0,19 (период 1977–2024 гг.), для ключевых участков № 2 и № 3 составил 0,42 (период 1977–2024 гг.).

Наибольшие значения индекса прироста на ключевом участке № 1 характерны для 1997 и 2016 гг., на ключевом участке № 2 – для 1970, 1975, 2001, 2018, 2022 гг., на ключевом участке № 3 – для 1978, 1990, 1999, 2002, 2017, 2023 гг. В целом, для всех ключевых участков отчетливо выявляется тренд уменьшения индекса прироста начиная примерно с 2000 г. до 2010–2012, который сменяется увеличением до 2016–2018 гг. Затем наблюдается повторное уменьшение до 2020 г., которое сменяется увеличением к 2022–2023 г. Амплитуда колебаний индекса прироста (I) на ключевом участке № 1 равна 1,43, на ключевом участке № 2 – 1,40, на ключевом участке № 3 составляет 2,29.

Была выявлена зависимость между рассчитанными ранее [Лисецкий и др., 2024] значениями коэффициента биоклиматического потенциала Q (единица измерения – МДж/м² в год) для метеостанции № 33946 (Симферополь) и индексами прироста (I) на всех ключевых участках (рис. 9). Коэффициент корреляции между коэффициентом Q и индексом I составил 0,58 на ключевом участке № 1, 0,34 на ключевом участке № 2 и 0,33 на ключевом участке № 3.

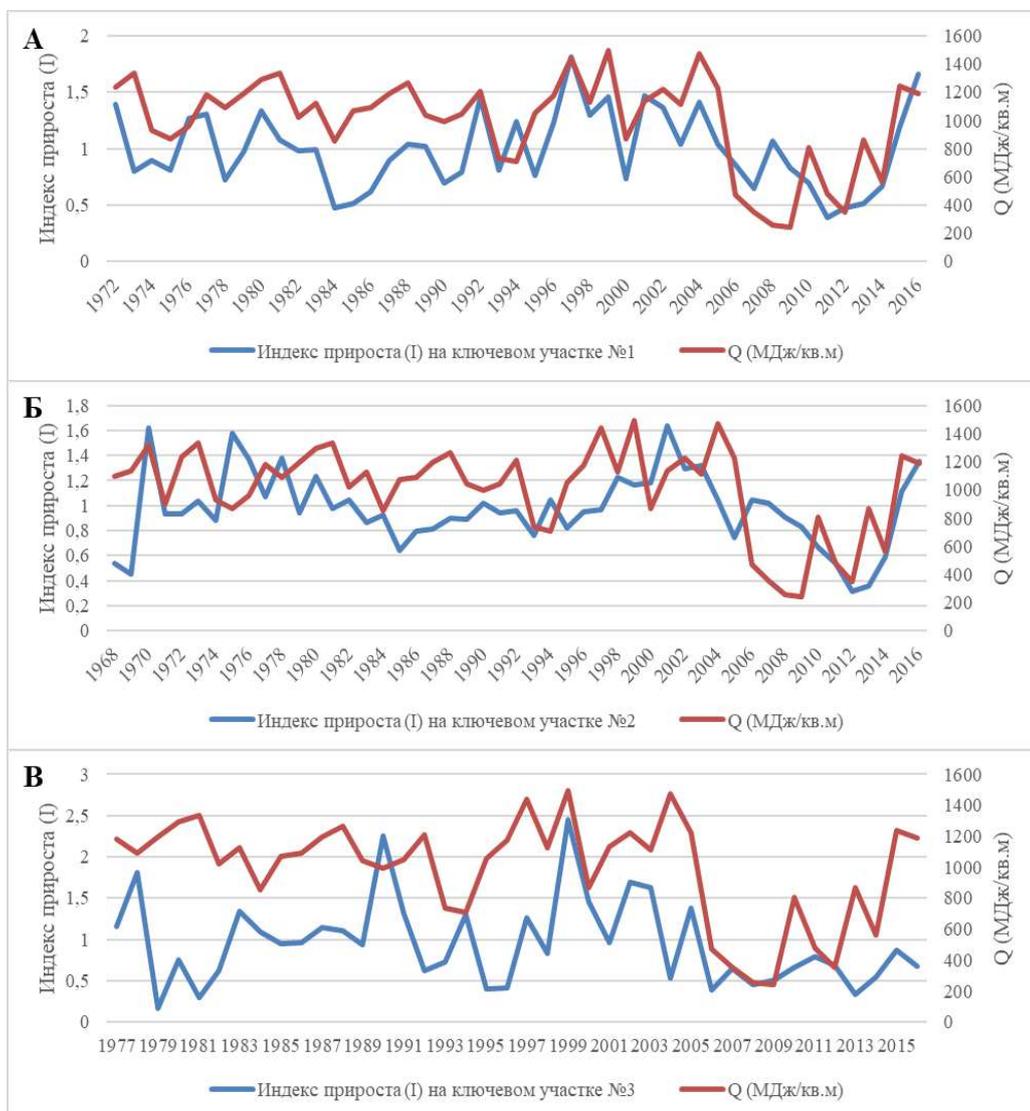


Рис. 9. Изменение индекса прироста (I) и коэффициента биоклиматического потенциала (Q) на ключевых участках: А – № 1 с 1972 по 2016 гг., Б – № 2 с 1968 по 2016 гг., В – № 3 с 1977 по 2016 гг.

Fig. 9. Changes in the increment index (I) and the bioclimatic potential coefficient (Q) in key areas: А – No. 1 from 1972 to 2016, Б – No. 2 from 1968 to 2016, В – No. 3 from 1977 to 2016

Была проанализирована взаимосвязь между индексами прироста (I) и средней температурой воздуха по месяцам на основании архива данных метеостанций № 33966 (Белогорск) [Средняя температура ... Белогорск, 2025], № 33946 (Симферополь) [Средняя температура ... Симферополь, 2025], № 33939 (Клепинино) [Средняя температура ... Клепинино, 2025]. В целом, значение коэффициента корреляции между индексами прироста (I) и средней температурой воздуха по месяцам не превышало 0,23 (максимальная корреляция за период 1968–2023 гг. на ключевом участке № 2 между индексами прироста (I) и средней температурой воздуха в феврале). Для февраля характерно наличие временных отрезков, где синхронно снижаются или увеличиваются индекс прироста (I) и средняя температура (рис. 10А, В, Д). Наиболее интересной для анализа является взаимосвязь между индексом прироста (I) и средней температурой воздуха в марте (T) (рис. 10Б, Г, Е).

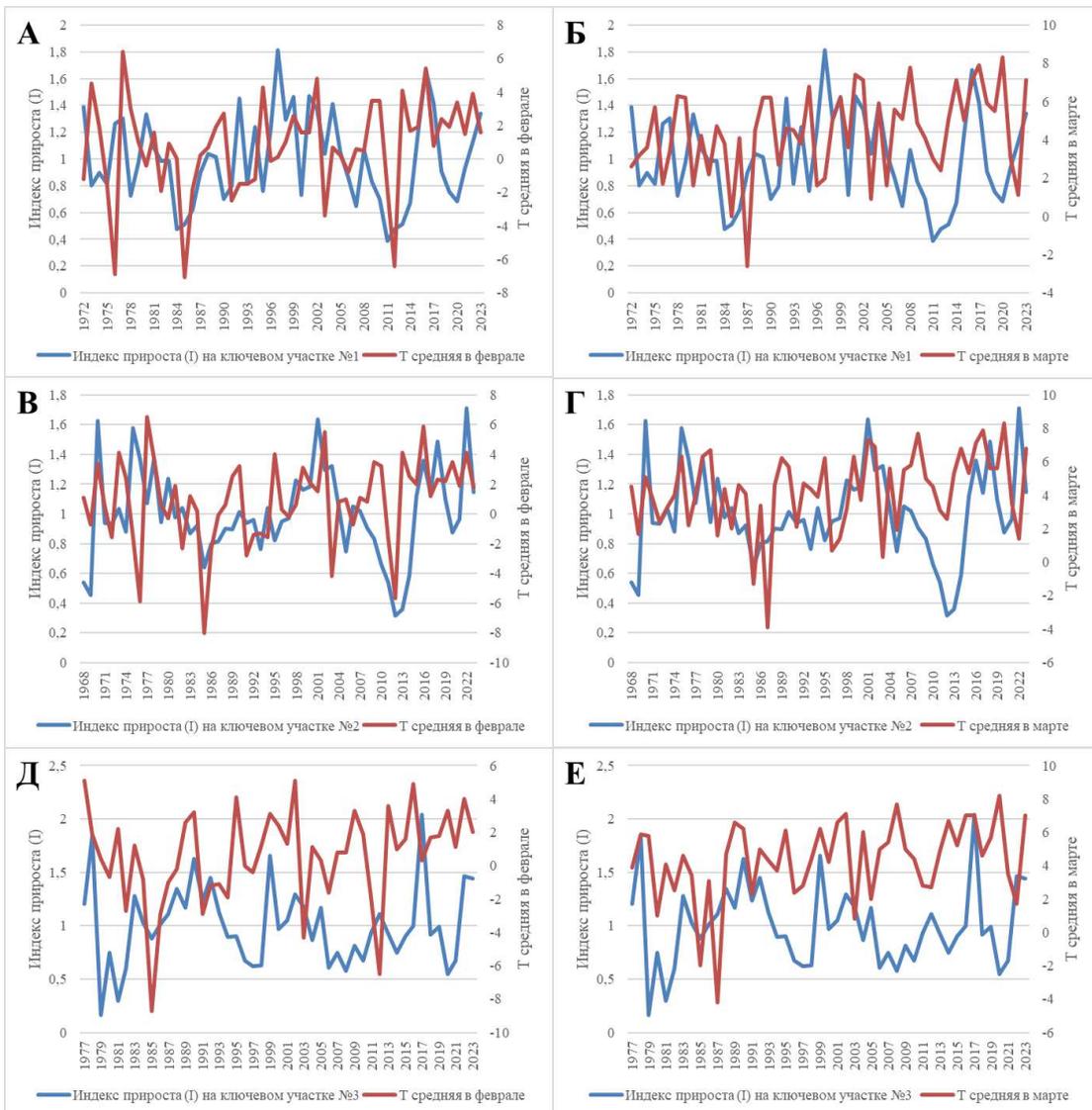


Рис. 10. Изменение индекса прироста (I) и средней температуры воздуха (T): на ключевом участке № 1 с 1972 по 2023 гг. в феврале (А), в марте (Б); на ключевом участке № 2 с 1968 по 2023 гг. в феврале (В), в марте (Г); на ключевом участке № 3 с 1977 по 2023 гг. в феврале (Д), в марте (Е)

Fig. 10. Change in the increment index (I) and average air temperature (T): in key area No. 1 from 1972 to 2023 in February (A), in March (Б); in key area No. 2 from 1968 to 2023 in February (В), in March (Г); in key area No. 3 from 1977 to 2023 in February (Д), in March (Е)

Несмотря на низкое значение коэффициента корреляции между индексом прироста (I) и средней температурой воздуха в марте (максимально 0,19 на ключевом участке № 2) для длительных периодов с конца 1960-х до начала 2020-х гг., для менее продолжительных отрезков времени корреляционная связь значительно выше. Так, например, для ключевого участка № 1 между индексом прироста (I) и средней температурой воздуха в марте (T) за период с 1998 по 2012 гг. коэффициент корреляции равен 0,55, для ключевого участка № 2 между индексом прироста (I) и средней температурой воздуха в марте (T) за период с 2004 по 2012 гг. коэффициент корреляции равен 0,71. Однако, для ключевого участка № 3 для периода с конца 1990-х по начало 2010-х гг. не наблюдается схожих тенденций.

Относительно взаимосвязи между средними температурами других месяцев и индексом прироста (I), можно сказать, что также информативен и апрель (рис. 11), т.к. наряду с февралем коэффициент корреляции между индексом прироста (I) и средней температурой находится примерно в диапазоне 0,1–0,2.

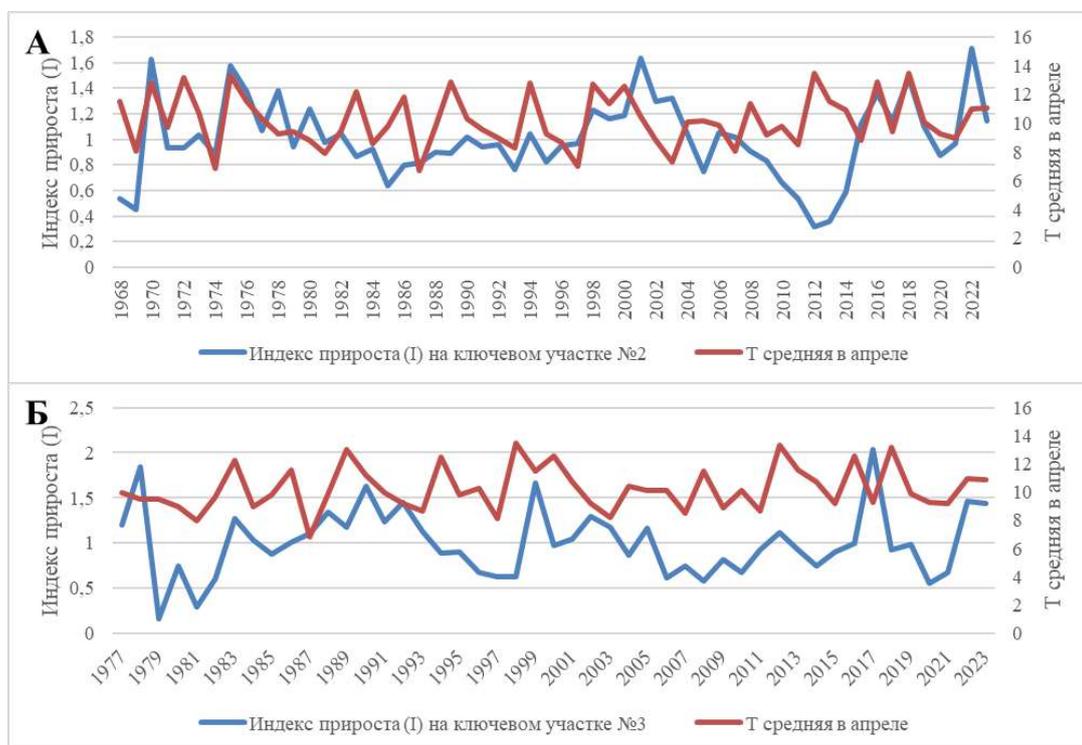


Рис. 11. Изменение индекса прироста (I) и средней температуры воздуха в апреле (T) на ключевых участках: А – № 2 с 1968 по 2023 гг., Б – № 3 с 1977 по 2023 гг.
Fig. 11. Changes in the increment index (I) and average air temperature in April (T) in key areas: А – No. 2 from 1968 to 2023, Б – No. 3 from 1977 to 2023

Для апреля характерно наличие определенных пиковых значений средней температуры, частично совпадающих с пиковыми значениями индекса прироста (I), например, 1970, 1975, 1994, 2016, 2018 гг. для ключевого участка № 2, и 1983, 2012 – для ключевого участка № 3.

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует, что динамика радиального прироста сосны обыкновенной и сосны крымской в Предгорной лесостепи Крыма определяется как внутренними биологическими особенностями деревьев, так и внешними климатическими и биоклиматическими факторами. Полученные дендрохронологические ряды обладают высокой степенью воспроизводимости и синхронности с ранее опубликованными данны-

ми. Установленные для условий Предгорной лесостепи закономерности изменения показателя климатических затрат на почвообразование (Q) в различные климатические периоды, подтверждаются и результатами дендрохронологических исследований, в частности при сравнении изменений показателя Q с изменениями индекса прироста (I). Так, например, снижение средних величин Q (МДж/(м² год⁻¹) в периоды 1975–1984 гг. (926) и 1992–1998 гг. (789) в целом согласуется со снижением индекса прироста (I) (усредненного по трем ключевым участкам) за эти же периоды с 1,01 до 0,99. Более явно выражено снижение индекса прироста (I) в Гренадерском парке с. Аграрное (с 1,14 до 0,96) и Октябрьском лесопарке у с. Пятихатка (с 0,90 до 0,79), но в массиве искусственных насаждений сосны к северо-западу от с. Яблочное напротив выражен рост индекса прироста (I) (с 0,99 до 1,23). Это может быть обусловлено выдвиганием полосы изолиний в диапазоне 1000–1100 МДж/(м² год⁻¹) к северу и северо-востоку Крымского полуострова. Была выявлена статистически значимая зависимость между индексом прироста и коэффициентом биоклиматического потенциала Q , рассчитанным ранее для метеостанции Симферополь. Коэффициенты корреляции между этими параметрами для разных участков составили от 0,33 до 0,58, что указывает на заметное влияние биоклиматических условий на прирост древесины. Коэффициенты корреляции между индексом прироста и температурой по месяцам для длительных периодов были невысокими (до 0,23), однако для отдельных хронозон корреляция достигала значимых значений (например, до 0,71 на участке № 2 (Гренадерский парк с. Аграрное) за 2004–2012 гг.). Это свидетельствует о том, что влияние температуры на прирост древесины носит сложный и не всегда линейный характер, проявляясь сильнее в отдельные годы или сезоны.

Список источников

- Средняя температура и осадки по месяцам и годам: Белогорск (Крым, Россия). Электронный ресурс. URL: <https://www.weatherandclimate.eu/history/33966> (дата обращения: 01.04.2025).
- Средняя температура и осадки по месяцам и годам: Клепинино (Крым, Россия). Электронный ресурс. URL: <https://www.weatherandclimate.eu/history/33939> (дата обращения: 01.04.2025).
- Средняя температура и осадки по месяцам и годам: Симферополь (Крым, Россия). Электронный ресурс. URL: <https://www.weatherandclimate.eu/history/33946> (дата обращения: 01.04.2025).
- Тишин Д.В., Чижикова Н.А. 2018. Дендрохронология. Казань, Казанский университет, 34 с.

Список литературы

- Автономов А.Н., Артемьева Г.Н. 2012. Рост культур сосны обыкновенной на склонах разной экспозиции. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 14(1–8): 1946–1949.
- Бабушкина Е.А., Кнорре А.А., Ваганов Е.А., Брюханова М.В. 2011. Трансформация климатического отклика в радиальном приросте деревьев в зависимости от топоэкологических условий их произрастания. География и природные ресурсы, 1: 159–166.
- Вахнина И.Л. 2011. Анализ динамики ширины годичных колец сосны обыкновенной в условиях Восточного Забайкалья. Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология, 4(3): 13–17.
- Ергина Е.И., Лисецкий Ф.Н., Акулов В.В., Репецкая А.И., Новикова Ю.А. 2012. Дендроклиматические исследования условий произрастания сосны крымской или Палласа – *Pinus pallasiana* D.Don, в Предгорном Крыму. Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География, 25(64(2)): 60–68.
- Зборовская О.В., Коваль И.М., Жуковский О.В. 2014. Радиальный прирост *Pinus sylvestris* L. в насаждениях на моренных и водно-ледниковых песчаных отложениях в Украинском Полесье. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 23(194): 25–34.
- Кузнецова В.В., Чернокульский А.В., Козлов Ф.А., Кухта А.Е. 2020. Связь линейного и радиаль-

- ного прироста сосны обыкновенной с осадками разного генезиса в лесах Керженского заповедника. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 1: 93–102. <https://doi.org/10.31857/S2587556620010124>
- Лисецкий Ф.Н. 2008. Почвообразовательный потенциал лесных насаждений при облесении песков в условиях лесостепи и степи. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 4: 13–20.
- Лисецкий Ф.Н., Митряйкина А.М. 2012. Анализ дендрохронологических и климатических данных для выявления периодичности природных процессов в зоне лесостепи. В мире научных открытий, 2–3(26): 115–136.
- Лисецкий Ф.Н., Польшина М.А. 2022. Климатический сигнал в радиальном приросте древесины *Fraxinus excelsior* L. в условиях степного умеренноконтинентального климата Северо-западного Крыма. В кн.: Цифровые технологии в лесной отрасли. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 19–20 мая 2022. Воронеж, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова: 139–145.
- Лисецкий Ф.Н., Польшина М.А., Буряк Ж.А. 2019. Дендрохронологические и палеопочвенные данные об изменении климата Предгорного Крыма в античную эпоху. В кн.: Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы. Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 03–05 октября 2019. Воронеж, Цифровая полиграфия: 86–89.
- Лисецкий Ф.Н., Калугина С.В., Польшина М.А. 2023. Анализ динамики радиального прироста *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe на разных участках профиля склона. Тимирязевский биологический журнал, 1(1): 59–67. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-1-59-67>
- Лисецкий Ф.Н., Буряк Ж.А., Украинский П.А. 2024. Геоинформационный анализ климатической обусловленности почвообразования на территории Крымского полуострова. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 30(2): 153–170. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2024-2-30-153-170>
- Литовченко Д.А., Шешнищан С.С., Яковенко Н.В. 2025. Динамика радиального прироста и углерододепонирующей способности сосновых насаждений (*Pinus sylvestris* L.) под влиянием рекреационной нагрузки и климатических изменений в условиях лесостепи. Юг России: экология, развитие, 19(4): 164–177. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2024-4-14>
- Матвеев С.М., Тимащук Д.А. 2019. Дендроклиматический анализ 200-летнего древостоя сосны обыкновенной в Воронежском биосферном заповеднике. Лесоведение, 2: 93–104. <https://doi.org/10.1134/S0024114819020074>
- Рыгалова Н.В., Плуталова Т.Г. 2021. Оценка связи NDVI степной растительности и радиального прироста сосны ленточных боров в засушливых условиях Юга Западной Сибири. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 27(2): 355–367. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-2-27-355-367>
- Хамидуллина Г.Г., Исаков Ф.Ф., Кулагин А.А., Зайцев Г.А., Давыдычев А.Н. 2014. Зависимость радиального прироста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) от топоэкологических условий произрастания. Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 1(45): 12–14.
- Antonova G.F., Cherkashin V.P., Stasova V.V., Varaksina T.N. 1995. Daily Dynamics in Xylem Cell Radial Growth of Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.). *Trees*, 10: 24–30. <https://doi.org/10.1007/BF00197776>
- Bogino S., Fernández Nieto M.J., Bravo F. 2009. Climate Effect on Radial Growth of *Pinus Sylvestris* at Its Southern and Western Distribution Limits. *Silva Fennica*, 43(4): 609–623.
- Matskovsky V. 2016. Climatic Signal in Tree-Ring Width Chronologies of Conifers in European Russia. *International journal of climatology*, 36(9): 3398–3406. <https://doi.org/10.1002/joc.4563>
- Zweifel R., Zimmermann L., Zeugin F., Newbery D.M. 2006. Intra-Annual Radial Growth and Water Relations of Trees: Implications Towards a Growth Mechanism. *Journal of experimental botany*, 57(6): 1445–1459. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj125>

References

- Avtonomov A.N., Artemyeva G.N. 2012. Growth of Pine Ordinary Cultures on Slopes of Different Exposition. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 14(1–8): 1946–1949 (in Russian).



- Babushkina E.A., Knorre A.A., Vaganov E.A., Bryukhanova M.V. 2011. Transformation of Climatic Response in Radial Increment of Trees Depending on Topoecological Conditions of their Occurrence. *Geography and Natural Resources*, 32(1): 80–86 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1875372811010148>
- Vakhnina I.L. 2011. Tree-Ring Analysis of Common Pine in East Transbaikalia. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Biology. Ecology*, 4(3): 13–17 (in Russian).
- Ergina E.I., Lisetskiy F.N., Akulow V.V., Repetskaya A.I., Novikova Yu.A. 2012. Dendroclimate Study of Growth Conditions the Crimean Pine in Foothills of Crimea. *Scientific notes of Tauride National V.I. Vernadsky University. Series: Geography Sciences*, 25(64(2)): 60–68 (in Russian).
- Zborovskaya O.V., Koval I.M., Zhukovsky O.V. 2014. Radial Growth of Pinus Sylvestris L. in Stands on Morainal and Fluvioglacial Sand Deposits in Ukrainian Polissya. *Scientific Bulletin of Belgorod State University. Series: Natural Sciences*, 23(194): 25–34 (in Russian).
- Kuznetzova V.V., Chernokulsky A.V., Kozlov F.A., Kukhta A.E. 2020. The Connection between Scots Pine Linear and Radial Increment with Different Genesis' Precipitation in Forests of the Kerzhenskiy Reserve. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 1: 93–102 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2587556620010124>
- Lisetskiy F.N. 2008. Soil-Formation Potential of Forest Stands Under Sands Afforestation in Forest-Steppe and Steppe Environment. *Bulletin of higher educational institutions. Forestry Journal*, 4: 13–20 (in Russian).
- Lisetskii F.N., Mitryaykina A.M. 2012. Analysis of Dendrochronological and Climat Data to Identify the Frequency of Natural Processes in the Zone of Forest-Steppe. In *The World of Scientific Discoveries*, 2–3(26): 115–136 (in Russian).
- Lisetskiy F.N., Polshina M.A. 2022. Climate Signal in the Radial Growth of Wood of Fraxinus Excelsior L. Under the Conditions of the Steppe Moderate-Continental Climate of the North-Western Crimea. In: *Digital Technologies in the Forest Industry. Materials of the All-Russian scientific and practical conference, Voronezh, 19–20 May 2022. Voronezh, Publ. Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov*: 139–145 (in Russian).
- Lisetskiy F.N., Polshina M.A., Buryak Zh.A. 2019. Dendrokronologicheskiye i paleopochvennyye dannyye ob izmenenii klimata Predgornogo Kryma v antichnuyu epokhu [Dendrochronological and Paleosoil Data on Climate Change in the Crimean Foothills in the Ancient Era]. In: *Globalnyye klimaticheskkiye izmeneniya: regionalnyye efekty, modeli, prognozy [Global Climate Changes: Regional Effects, Models, Forecasts]. Materials of the international scientific and practical conference, Voronezh, 3–5 October 2019. Voronezh, Publ. Digital Printing*: 86–89.
- Lisetskii F.N., Kalugina S.V., Polshina M.A. 2023. Analysis of Radial Growth Dynamics of Pinus Nigra Subsp. Pallasiana (Lamb.) Holmboe in Different Parts of the Slope Profile. *Timiryazev Biological Journal*, 1(1): 59–67 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-1-59-67>
- Lisetskii F.N., Buryak Zh.A., Ukrainskiy P.A. 2024. Geoinformation Analysis of Climatic Conditionality of Soil Formation in the Territory of the Crimea Peninsula. *InterCarto. InterGIS*, 30(2): 153–170 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2024-2-30-153-170>
- Litovchenko D.A., Sheshnitsan S.S., Yakovenko N.V. 2025. Dynamics of Radial Increment and Carbon Sequestration of Pine Forests (Pinus Sylvestris L.) Affected by Recreational Stress and Climate Change in the Forest Steppe, Voronezh Region, Russia. *South of Russia: ecology, development*, 19(4): 164–177 (in Russian). <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2024-4-14>
- Matveev S.M., Timashchuk D.A. 2019. Dendroclimatic Assessment of a 200-Year-Old Scots Pine Stand in the Voronezh Biosphere Reserve. *Contemporary problems of ecology*, 12(7): 682–691 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1995425519070096>
- Rygalova N.V., Plutalova T.G. 2021. Estimation of the Relation of NDVI Steppe Vegetation and Radial Growth of Pine Belt Forests in Arid Conditions of the South of Western Siberia. *InterCarto. InterGIS*, 27(2): 355–367 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-2-27-355-367>
- Khamidullina G.G., Iskhakov F.F., Kulagin A.A., Zaitsev G.A., Davydychev A.N. 2014. Dependence of Scots Pine Radial Increment (Pinus Sylvestris L.) on Topoecological Growth Conditions. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 1(45): 12–14 (in Russian).
- Antonova G.F., Cherkashin V.P., Stasova V.V., Varaksina T.N. 1995. Daily Dynamics in Xylem Cell Radial



- Growth of Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.). *Trees*, 10: 24–30. <https://doi.org/10.1007/BF00197776>
- Bogino S., Fernández Nieto M.J., Bravo F. 2009. Climate Effect on Radial Growth of *Pinus Sylvestris* at Its Southern and Western Distribution Limits. *Silva Fennica*, 43(4): 609–623.
- Matskovsky V. 2016. Climatic Signal in Tree-Ring Width Chronologies of Conifers in European Russia. *International journal of climatology*, 36(9): 3398–3406. <https://doi.org/10.1002/joc.4563>
- Zweifel R., Zimmermann L., Zeugin F., Newbery D.M. 2006. Intra-Annual Radial Growth and Water Relations of Trees: Implications Towards a Growth Mechanism. *Journal of experimental botany*, 57(6): 1445–1459. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj125>

Поступила в редакцию 29.07.2025;
поступила после рецензирования 23.08.2025;
принята к публикации 09.09.2025

Received July 29, 2025;
Revised August 23, 2025;
Accepted September 09, 2025

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Полетаев Арсений Олегович, кандидат географических наук, инженер отдела нормирования источников загрязнения воздуха Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Arseniy O. Poletaev, Candidate of Geographical Sciences, Engineer of the Department for Air Pollution Sources Standardization of the Federal Regional Center for Aerospace and Ground Monitoring of Objects and Natural Resources, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



УДК 550.8.05
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-3
EDN CMZTFD

Динамика парниковых газов и индикаторов цикла азота на плантациях масличной пальмы в долине реки СIMITARRA

Мартинес В.Д.С.

РГГМУ Российский Государственный Гидрометеорологический Университет
Россия, 192007, Санкт-Петербург, Воронежская улица, 79
wdseguram@gmail.com

Аннотация. В статье представлена многолетняя оценка динамики газообмена в плантациях африканской масличной пальмы (*Elaeis guineensis*) с применением биогеохимической модели DNDC в Крестьянской заповедной зоне долины реки СIMITARRA (Колумбия) за 2015, 2018 и 2023 годы. Смоделированы потоки основных парниковых газов (CO_2 , CH_4 и N_2O), а также газов-индикаторов почвенных процессов (NH_3 , NO и N_2), отражающих нитрификацию, денитрификацию и улетучивание азота. Результаты показывают различное поведение газов: снижение выбросов CO_2 и N_2O , отрицательные значения для CH_4 , что указывает на функцию плантаций как поглотителя метана, а также умеренные колебания NH_3 , NO и N_2 как индикаторов процессов трансформации азота. Выявлена связь между агротехническими практиками, климатическими условиями и динамикой почвенных процессов. Полученные данные подтверждают возможность использования модели DNDC как инструмента для мониторинга парниковых газов и диагностики процессов разложения и денитрификации в тропических агроэкосистемах, что способствует разработке дифференцированных стратегий смягчения последствий изменения климата.

Ключевые слова: модель DNDC, парниковые газы, индикаторы цикла азота, африканская масличная пальма, Колумбия

Для цитирования: Мартинес В.Д.С. 2026. Динамика парниковых газов и индикаторов цикла азота на плантациях масличной пальмы в долине реки СIMITARRA. Региональные геосистемы, 50(1): 33–46. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-3 EDN: CMZTFD

Dynamics of Greenhouse Gases and Nitrogen Cycle Indicators in Oil Palm Plantations in the Cimitarra River Valley

William D.S. Martínez

RSHU Russian State Hydrometeorological University
79 Voronezhskaya Str., St. Petersburg, 192007, Russia
wdseguram@gmail.com

Abstract. This article presents a multi-year assessment of gas flux dynamics in African oil palm (*Elaeis guineensis*) plantations using the biogeochemical DNDC model in the Peasant Reserve Zone of the Cimitarra River Valley (Colombia) for the years 2015, 2018, and 2023. The model simulated the fluxes of the main greenhouse gases (CO_2 , CH_4 , and N_2O), as well as process-indicator gases (NH_3 , NO , and N_2), which reflect soil processes such as nitrification, denitrification, and nitrogen volatilization. The results reveal differentiated behaviors: decreases in CO_2 and N_2O emissions, negative values for CH_4 indicating a sink function under oil palm plantations, and moderate fluctuations in NH_3 , NO , and N_2 as indicators of nitrogen transformation processes. The findings highlight the influence of agricultural management practices and climatic variability on gas fluxes. Overall, the results confirm the applicability of the DNDC

© Мартинес В.Д.С., 2026

model as a tool not only for greenhouse gas monitoring but also for diagnosing key soil processes in tropical agroecosystems, thereby supporting the design of differentiated climate mitigation strategies.

Keywords: DNDC model, greenhouse gases, nitrogen cycle indicators, African oil palm, Colombia

For citation: Martínez W.D.S. 2026. Dynamics of Greenhouse Gases and Nitrogen Cycle Indicators in Oil Palm Plantations in the Cimitarra River Valley. *Regional Geosystems*, 50(1): 33–46. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-3 EDN: CMZTFD

Введение

Выбросы парниковых газов (ПГ) в сельскохозяйственном секторе включают значительную долю глобальных антропогенных выбросов, составляя от 24 % до 34 % при рассмотрении всех этапов продовольственной системы [Niles et al., 2018; Crippa et al., 2021]. В частности, африканские масличные пальмовые культуры (*Elaeis guineensis*), были определены как важный источник выбросов из-за интенсивного использования азотных удобрений, изменения в землепользовании и ускоренной минерализации органического углерода в почве [Guillaume et al., 2015; Quezada et al., 2019; Pérez-Hernández, Pérez-Sato, 2023]. В Колумбии выращивание масличной пальмы продвигается как стратегия развития сельских районов, однако различные исследования показали, что это связано с процессами обезлесения, утратой биоразнообразия, уплотнением почвы и чистыми выбросами CO₂ [Castiblanco et al., 2015; Furumo, Aide, 2017; Gutiérrez Palacio, 2017].

В тропических регионах, таких как Средняя Магдалена, где расположена Крестьянская заповедная зона долины реки СIMITARRA, эта проблема приобретает особую актуальность. Неоднородность климата, давление на влажные экосистемы и сосуществование агропромышленных и фермерских систем требуют инструментов для количественной оценки и мониторинга выбросов с течением времени [Kiese et al., 2005; Gilhespy et al., 2014; Rivera-Méndez et al., 2017]. Аналогичным образом, мониторинг изменений в почвенном покрове и землепользовании является ключевым для разработки стратегий экологической устойчивости и укрепления социальной структуры крестьян, населяющих регион.

В этом контексте биогеохимическая модель *DNDC* (денитрификация-декомпозиция) зарекомендовала себя как надежный инструмент для моделирования потоков CO₂, CH₄ и N₂O, основных парниковых газов, а также NH₃, NO и N₂, которые не считаются парниковыми газами, но которые работают в качестве индикаторов процессов нитрификации, денитрификации и улетучивания в сельскохозяйственных почвах. Структура модели *DNDC* объединяет климатические, эдафологические и сельскохозяйственные данные [Li et al., 2012; Rincón-Romero et al., 2022; Swails et al., 2022].

Цель этой статьи – оценить многолетнюю динамику выбросов газов на плантациях африканских масличных пальм в Крестьянской заповедной зоне долины реки СIMITARRA в период 2015–2023 гг., применив модель *DNDC* и определив годовые изменения в величине и поведении каждого газа.

Объекты и методы исследования

Зона исследования. Территория Крестьянской заповедной зоны долины реки СIMITARRA расположена в колумбийском регионе Медико-Магдалена и занимает площадь около 570 197 га, распределенных между муниципалитетами Йондо и Ремедиос (Антиокия), а также Кантагальо и Сан-Пабло (Боливар). Этот регион характеризуется большим экологическим и продуктивным разнообразием, включая районы тропических влажных лесов, водно-болотные угодья и почвы с высоким плодородием, а также плотную гидрографическую сеть, в которой преобладает река СIMITARRA [Aranda-Arguello et al.,

2018]. В этих условиях масличные пальмовые культуры развиваются на преимущественно глинистых и кислых почвах с годовым количеством осадков от 2500 до 3500 мм и средними температурами выше 25 °С [Lal, 2004; Khasanah et al., 2015].

Выбор продуктивных зон. На основе карты покрытия *IDEAM* (2024 г.) было выбрано 44 сельскохозяйственных полигона, соответствующих покрытию «2.3.2 Пальмовое масло», общей площадью 14 380 га [IDEAM, 2024]. Следует отметить, что африканские масличные пальмовые культуры расположены на восточной окраине исследуемой территории между реками СIMITАРРА и Магдалена, на относительно равнинных территориях и с наличием различных водоемов (рис. 1).



Рис. 1. Расположение плантаций африканской масличной пальмы в Крестьянской заповедной зоне долины реки СIMITАРРА

Fig. 1. Location of African oil palm crops in the Cimitarra Valley Peasant Conservation Area

Применение модели DNDC. Модель *DNDC* была запущена по данным за 2015, 2018 и 2023 годы. Были введены климатические данные с двух метеорологических станций, принадлежащих Институту гидрологии, метеорологии и экологических исследований Колумбии-*IDEAM* (табл. 1). По данным предоставленными этими метеорологическими станциями, была получена информация об осадках (мм), максимальной и минимальной температурах (°С). За исследуемый период времени была определена взаимосвязь между каждым идентифицированным полигоном с возделываемыми культурами африканской масличной пальмы.

Таблица 1
Table 1

Просмотренные метеостанции
Viewed weather stations

Название Метеостанций	Муниципалитет	Код IDEAM	Широта	Долгота
Йондо	Йондо, Антиокия	23160010	7,089	-73,944
Эль Колехио	Сан-Пабло, Боливар	23200080	7,011	-74,714

Чтобы определить физико-химические свойства почвы (гранулометрический состав, рН, содержание органических веществ и процентное содержание глины) в исследуемой зоне, было проведено пересечение центраида многоугольника со слоями с помощью *ArcMap* и пакета «Инструменты пространственного анализа» из данных исследования почв Института Агустина Кодаци для интересующей области, в которой известны: гранулометрический состав, значение рН и содержания органического вещества (рис. 2–4). После этого был проведен обзор литературы, с помощью которого были определены исходные значения процентного содержания глины и насыпной (почвенной) плотности (г/см^3) для исходных центраидов сельскохозяйственных культур.

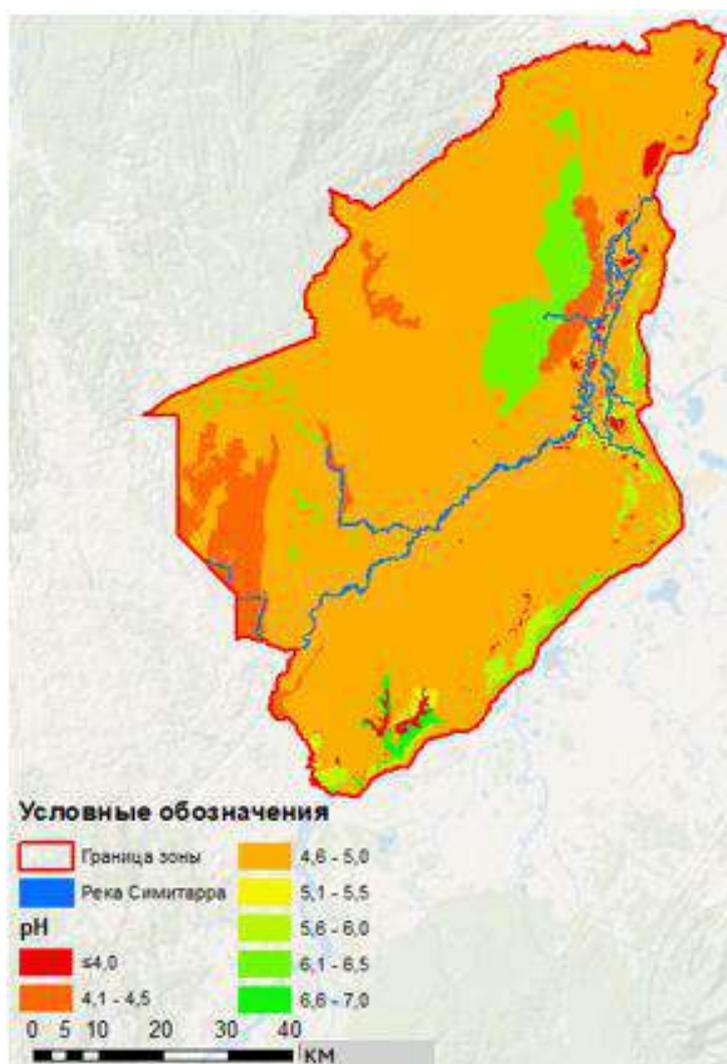


Рис. 2. рН почвы в Крестьянской заповедной зоне долины реки Симитарра
Fig. 2. Soil pH in the Peasant Reserve Zone of the Cimitarra River Valley

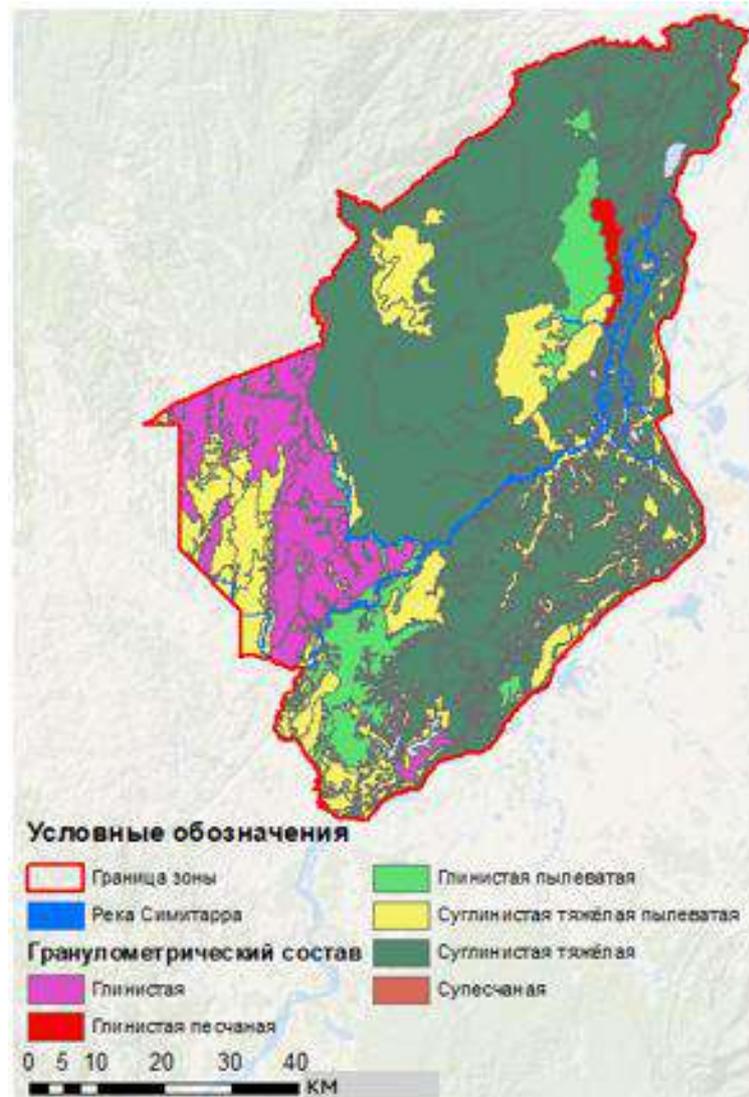


Рис. 3. Гранулометрический состав почвы в Крестьянской заповедной зоне долины реки Сими́тарра
Fig. 3. Soil texture in the Peasant Reserve Zone of the Cimitarra River Valley

Были использованы параметры модели *DNDC*, ранее откалиброванные для тропических условий: содержание влаги в почве, скорость разложения органических остатков, эффективность процессов нитрификации/денитрификации и микробное дыхание почвы [Li et al., 2012, Swails et al., 2022]. Методы ведения сельского хозяйства включали частоту внесения удобрений, органических удобрений и обработку почвы с использованием значений, полученных из специальной литературы по пальмовому маслу [Rincón-Romero, 2022; Pérez-Hernández, 2023;].

Для каждого из продуктивных полигонов были смоделированы ежегодные выбросы трех основных парниковых газов (CO_2 , CH_4 и N_2O), а также показатели процессов декомпозиции и денитрификации (NH_3 , NO и N_2). Полученные значения были усреднены для анализа межгодовой динамики на полигонах, соответствующих плантациям африканской масличной пальмы. Результаты представлены в следующих единицах измерения: $\text{кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$.

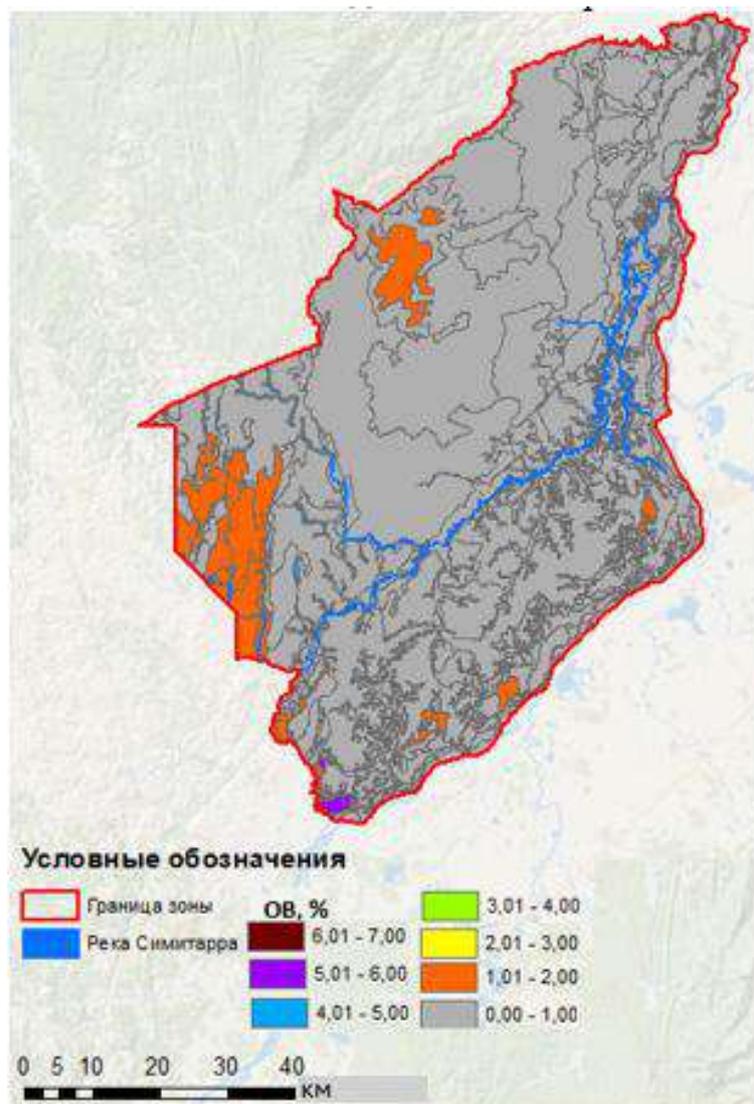


Рис. 4. Содержание органического вещества (ОВ) в почвах в Крестьянской заповедной зоне долины реки Симицарра

Fig. 3. Content of organic matter (OM) in soils in the Peasant Reserve Zone of the Cimitarra River Valley

Результаты и их обсуждение

Динамика выбросов парниковых газов (CO_2 , CH_4 и N_2O).

Динамика выбросов CO_2 . В 2015 году средние выбросы CO_2 из почвы составили $775,6 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ при стандартном отклонении $17,9 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что указывает на относительно низкую вариабельность между отобранными точками. Максимальное зарегистрированное значение составило $838 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, тогда как минимальное $746 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что свидетельствует об однородном распределении с небольшими вариациями.

К 2018 году средние выбросы CO_2 снизились до $752,4 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что примерно на 3 % меньше, чем в 2015 году. Однако этот год характеризовался большей дисперсией значений со стандартным отклонением $37,4 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$. Минимальное значение упало до $689 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, а максимальное до $800 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$. Эта повышенная изменчивость содержания углекислого газа объясняется специфическими агроклиматическими условиями исследуемой территории или изменениями типа почвенного покрова и методов ведения сельского хозяйства в исследуемый период [Ramírez-Contreras et al., 2020].

В 2023 году наблюдается восстановление средних значений выбросов, достигающих $769,6 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, с меньшей изменчивостью (стандартное отклонение $10,7 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$), что указывает на стабилизацию выбросов. Максимальное значение было $813 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, а минимальное $756 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ (рис. 4). Это может отразиться на ухудшении биофизических условий почвы и увеличении содержания летучих питательных веществ в системе [Abdalla et al., 2022].

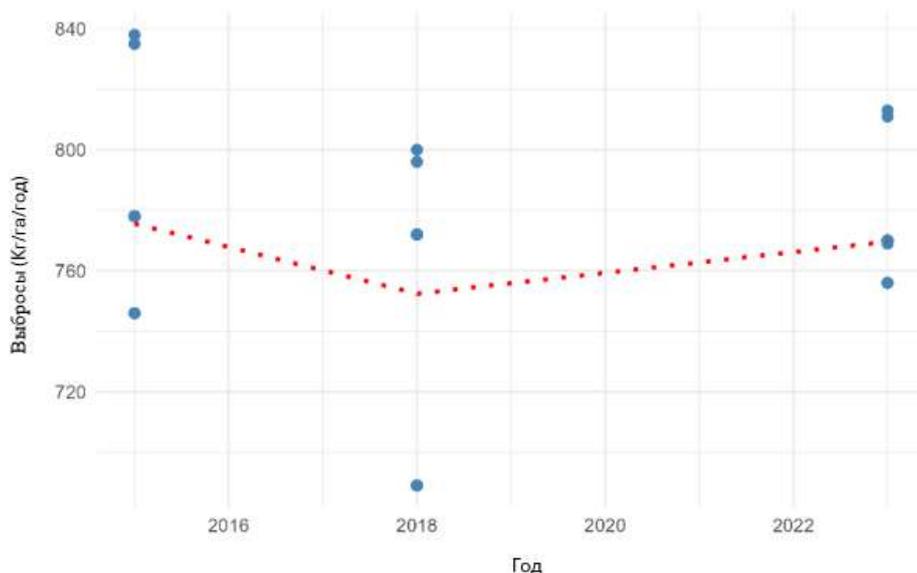


Рис. 4. Динамика выбросов CO_2 ($\text{кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$)
Fig. 4. Dynamics of CO_2 emissions ($\text{kg} \times \text{ha}^{-1} \times \text{year}^{-1}$)

Динамика выбросов CH_4 . Выбросы метана (CH_4), выраженные в $\text{кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ и оцененные с помощью модели *DNDC*, оставались отрицательными в течение трех проанализированных периодов: 2015, 2018 и 2023 годов. Это говорит о том, что пальмовые культуры в Крестьянской заповедной зоне долины реки Симитарра функционировали как чистые поглотители CH_4 , а не источники CH_4 , что можно объяснить относительно хорошими условиями дренажа и ограниченным насыщением почвы водой.

В 2015 году среднее значение CH_4 составляло $-1,541 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ при стандартном отклонении $0,072 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$. Достигнутое максимальное значение составило $-1,25 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, а минимальное $-1,57 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$. Эти значения указывают на относительную однородность выбросов с небольшими вариациями, возможно, на это повлияли различия в гранулометрическом составе почвы.

В 2018 году было зарегистрировано небольшое среднегодовое снижение до $-1,583 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, а также небольшое увеличение дисперсии (стандартное отклонение $0,075 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$). Значения варьировались от $-1,29$ до $-1,62 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ при сохранении поглотительного поведения. Это сокращение может быть связано с повышенной аэрацией почвы или корректировками в управлении ирригацией и дренажом, которые уменьшили благоприятные условия для метаногенеза.

В 2023 году средние выбросы немного увеличились до $-1,559 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, а стандартное отклонение снизилось до $0,053 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что указывает на более стабильное поведение продуктивного ландшафта. Диапазон выбросов оставался узким, от $-1,32$ до $-1,57 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что подтверждает гипотезу об отсутствии интенсивных бескислородных условий на почвах, обрабатываемых пальмовыми культурами (рис. 5).

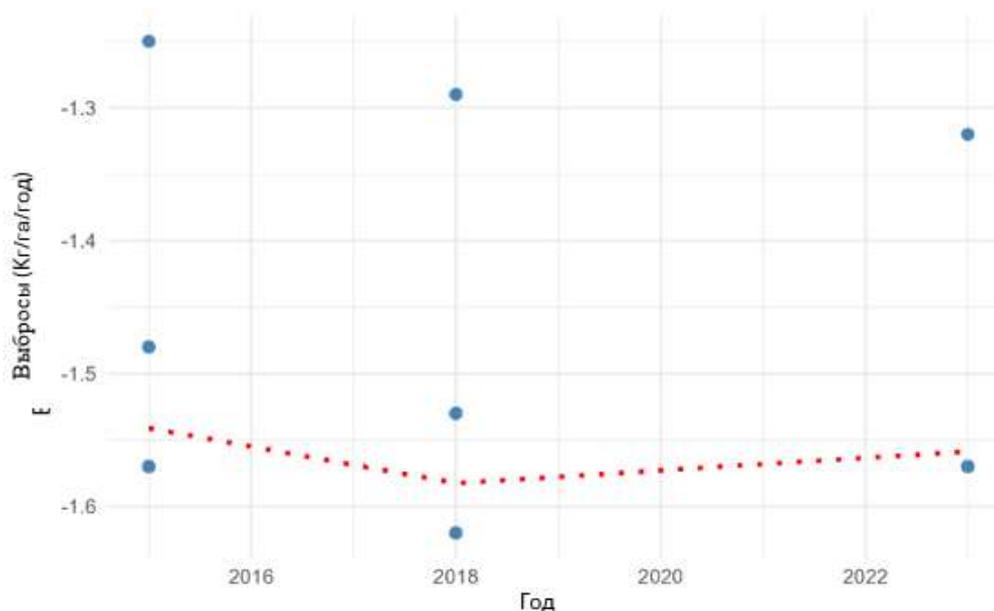


Рис. 5. Динамика выбросов CH_4 ($\text{кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$)
Fig. 5. Dynamics of CH_4 emissions ($\text{kg} \times \text{ha}^{-1} \times \text{year}^{-1}$)

Динамика выбросов N_2O . Результаты моделирования выбросов N_2O за исследуемые годы показали относительную стабильность, но при этом отмечается высокая внутренняя изменчивость, о чем свидетельствуют величины стандартного отклонения и достигнутые максимальные значения. Эта изменчивость указывает на сильное воздействие таких факторов, как тип внесения удобрений, влажность почвы и гранулометрический состав, которые напрямую влияют на процессы нитрификации и денитрификации, ответственные за образование N_2O .

В 2015 году среднее значение составляло $6,25 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ со стандартным отклонением $3,60 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что свидетельствует об умеренной дисперсии. Максимальное значение достигло $22,76 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, в то время как минимальное составило $5,33 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, указывает на то, что в некоторых районах территории сложились очень благоприятные условия для образования закиси азота, возможно, связанные с избытком азота или локальным насыщением водой.

В 2018 году среднее значение немного снизилось до $5,36 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, сопровождаемое стандартным отклонением $3,38 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что почти равно показателю 2015 года. Это подтверждает идею высокой пространственной неоднородности. В этом году минимальное значение выбросов этого газа составило $4,28 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, а максимальное значение $20,67 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что очень близко к крайним значениям за базовый год. Можно предположить, что, не смотря на снижение среднего значения, районы с самыми высокими выбросами оставались активными.

За 2023 год наблюдался рост в среднем на $6,08 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, со стандартным отклонением меньше чем $3,02 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что может свидетельствовать о стабилизации умеренной системы, хотя существуют еще точки (участки) с высоким уровнем выбросов (до $20,05 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$). Более низкая дисперсия в этом году может быть связана с лучшим распределением применяемого азота или более однородными эдафоклиматическими условиями на смоделированных участках выращивания (рис. 6).

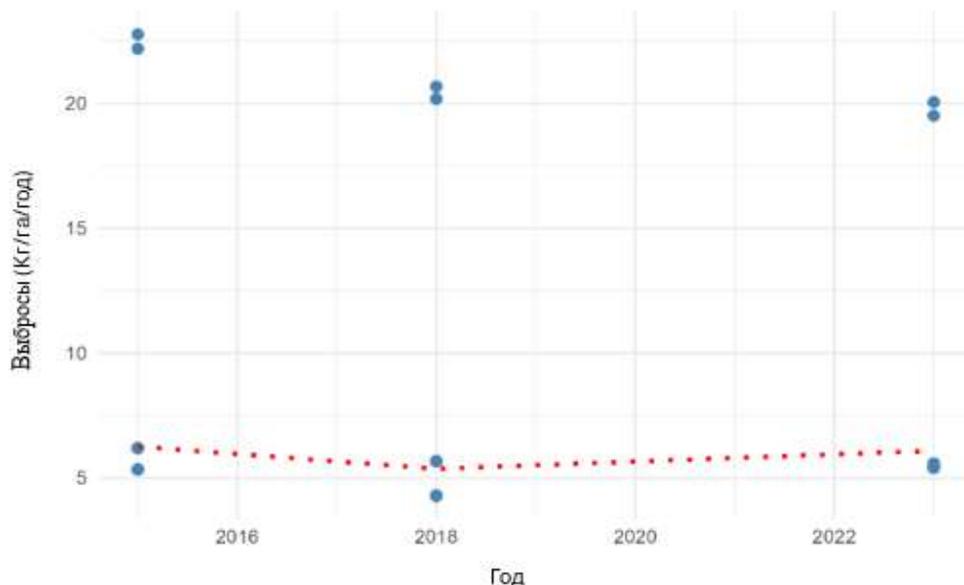


Рис. 6. Динамика выбросов N_2O ($кг \times га^{-1} \times год^{-1}$)
Fig. 6. Dynamics of N_2O emissions ($kg \times ha^{-1} \times year^{-1}$)

Динамика выбросов газов (NH_3 , NO и N_2)

Динамика выбросов NH_3 . В 2015 году средняя концентрация NH_3 составляла $88,67 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ при стандартном отклонении $9,78 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что указывает на относительно однородное распределение. Достигнутое максимальное значение составило $127,46 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, а минимальное – $83,94 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что отражает некоторую пространственную изменчивость, хотя и без соответствующих нетипичных экстремумов. Пространственное распределение за этот год показывает более высокую концентрацию значений в диапазоне от среднего до высокого.

В 2018 году было отмечено снижение выбросов до $79,38 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что представляет собой сокращение более $9 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ по отношению к 2015 году. Несмотря на уменьшение общего показателя, максимальные значения продолжали оставаться на высоком уровне ($114,67 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$), а минимальные опустились на $73,28 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, где стандартное отклонение незначительно возросло на $9,99 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, с указанием большего разброса данных. Такое поведение может быть связано с изменениями в управлении сельским хозяйством или с климатическими факторами, которые повлияли на цикл улетучивания аммиака.

В 2023 году среднее значение снова увеличилось до $84,18 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, частично восстановив снижение, наблюдавшееся в 2018 году. Однако отмечается значительное уменьшение стандартного отклонения ($2,21 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$), что свидетельствует о гораздо более однородном распределении концентраций. Экстремальные значения оставались в аналогичных диапазонах: максимум $95,57 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ и минимум $83,09 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что отражает меньшую пространственную изменчивость по сравнению с предыдущими годами (рис. 9).

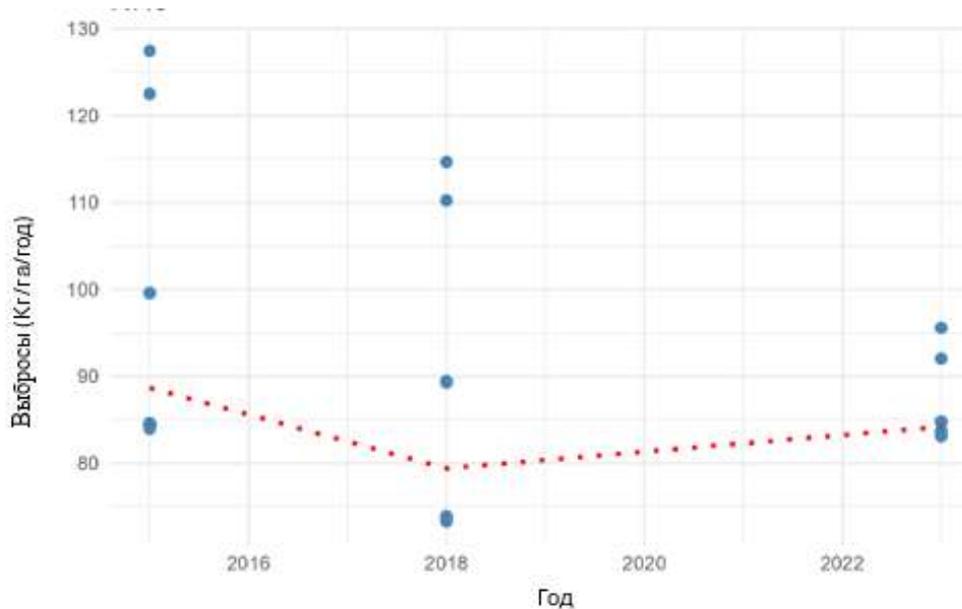


Рис. 8. Динамика выбросов NH_3 ($\text{кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$)
Fig. 8. Dynamics of NH_3 emissions ($\text{kg} \times \text{ha}^{-1} \times \text{year}^{-1}$)

Динамика выбросов NO . Выбросы оксида азота NO показали относительную стабильность в своих средних значениях в период с 2015 по 2023 годы с небольшими колебаниями и равномерным поведением в их пространственном распределении. Эти выбросы, хотя и меньшие по величине по сравнению с выбросами N_2O или CH_4 , но составляют значительную долю азотного цикла в сельскохозяйственных почвах, особенно в тропических экосистемах, где тепловые условия благоприятствуют микробным процессам.

В течение 2015 года среднее значение выбросов составляло $0,196 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ при стандартном отклонении $0,051 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$. Выбросы колебались от $0,051$ до $0,426 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, демонстрируя умеренную дисперсию. Эти цифры показывают районы с возможным избытком минерального азота или с условиями влажности, близкими к насыщению, что способствует неполной нитрификации и выделению NO в качестве побочного продукта.

В 2018 году среднее значение выбросов было немного увеличено до $0,207 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, хотя и с меньшей дисперсией (стандартное отклонение $0,035 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$). Максимальное зарегистрированное значение составило $0,360 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, а минимальное – $0,179 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что демонстрирует меньшую изменчивость по сравнению с базовым годом. Это может быть связано с большей равномерностью обработки почвы и внесения азотных удобрений.

К 2023 году выбросы немного снизились до $0,191 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ со стандартным отклонением $0,051 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, как и в 2015 году. Диапазон оставался стабильным, с минимальными значениями от $0,175$ и до $0,422 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$. Такое поведение свидетельствует о том, что почвенные и климатические условия региона не привели к резким изменениям в процессе производства NO , а факторы, контролирующие его выбросы (такие как тип удобрений и аэрация почвы), остались неизменными или лучше контролировались (рис. 7).

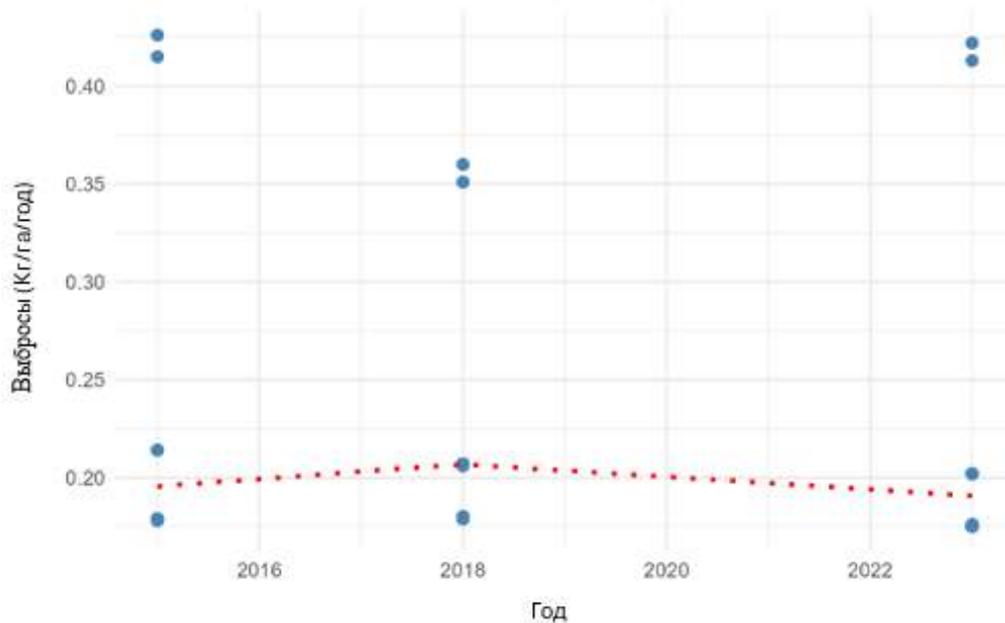


Рис. 7. Динамика выбросов NO ($\text{кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$)
Fig. 7. Dynamics of NO emissions ($\text{kg} \times \text{ha}^{-1} \times \text{year}^{-1}$)

Динамика выбросов N_2 . В течение анализируемого периода с 2015 по 2023 годы средние выбросы N_2 , смоделированные с помощью *DNDC*, на масличных пальмовых культурах в Крестьянской заповедной зоне долины реки Симитарра показали небольшую годовую изменчивость.

В 2015 году среднее значение составляло $0,061 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, увеличившись до $0,070 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ в 2018 году и немного снизившись до $0,055 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ в 2023 году. Эта тенденция предполагает сдержанное колебание N_2 с небольшим увеличением к середине периода и последующим снижением. Что касается разброса, то следует отметить, что минимальное значение, зарегистрированное в 2015 году, составило $0,042 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, в то время как максимальное значение достигло $0,257 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что свидетельствует о высоком разбросе между участками.

В 2018 году диапазон выбросов был шире от $0,057 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ до $0,336 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что также нашло отражение в увеличении стандартного отклонения (с $0,042$ в 2015 году до $0,057 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ в 2018 году), что указывает на большую пространственную неоднородность.

Наконец, в 2023 году выбросы стабилизировались на промежуточных значениях с минимумом $0,044 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ и максимумом $0,267 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ и стандартным отклонением $0,045 \text{ кг} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$, что указывает на небольшое снижение изменчивости по сравнению с 2018 годом (рис. 8).

В целом, сравнивая средние показатели по выращиванию африканской масличной пальмы в исследуемом районе, можно сказать, что в период с 2015 по 2023 годы произошло снижение на 0,76 % для CO_2 , на 2,62 % для N_2O , на 2,43 % для NO, на 10 % для N_2 и 5,06 % для NH_3 . Поскольку выращивание пальмы требует больших объемов воды, увеличение отрицательного значения CH_4 на 1,14 % указывает на то, что оно действует как чистый поглотитель CH_4 в регионе.

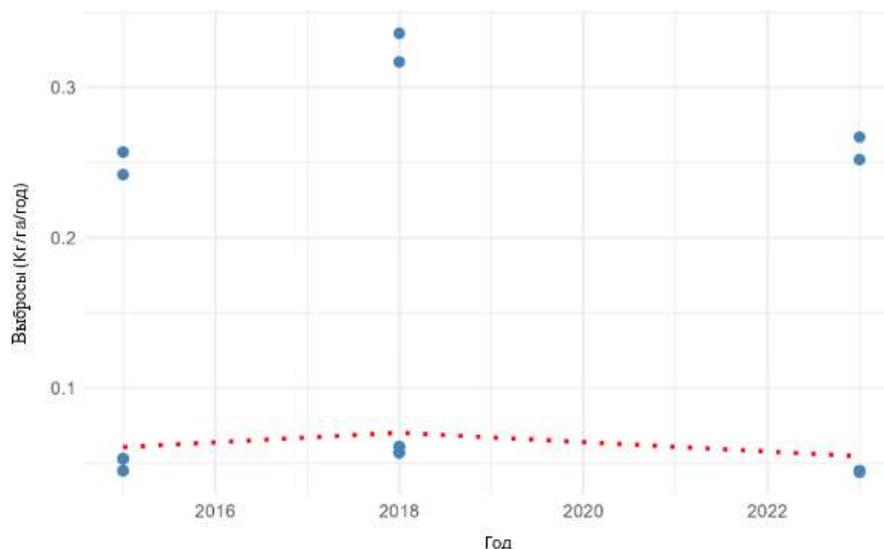


Рис. 8. Динамика выбросов N_2 ($kg \times ha^{-1} \times год^{-1}$)
Fig. 8. Dynamics of N_2 emissions ($kg \times ha^{-1} \times year^{-1}$)

Явление, указывающее на ограниченное насыщение почвы водой, не смотря на то, что плантации находятся в непосредственной близости от водоемов и в районах, которые ранее были водно-болотными угодьями, может привести к уменьшению количества существующих водоемов из-за интенсификации возделывания этой культуры.

Заключение

Модель *DNDC* подтвердила свою пригодность для оценки многолетней динамики выбросов в тропических агроэкосистемах и продемонстрировала чувствительность к изменениям климатических, агрономических и почвенных условий.

Анализ динамики основных парниковых газов (CO_2 , CH_4 и N_2O) показал:

- Для CO_2 характерно постепенное восстановление после снижения в 2018 г., что указывает на высокую чувствительность углеродного цикла к изменениям в управлении плантациями. Это может отразиться на ухудшении биофизических условий почвы и увеличении содержания летучих питательных веществ в системе.

- Постепенное увеличение содержания CO_2 свидетельствует о снижении способности улавливать углерод, что объясняется интенсификацией сельского хозяйства и потерей вторичного растительного покрова.

- CH_4 за весь период исследования имел отрицательные значения, что свидетельствует о том, что плантации функционируют как чистый поглотитель метана, вероятно, благодаря условиям аэрации почвы и процессу дренажа, необходимого для производства этого типа плантаций.

- Выбросы N_2O оставались относительно стабильными, но с высокой пространственной вариабельностью, что связано с режимом использования удобрений.

Дополнительно были рассмотрены газы NH_3 , NO и N_2 , которые не относятся к парниковым, но являются важными индикаторами процессов денитрификации и декомпозиции:

- Динамика NH_3 указывает на заметные изменения в улетучивании аммиака, отражающие как агротехнические практики, так и климатические факторы.

- Выбросы NO оставались на низком уровне и демонстрировали ограниченные колебания, что свидетельствует о контролируемом ходе процессов нитрификации.

- N₂ показал умеренные межгодовые изменения, связанные с завершённой денитрификацией.

Таким образом, результаты исследования подчеркивают необходимость различать парниковые газы и индикаторы процессов для интерпретации данных моделирования.

Результаты согласуются с исследованиями, проведенными в других тропических регионах, таких как Мета, колумбийское Чоко и бразильская Амазонка, где выращивание пальм привело к значительным климатическим последствиям из-за изменений в землепользовании и интенсивного агрохимического управления.

Реализация модели *DNDC* подтверждена как воспроизводимый инструмент с чувствительностью к изменениям климатических, агрономических и эдафических свойств.

Сделан вывод о том, что модель *DNDC* может использоваться не только для мониторинга выбросов парниковых газов, но и для диагностики ключевых почвенных процессов (нитрификация, денитрификация, улетучивание азота). Это позволяет рекомендовать ее в качестве технического инструмента в стратегиях смягчения последствий изменения климата и в планах устойчивого развития сельских территорий.

References

- Abdalla M., Song X., Ju X., Smith P. 2022. Evaluation of DNDC to Estimate Soil Parameters, Crop Yield and Nitrous Oxide Emissions for Alternative Long-Term Multi-Cropping Systems in the North China Plain. *Agronomy*, 12(1): 109. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010109>.
- Aranda-Arguello R., Ley-de Coss A., Arce-Espino C., Pinto-Ruiz R., Guevara-Hernández F., Raj-Aryal D. 2018. Captura de Carbono en la Biomasa Aérea de la Palma de Aceite en Chiapas. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3): 629–637. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.32076>.
- Castiblanco C., Etter A., Ramirez A. 2015. Impacts of Oil Palm Expansion in Colombia: What do Socioeconomic Indicators Show? *Land Use Policy*, 44: 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.10.007>.
- Crippa M., Solazzo E., Guizzardi D., Monforti-Ferrario F., Tubiello F.N., Leip A. 2021. Food Systems are Responsible for a Third of Global Anthropogenic GHG Emissions. *Nature Food*, 2(3): 198–209. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>.
- Furumo P.R., Aide T.M. 2017. Characterizing Commercial Oil Palm Expansion in Latin America: Land Use Change and Trade. *Environmental Research Letters*, 12(2): 024008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5892>.
- Gilhespy S.L., Anthony S., Cardenas L., Chadwick D., del Prado A., ... Yeluripati J.B. 2014. First 20 years of DNDC (DeNitrification-DeComposition): Model Evolution. *Ecological Modelling*, 292: 51–62. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.09.004>.
- Gutiérrez Palacio G.N. 2017. Efecto Del Cultivo de Palma de Aceite Sobre Las Propiedades Físicas Del Suelo. *Lámpsakos*, 17: 20–28. <https://doi.org/10.21501/21454086.2390>.
- Guillaume T., Damris M., Kuzyakov Ya. 2015. Losses of Soil Carbon by Converting Tropical Forest to Plantations: Erosion and Decomposition. *Global Change Biology*, 21(9): 3548–3560. <https://doi.org/10.1111/gcb.12907>.
- Khasanah N., van Noordwijk M., Ningsih H., Rahayu S. 2015. Carbon Neutral? No Change in Mineral Soil Carbon Stock Under Oil Palm Plantations in Indonesia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 211: 195–206. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.06.009>.
- Kiese R., Li Ch., Hilbert D.W., Papen H., Butterbach-Bahl K. 2005. Regional Application of PnET-N-DNDC for Estimating the N₂O Source Strength of Tropical Rainforests in the Wet Tropics of Australia. *Global Change Biology*, 11(1): 128–144. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00873.x>.
- IDEAM. 2024. Coberturas Del Suelo Con Metodología Corine. Bogotá, IDEAM, 83 p.
- Lal R. 2004. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, 304(5677): 1623–1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>.
- Li C., Salas W., Zhang R., Krauter C., Rotz A., Mitloehner F. 2012. Manure-DNDC: a Biogeochemical Process Model for Quantifying Greenhouse Gas and Ammonia Emissions from Livestock



- Manure Systems. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 93(2): 163–200. <https://doi.org/10.1007/s10705-012-9507-z>.
- Niles M.T., Ahuja R., Barker T., Esquivel J., Gutterman S., ... Vermeulen S. 2018. Climate Change Mitigation Beyond Agriculture: a Review of Food System Opportunities and Implications. Renewable Agriculture and Food Systems, 33(3): 297–308. <https://doi.org/10.1017/S1742170518000029>.
- Pérez-Hernández H., Pérez-Sato M. 2023. ¿La Palma Aceitera (Elaeis Guineensis) Genera un Impacto Negativo Sobre el Suelo? Una Revisión. Agronomía Mesoamericana, 34(1): e50301. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50301>.
- Quezada J.C., Etter A., Ghazoul J., Buttler A., Guillaume T. 2019. Carbon Neutral Expansion of Oil Palm Plantations in the Neotropics. Science Advances, 5(11): eaaw4418. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw4418>.
- Ramírez-Contreras N.E., Munar-Flórez D.A., García-Núñez J.A., Mosquera-Montoya M., Faaij A.P.C. 2020. The GHG Emissions and Economic Performance of Colombian Palm Oil. Journal of Cleaner Production, 258: 120757. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120757>.
- Rivera-Méndez Y.D., Rodríguez D.T., Romero H.M. 2017. Carbon Footprint of Oil Palm Fresh Fruit Bunches in Colombia. Journal of Cleaner Production, 149(6): 740–750. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.149>.
- Rincón-Romero V.O., Molina-Villarreal A., Zabala-Quimbayo A., Barrera-Agudelo O.R., Torres-León J.L. 2022. The Oil Palm Cadastre in Colombia. Agronomía Colombiana, 40(2): 258–269. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v40n2.98801>.
- Swails E., Hergoualc'h K., Deng J., Froking S., Hayman P. 2022. How can Process-Based Modeling Improve Peat CO₂ and N₂O Emission Factors for Oil Palm Plantations? Science of the Total Environment, 839: 156153. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156153>.

*Поступила в редакцию 30.06.2025;
поступила после рецензирования 02.09.2025;
принята к публикации 21.10.2025*

*Received June 30, 2025;
Revised September 02, 2025;
Accepted October 21, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Мартинес Вильям Давид Сегура, аспирант кафедры прикладной и системной экологии, РГГМУ Российский Государственный Гидрометеорологический Университет, г. Санкт-Петербург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

William D.S. Martínez, Postgraduate Student, Department of Applied and Systems Ecology, RSHU Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia



УДК 551.5(571.53)
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-4
EDN IOCHXB

Климатический фактор в динамике экзогенных процессов Юго-Западного Прибайкалья

Тюменцева Е.М., Труханов А.Э.

Иркутский государственный университет
Россия, 66403, Иркутск, ул. Карла Маркса, 1
tumentzeva.liz@yandex.ru, antontr.meteo.97@gmail.com

Аннотация. Проведен анализ роли климата в современном экзогенном рельефообразовании на юго-западном побережье Байкала. Несмотря на многочисленные публикации в разные годы и в России, и за рубежом о взаимосвязи климата и экзогенных процессов, современные изменения климатических условий придали новый импульс к исследованиям в этой области. Целью нашей работы было оценить вклад климатического фактора в функционирование и динамику экзогенных процессов в островных степях Прибайкалья. Территория исследования представляет полидоминантный ландшафт, один из самых засушливых в тени Приморского хребта и экологически чувствительных регионов Прибайкалья. Многолетние исследования (с 2000 г. по настоящее время) геоморфологических систем с применением стационарных и маршрутных методов, а также полевых экспериментов, позволили накопить значительный объем данных. Эти данные позволили выявить региональные закономерности климатических и геоморфологических режимов, а также изучить сезонную и общую динамику процессов. За период с 2000 по 2025 гг. в Прибайкалье доминировали теплые и умеренно влажные климатические условия, хотя наблюдались и экстремальные отклонения в сторону влажности и засушливости. Анализ показал, что для объекта исследования характерны семигумидные состояния, способствующие эрозионным процессам (водной и эоловой). В периоды засухи активизируются эоловые процессы, что приводит к увеличению эоловой аккумуляции (более 100 г/м²) и повышению запыленности воздуха (от 8 мкг/м³ до 95 мкг/м³). Активные процессы рельефообразования, усугубляемые значительной деятельностью человека, вызывают увеличение объема поступающих в озеро рыхлых веществ и, как следствие, ухудшение экологической обстановки.

Ключевые слова: климат, экзогенный морфогенез, эоловые процессы, водная эрозия, сезонная и многолетняя динамика, Прибайкалье, дефляционный потенциал

Для цитирования: Тюменцева Е.М., Труханов А.Э. 2026. Климатический фактор в динамике экзогенных процессов Юго-Западного Прибайкалья. Региональные геосистемы, 50(1): 47–61. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-4 EDN: IOCHXB

The Climate Factor in the Dynamics of Exogenous Processes in the Southwestern Baikal Region

Elizaveta M. Tyumentseva, Anton E. Trukhanov

Irkutsk State University
1 Karl Marx St., Irkutsk, 664003, Russia
tumentzeva.liz@yandex.ru, antontr.meteo.97@gmail.com

© Тюменцева Е.М., Труханов А.Э., 2026

Abstract. An analysis was conducted to investigate the role of climate in contemporary exogenous geomorphological processes along the southwestern coast of Lake Baikal. Despite numerous papers on the relationship between climate and exogenous processes published in Russia and internationally over the years, recent shifts in climatic conditions have spurred renewed interest in this research area. The objective of our study was to assess the contribution of the climatic factor to the functioning and dynamics of exogenous processes in the insular steppes of the Baikal region. The study area encompasses a polydominant landscape, representing one of the most arid and ecologically sensitive regions in the rain shadow of the Primorsky Range within the Baikal area. Through the application of rigorous methodologies, including stationary and transect-based monitoring, complemented by field experiments, long-term (2000 to present) investigations of geomorphological systems have yielded a significant dataset. This dataset has allowed for the elucidation of regional-scale regularities governing climatic and geomorphological regimes, and the analysis of both seasonal and long-term process dynamics. From 2000 to 2025, warm and moderately humid climatic conditions predominated in the Baikal region, although extreme deviations towards both wetter and drier conditions were also observed. Our findings show that the study site is characterized by semi-humid conditions, which favor erosional processes (fluvial and aeolian). During periods of drought, aeolian processes are intensified, leading to an increase in aeolian accumulation (exceeding 100 g/m^2) and elevated atmospheric dust concentrations (ranging from 8 mg/m^3 to 95 mg/m^3). The heightened intensity of geomorphological processes, driven by significant human activities, results in an elevated volume of unconsolidated material entering the lake, thereby causing a decline in the ecological status.

Keywords: climate, exogenous morphogenesis, aeolian processes, water erosion, seasonal and long-term dynamics, Baikal region, deflation potential

For citation: Tyumentseva E.M., Trukhanov A.E. 2026. The Climate Factor in the Dynamics of Exogenous Processes in the Southwestern Baikal Region. *Regional Geosystems*, 50(1): 47–61 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-4 EDN: IOCHXB

Введение

Климат является важнейшим фактором рельефообразования, поскольку он определяет характер экзогенных процессов (наиболее важными видами являются водная эрозия и эоловые процессы) и обуславливает их генерацию [Ивановский, 2011]. Установлено, что геоморфологические системы ориентированы на климатические и водные режимы, а взаимоотношения между климатом и рельефом разнообразны [Уфимцев, 2008; Симонов, Симонова, 2013; William, Kaufman, 2013; Bogdanov et al., 2024]. Однако геоморфологи считают, что к оценке роли климатического фактора на рельеф надо подходить осторожно [Горелов, 2001].

Климат обуславливает характер и скорость процессов выветривания, определяет в значительной мере особенности денудации, структуру и интенсивность экзогенных процессов, контролирует тип и эффективность выветривания коренных пород и закономерности движения литопотоков по склонам. Главные показатели в данном аспекте – это количество и сезонное распределение температуры и осадков, ветровой режим. Климатические особенности проявляются и отражаются в рельефе. Развитие климато-геоморфологических представлений в российской геоморфологии было детально исследовано А.П. Дедковым [1976]. Он выделил на суше семь основных климато-геоморфологических зон, каждой из которых соответствует свой тип геоморфогенеза, и отмечал, что морфогенез в ряде областей может носить смешанный характер. На пространственную и временную неоднородность и неравномерность морфогенеза, которые проявляются на разных уровнях (от глобального, регионального до уровня элементарных морфологических единиц) обращал внимание Д.А. Тимофеев [Лихачева, Тимофеев, 2010; Тимофеев, 2011]. На активность экзогенных процессов оказывает воздействие широкий спектр факторов, включая климатические – высокие

амплитуды температуры воздуха, количество и интенсивность осадков, ветровой режим [Невидимова, Янкович, 2016].

Современный геоморфологический режим и его экзогенная составляющая в Саяно-Байкальской области, в которой находится район исследования, отличается разнообразием благодаря именно климатическим особенностям [Буланов, Коржуев, 2006]. Колебания климата в последние годы оказывает влияние на ход многих природных процессов. В свете этого большой интерес представляет анализ последствий и реакций геоморфологических систем на изменения климата [Schoonover, Crim, 2015]. Заметных изменений морфогенеза по мнению О.И. Баженовой [2018] следует ожидать в субаридных районах (степях и лесостепях) юга Сибири, отличающихся неустойчивым природным равновесием, обусловленным резко континентальным климатом, горно-котловинным рельефом, положением у южной границы криолитозоны. Учитывая недостаток данных о взаимосвязанности климата и экзогенного рельефообразования, особенно в региональном отношении, Прибайкалье – это потенциальная область для глубоких междисциплинарных исследований.

Цель работы – оценить вклад климатического фактора в развитие экзогенных процессов в степях Прибайкалья. В рамках проводимого исследования решался ряд задач: выявление основных климатических параметров, оказывающих влияние на экзогенные процессы; определение пространственной изменчивости климатических параметров в регионе; оценка роли различных климатических факторов в активизации различных типов экзогенных процессов.

Объекты и методы исследования

Объект исследования: экзогенные процессы на территории Юго-Западного Прибайкалья. Предмет: влияние климатических параметров на экзогенный морфолитогенез.

На юго-западном побережье Байкала (в районе устьев рек Голоустная и Сарма, а также на острове Ольхон) с 2000 г. проводятся исследования климатических и геоморфологических систем. Нами использовался комплексный подход, включающий стационарные, полустационарные и маршрутные методы, а также полевые эксперименты [Баженова, Тюменцева, 2018]. В данной статье основное внимание будет уделено полигону в устье реки Голоустная (поселок Большое Голоустное).

Для оценки влияния климата на динамику экзогенных процессов использовались среднемесячные значения температуры воздуха и поверхности почвы, количество и интенсивность осадков, скорость и направление ветра, высота снежного покрова, а также информация о количестве пыльных бурь. Таким образом, на основе архива Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных [2025] и архива отдела фонда данных ФГБУ «Иркутское УГМС» были сформированы временные ряды за многолетний период с 1974 по 2024 гг. метеостанции Большое Голоустное, которая расположена на территории Иркутского района Иркутской области (52°02' с. ш., 105°25' в. д., 461 м над уровнем моря).

Геоморфологические наблюдения основывались на использовании различных методов и приборов. Склоновый сток, смыв и размыв на степных склонах изучали с помощью комплекса методов, включающего установку металлических реперов (шпилек), повторное нивелирование и фотосъемку. Использование шпилек позволило установить общее направление перемещения вещества по склонам и определить величину смыва и аккумуляции. Наблюдения за эоловыми процессами (дефляция, транзит вещества и эоловая аккумуляция) велись с использованием пылеуловителей разной конструкции и электронного датчика концентрации частиц в воздухе «НТ-НЗ516». Площадные

исследования динамики эоловых процессов выполнялись с помощью отбора проб эолового материала из снега и смыва пыли с травостоя. Отбор проб снега осуществлялся по системе ключевых площадок и маршрутов с учетом источников атмосферного загрязнения и розы ветров.

Для установления характера и активности перемещения вещества на склонах в Прибайкалье (Голоустненский участок) с 2006 г. проводится авторами следующий эксперимент. На крутом степном склоне южной экспозиции были выбраны площадки размером 0,5 x 0,5 м, с поверхности которых ежегодно удаляется обломочный материал. По массе вновь появившегося щебня можно судить об интенсивности преобразования поверхности. Картирование, фотографирование площадок, где изучается активность и скорость выноса материала, особенности изменения поверхности проводятся ежегодно в первой декаде июня. Методы исследования включали также обработку космических снимков, полученных при помощи *Google Earth Pro* [2025]. Таким образом, многолетние наблюдения за функционированием и динамикой климатических и геоморфологических систем позволили накопить надежный количественный материал для установления региональных закономерностей, ритмики процессов, выявления климатических и геоморфологических трендов.

Результаты и их обсуждение

В результате выполненного авторами исследования было установлено, что в степях Прибайкалья система экзогенных процессов, преобразующих геоморфологические поверхности, многофакторная. Уникальность природы Прибайкалья обусловлена сочетанием горно-котловинного рельефа и специфическими атмосферными процессами, протекающими внутри котловины. Склоны котловин демонстрируют выраженную ландшафтную контрастность, обусловленную соседством восточносибирских гольцовых, таежных светлохвойных и южносибирских таежных темнохвойных экосистем с центральноазиатскими степными сообществами. Имеются интразональные участки болотных, луговых и прирусловых геосистем. Южная часть озера Байкал находится на высоте 456 м над уровнем моря. Вдоль юго-западного берега располагается Приморский хребет, вершины которого достигают высоты 700–1500 м. Хребты восточного побережья, с высотой от 1300 до 2370 м, расположены дальше от берега и отделены от него пологими прибрежными равнинами.

Климат побережья Байкала формируется при непосредственном влиянии внутри котловинных процессов. Циркуляционные особенности и тепловой режим определяются не только приходом солнечной радиации, но и большой массой воды озера и рельефом прибрежных склонов. Температурный режим над Байкалом отличается от окружающих территорий: летом воздух над озером холоднее (на 6–8 °С), зимой теплее (на 5–15 °С). Годовые колебания температуры воздуха над Байкалом (30–38 °С) ниже, чем за его пределами (41–50 °С) [Тументсева, Орел, 2018]. Характерны также температурные инверсии (летом, поздней весной и ранней осенью) и низкая влажность воздуха. Активные процессы разрушения горных пород в Прибайкалье обусловлены резкими изменениями инсоляционного режима [Тументсева, Орел, 2018].

Разнообразие процессов, формирующих рельеф Прибайкалья, зависит от климатических условий. В засушливые периоды активно формируются эоловые формы рельефа под воздействием ветра, а при увлажнении на первый план выходят процессы площадного и линейного размыва [Ивановский, 2011]. По климатическим особенностям за период с 2000 по 2024 гг. наблюдений были разделены состояния геоморфологических систем (см. таблицу).

Формирование переменных состояний геоморфологических систем
при различных сочетаниях тепла и влаги (по данным метеостанции Большое Голоустное)
Development of dynamic states of geomorphic systems under varying heat
and moisture regimes (Bolshoye Goloustnoye weather station data)

Климатические условия (тепло, влажно)	Годы	Среднегодовая сумма осадков, мм	Среднегодовая скорость ветра, м/с	Климатический коэффициент эрозии (С)	Количество пыльных бурь
Очень теплый (+ 1,1 °С ...+ 2,4 °С)*					
Очень влажно	2019, 2020, 2024	400...483	3,7	2	0
Влажно	2004	343	3,9	6	3
Умеренно влажно	2002, 2007, 2016, 2017	267	4,0	12	1
Сухо	2014, 2015	228	4,1	18	1
Теплый (+0,6 °С ...+1,0 °С)*					
Очень влажно	2023	359	3,8	5	0
Влажно	2008, 2021	324	4,0	7	1
Сухо	2003	234	3,9	13	4
Очень сухо	2022	183	4,0	13	3
Умеренно теплый (0,0 °С ...+0,5 °С)*					
Умеренно влажно	2000, 2005, 2013	262	4,0	9	4
Сухо	2011	232	3,5	9	2
Умеренно холодный (–0,1 °С ...–0,5 °С)*					
Умеренно влажно	2001, 2009, 2012	282	3,8	10	3
Холодный (–0,6 °С ...–1,0 °С)*					
Сухо	2006	211	3,8	12	3
Очень сухо	2010	193	4,0	8	1

Примечание: *средняя годовая температура воздуха (°С); средняя годовая сумма осадков (мм): очень сухие – менее 200 мм, сухие – 200–250 мм, умеренно влажные – 250–300 мм, влажные – более 300 мм.

За весь рассмотренный период (2000–2024 гг.) наиболее часто повторяются годы: очень теплые (38 %), умеренно влажные (42 %), очень влажные и влажные (26 %), а также сухие разные по степени теплообеспеченности (25 %). Холодные сухие и очень сухие годы наблюдались два раза. Таким образом, в Прибайкалье в последние годы в пределах денудационного цикла преобладают семигумидные и гумидные состояния. Гумидные состояния наблюдались в 2019, 2020, 2023, 2024 гг., когда резко активизируются флювиальные процессы. Установлено, что интенсивность ливневых осадков оказывает большое влияние, чем общее количество осадков за год. Для влажных фаз характерна более высокая частота экстремальных явлений.

В Прибайкалье нашла отражение тенденция изменения климата в сторону потепления в соответствии с ходом роста глобальной температуры. Отмечается увеличение среднегодовой температуры со скоростью +0,50 °С/10 лет [Доклад об особенностях ..., 2025]. Изменение среднегодовой температуры на метеостанции Большое Голоустное с 1974 г. по 2024 г. показаны на рис. 1.

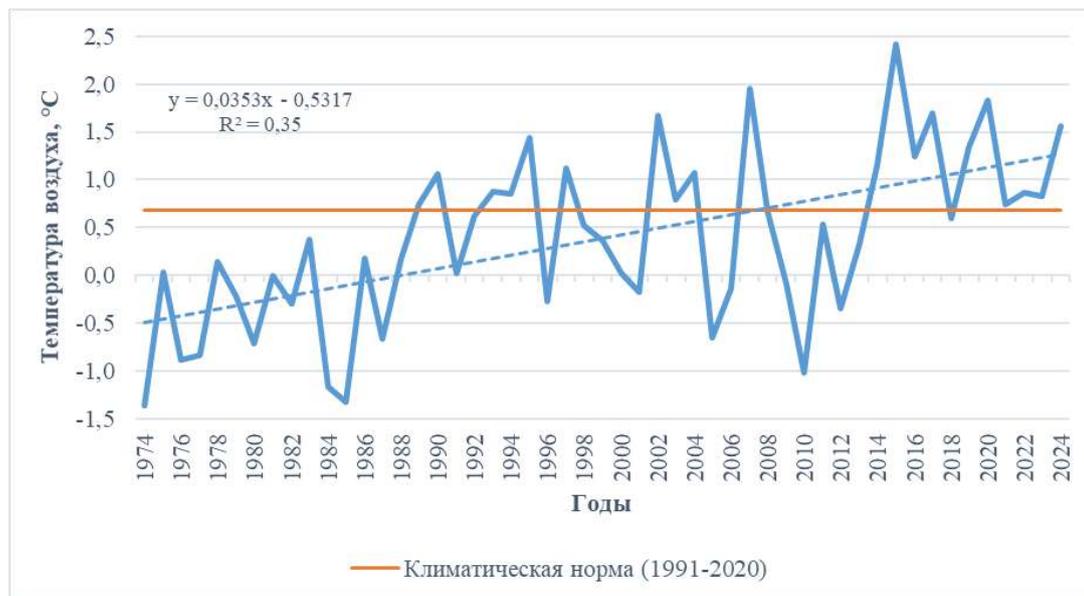


Рис. 1. Динамика температуры воздуха за период с 1974 по 2024 гг.
на метеостанции Большое Голоустное

Fig. 1. Air temperature dynamics for the period 1974–2024 at the Bolshoe Goloustnoe weather station

Погодные условия в районе исследования характеризуются высокой вероятностью заморозков на почве в начале июня и в конце августа. Период с отрицательной температурой почвы является продолжительным и может длиться до 230 дней в году. Средняя многолетняя температура поверхности почвы зимой составляет $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$, минимальная $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$, а абсолютный минимум достигает $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Снежный покров оказывает влияние на температуру почвы, увеличивая ее примерно на $1\text{--}1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на каждые 10 см толщины снежного слоя по сравнению с участками, лишенными снега. Однако снег с устьевой части дельты реки Голоустная зимой выдувается, и обнаженная почва растрескивается (рис. 2).

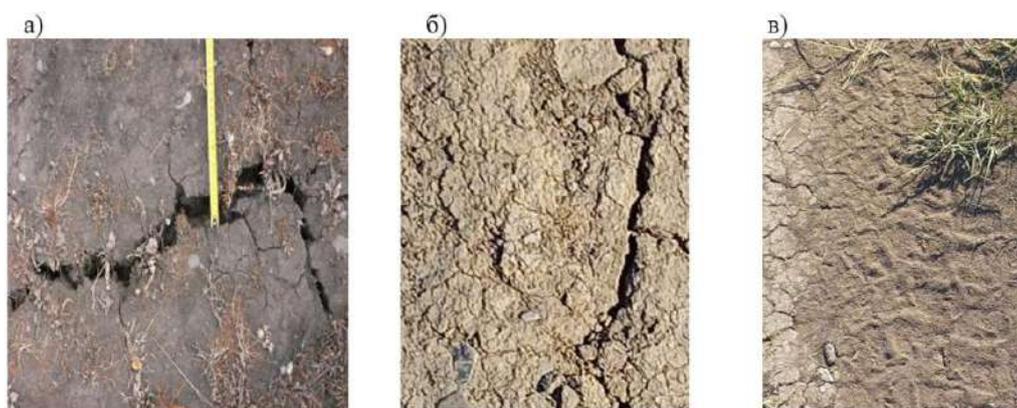


Рис. 2. Растрескивание и распыление почвогрунтов на пойме р. Голоустной
(а – 18 марта 2015 г., б – 18 марта 2023 г., в – 12 июня 2024 г.)

Fig. 2. Cracking and spraying of soil in the floodplain of the Goloustnaya River
(a – March 18, 2015, б – March 18, 2023, в – June 12, 2024)

Периоды с переходом температуры через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ осенью и весной длятся около 45 и 32 дней соответственно. При этом температура поверхности почвы испытывает значительные колебания (до $15\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$), что приводит к ее замерзанию и оттаиванию. Такие температурные условия способствуют растрескиванию почвы и коренных пород в котловине.

На остепненных склоновых участках побережья Байкала активно протекают процессы физического выветривания, что определяет активную миграцию вещества. В результате высокой скорости денудации поверхность степных склонов перекрывается обломочным материалом разных размеров, доминируют обломки размером 1–10 мм. Мелкозем, служащий заполнителем, в дальнейшем выдувается и вымывается, формируется щебнистая отмостка.

На склоне останца правого борта устьевой части р. Голоустной с 2006 г. проводится эксперимент. С площадки 50×50 см удаляется ежегодно обломочный материал, затем разбирается на фракции и взвешивается. Постоянное наблюдение за тем, как площадки вновь покрываются обломочным материалом, позволяет оценить активность экзогенных процессов (рис. 3).

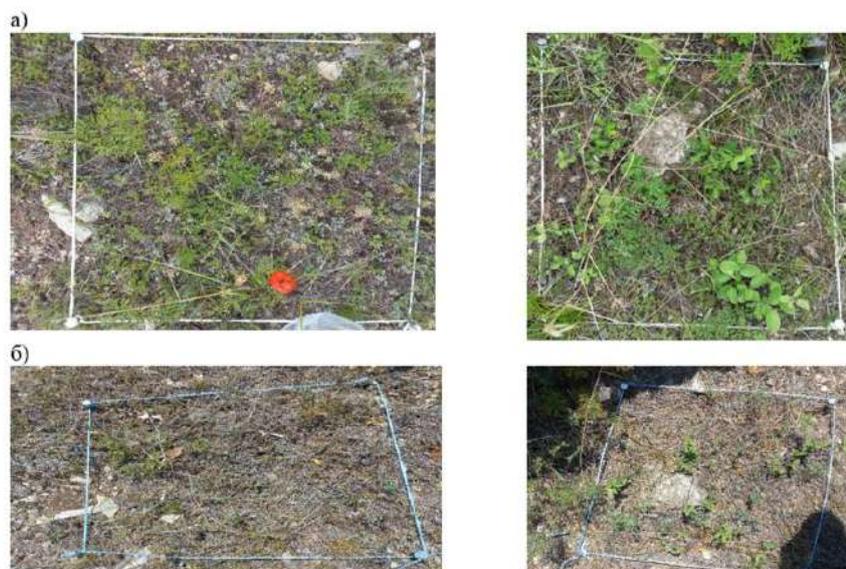


Рис. 3. Экспериментальные площадки

(а – верхние, 12 июня 2025 г., б – нижние, 19 июня 2025 г.)

Fig. 3. Experimental plots (a – upslope, June 12, 2025, б – downslope, June 19, 2025)

До начала эксперимента с площадки в верхней части склона было собрано 929 шт. обломков, с нижней – 2 424 шт. Дресва представлена преимущественно обломками известняков, песчаников, алевролитов карбонатных с примесью гальки и гранитов, кварца гранитогнейсов, эффузивов. Обломочный материал более чем на 50 % состоял из фракции до 5 мм, 30–35 % – 6–10 мм, 10–15 % – 21–50 мм, единственный обломок был более 50 мм.

В последующие годы максимальное количество обломков было собрано в 2008 г. с площадки в нижней части склона – 2 056 шт., а минимальное в 2013 г. – 642 шт. и в 2023 г. – 665 шт. При этом процентное соотношение сохранялось: до 80 % в образце составляли самые мелкие обломки, до 20–25 % фракция 6–10 мм, 12–16 % фракция 11–20 мм, 1–2 % фракция 21–50 мм, крупных менее 1 %, иногда их не было вовсе. Однако в мае 2019 г. изменилась в районе ключевого участка экологическая ситуация [Краснощеков, Чередникова, 2022]. Сильный пожар уничтожил растительность на вершине останца, а нижняя площадка оказалась среди подроста сосен. В результате активизировался вынос материала с верхней части склона и в 2024 г. с верхней площадки было собрано в 2 раза больше обломков, чем с нижней. В 2025 г. тенденция сохранилась: с верхней площадки было удалено 1 409 обломков (общей массой 901,5 г), а с нижней 701 обломок массой 202 г.

Основные процессы, формирующие литопотоки на степных склонах – это гравитационные, эоловые, водно-эрозионные.

Эоловые процессы. Байкальское звено среди других эоловых систем Южной Сибири характеризуется максимальной интенсивностью процессов, обусловленной, прежде всего, чрезвычайно высоким дефляционным потенциалом ветра [Баженова, Тюменцева, 2024]. Распространение и интенсивность эоловых процессов зависят от наличия рыхлого материала, наличия или отсутствия растительного покрова и ветрового режима (особенно ветра и атмосферной циркуляции) [Chen et al., 2022; Zhou et al., 2025]. В котловине Байкала наблюдается сложная система ветров (поперечные, продольные, горно-долинные, бризовые, фёны). Они связаны с глобальной и местной циркуляцией воздушных масс [Лут, 1980]. Наиболее сильные поперечные ветры северных румбов. Они характеризуются исключительной порывистостью, наибольшей продолжительностью и высокой энергией (в мае в зависимости от местоположения $150\text{--}900 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^2$).

В годовом цикле выделяются три пиковых периода нагрузок: ноябрь–январь, апрель–май и сентябрь [Баженова, Тюменцева, 2025]. Анализ эоловых процессов объекта исследования в 2022 г. (самый сухой) и 2024 г. (самый влажный) проводился с использованием расчетов дефляционного потенциала по методу Фрайберга [Fryberger, 1979; Маликова, Маликов, 2025]. Результирующий потенциал ветра (RDD) показывает интенсивность переноса песка и пыли, а соотношение R / DP , где DP – потенциал дрейфа наносов, отражает изменчивость направления ветра. На пылевых розах (рис. 4) синим цветом показан дефляционный потенциал ветров DP по 16 румбам, а красным – результирующий вектор RDD . Ветровые нагрузки (годовой дефляционный потенциал ветра) изменяются от 73 (2024 г.) до 145 (2008 г.), в мае варьируется от 6 до 11. В июле–августе доминируют ветры восточных румбов со слабой эродирующей способностью от 0,01–0,02 до 1–2.

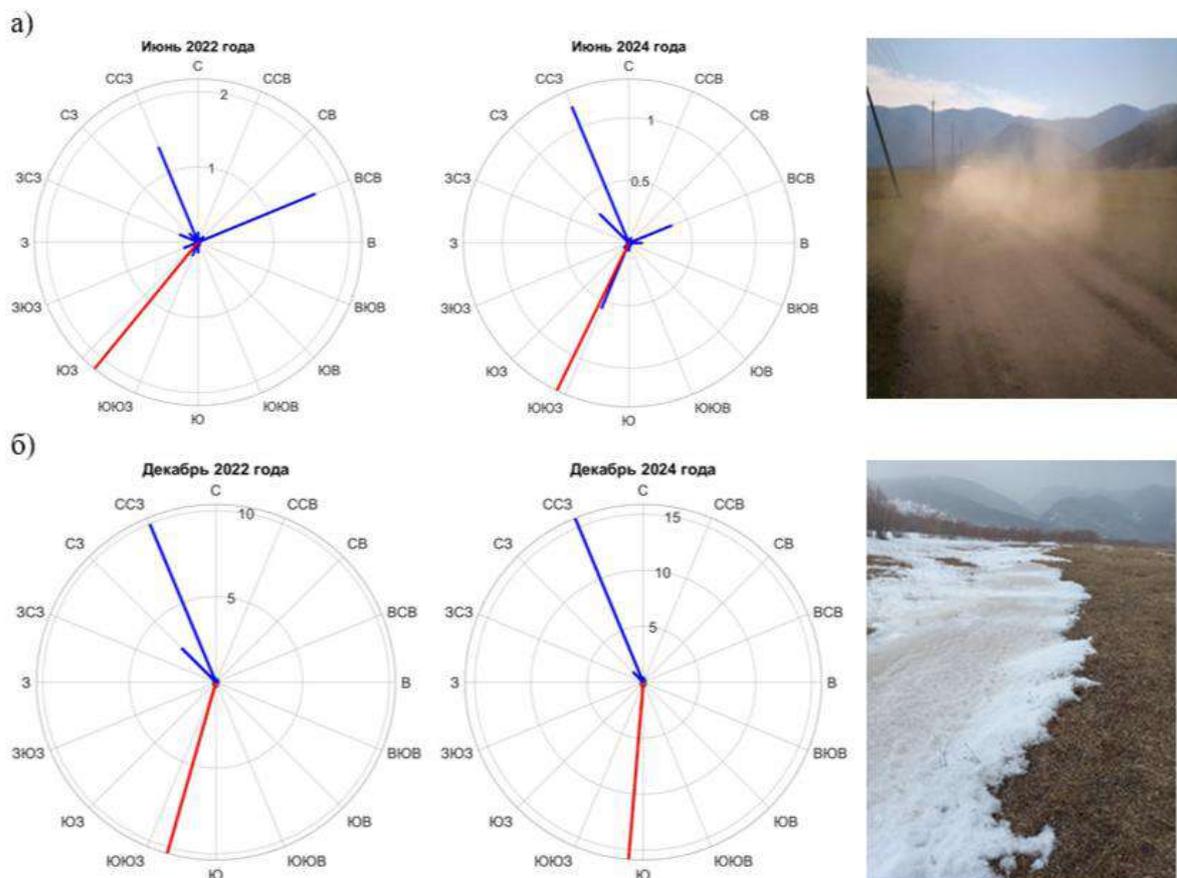


Рис. 4. Пылевые розы и перенос вещества на местности в пос. Большое Голоустное (а – теплый период, б – холодный период)

Fig. 4. Dust roses and sediment transport in the Bolshoe Goloustnoe area (a – warm period, б – cold period)

В апреле–мае в районе Большого Голоустного за период с 1974 по 2024 г. практически ежегодно фиксируются пыльные бури (от 1 до 7 в месяц) при средней скорости ветра 8–15 м/с, максимальной 20–28 м/с с продолжительностью от нескольких минут до нескольких часов. Так, в октябре–декабре 1981 года здесь наблюдалось 8 пылевых бурь при максимальной скорости ветра 24–28 м/с. В снегу накапливается 20–100 г/л мелкозема в форме ядер и слоя пыли на поверхности. Отметим, что ноябрь–декабрь и апрель–май является наиболее дефляционноопасными. Так, в декабре 2022 г. $DP = 13,68$, $RDD = 10,36$, $RDD/DP = 0,8$, а в декабре 2024 г. $DP = 17,78$, $RDD = 15,87$, $RDD/DP = 0,9$. В летние месяцы самый минимальный в годовом режиме дефляционный потенциал ветра: в июне 2022 г. $DP = 4,53$, $RDD = 2,17$, $RDD/DP = 0,5$, а в июне 2024 г. $DP = 2,87$, $RDD = 1,31$, $RDD/DP = 0,5$ (см. рис. 4).

Над Байкалом в этот период года устанавливаются местные байкальские антициклоны. С мая по август создаются благоприятные условия для бризовой циркуляции. Бризовые потоки усиливаются горно-долинными ветрами. Разный нагрев суши, воды и воздуха рождает легкие порывистые ветры, быстро и хаотически меняющие направления. Порывистость – одна из важнейших особенностей ветрового режима. Наличие на поверхности без растительного покрова (дороги) или с небольшим проективным покрытием растительностью 10–30 % (целинная степь пойменных грив из обломочного материала с маломощным супесчано-легкосуглинистым почвенным покровом) распыленного рыхлого материала природного, биогенного или антропогенного происхождения приводит к формированию пылевых поземок. Содержание пыли в воздухе 14 июня 2025 г. во время максимальной антропогенной нагрузки при прохождении транспорта достигало 95 мкг/м^3 , при штиле 8–10 мкг/м^3 .

В холодный период года с поверхности дельтовой равнины Голоустной снег выдувается, на центральной пойме имеются участки без снега, с незначительным снежным покровом 1–2 см, в понижениях рельефа 6–10 см, только в смешанном сосново-лиственничном лесу на теневых склонах до 20 см. Хорошо развитый травостой из дерновинных злаков и полыни приводят к формированию снежных косичек с максимальной высотой снега 15–20 см. В целом тенденция изменения высоты снежного покрова в сторону снижения отмечается в течение 50 лет (рис. 5), а отклонение от климатической нормы (2,4 см) в сторону понижения фиксируется в 31 году (из 50 лет наблюдений).

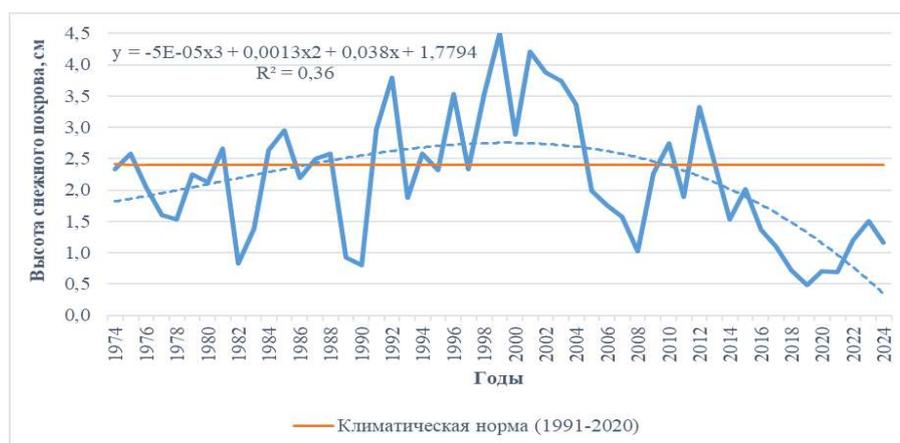


Рис. 5. Динамика снежного покрова за период с 1974 по 2024 гг. на метеостанции Большое Голоустное
Fig. 5. Snow cover dynamics for the period 1974–2024 at the Bolshoe Goloustnoe weather station

Ветровые потоки на побережье Байкала приводят к формированию разнообразных эоловых форм рельефа (дефляционных и аккумулятивных). На западном побережье преобладают процессы выдувания, в результате чего образуется щебнистая или песчаная отмостка [Вика и др., 2002; Агафонов, Акулов, 2006]. Поля подвижных песков площадью до

6 км² отмечены на острове Ольхон в заливах Семисосенский, Елгайский, Маломорский, Улан-Хушинский и др. [Касьянова, Азовский, 2009]. При направлении ветра с Байкала на сушу рыхлый материал перемещается вверх по уклону на склоны Приморского хребта [Агафонов, 2008]. При направлении ветра в сторону Байкала самые мелкие частицы уносятся и оседают на водную поверхность. Первые сведения о величине ветрового сноса в Байкальской котловине получены Б.П. Агафоновым [1990], когда им зафиксированы максимальные значения 758 г/год эоловой аккумуляции в 1969/1970 г. в пади Узур на о. Ольхон, минимальные за период с 1969 по 1975 гг. в районе Сармы 68 г/год. Величины эоловой аккумуляции по экспериментальным данным во влажные годы составляла менее 50 г/м², в умеренно влажные 50–100 г/м² и в засушливые 100–500 г/м² [Баженова, Тюменцева, 2025].

В результате ветрового сноса в оз. Байкал поступает около 180 тыс. т эолового материала в год [Вологина, Потемкин, 2001]. Таким образом, особенности ветрового режима определяют интенсивность и направленность эолового переноса.

Флювиальные процессы. Формирование обломочного материала на площадках происходит не только под воздействием эоловых процессов, но и в результате водной эрозии (мелкоручейковой). Анализ данных с плювиографа, функционирующего в теплый период года (май–сентябрь), показывает, что в среднем за летний сезон регистрируется 3–5 эрозионно опасных ливней. Критериями эрозионной опасности являются сумма осадков более 10 мм и интенсивность более 0,1 мм/мин. Наибольшую эрозионную опасность представляют ливни с суммой осадков более 30 мм и интенсивностью более 1 мм/мин, но такие в Большом Голоустном в 2000–2024 гг. не были зафиксированы. Во влажные годы, какими были последние 2023 и 2024 гг., увеличилась активность водной эрозии и ее вклад в латеральные потоки вещества. В 2024 г зафиксировано 7 случаев с ливневым характером выпадения осадков. Сумма осадков за один случай выпадения ливневого дождя составляет 20–25 мм со средней интенсивностью 0,13 мм/мин (максимальной за интервал 0,92). Средние величины смыва со склона составили 0,2–0,4 см. Рывтины на дорогах достигали глубины 54 см. По колеям полевых дорог чередовались промоины и конуса выноса (рис. 6).



Рис. 6. Ливневый сток на полевой дороге в пос. Большое Голоустное после дождя (12 июня 2024 г.)
Fig. 6. Storm runoff accumulating on a dirt road in Bolshoe Goloustnoe after the rain (June 12, 2024)

Во влажные годы количество обломочного материала на экспериментальных площадках значительно возросло – в 5–7 раз по сравнению с годами, когда увлажнение было в пределах нормы. Это увеличение было обусловлено смывом мелкозема. В эти годы на площадках 50 х 50 см появлялось более 1000–2500 обломков. Активное функционирование разных природных процессов наблюдается в береговой зоне. Интенсивные литопотоки способствуют увеличению привноса твердого вещества в оз. Байкал. Эти процессы воздействуют на озеро эпизодически, локально, на короткое время вызывают помутнение воды в некоторых районах.

Заключение

Результаты выполненного исследования показали, что климатические условия, режим температуры и осадков играют важнейшую роль в генезисе, функционировании и динамике экзогенных процессов. Полученные данные согласуются с основными тенденциями развития современного рельефа юго-западного Прибайкалья. Волновое колебание температуры и осадков по годам определяют основное направление и скорость перемещения рыхлого материала по поверхности склонов за счет водной эрозии (преимущественно в теплые сезоны влажных лет) и пыли в воздухе за счет эоловых процессов практически круглогодично, особенно активно в сухие годы.

Оценка интенсивности эолового переноса в Прибайкалье, которая была оценена на основе расчетов потенциала дрейфа пыли и песка, позволила выявить региональные особенности этого процесса. Корректность расчетов была подтверждена сопоставлением пылевых роз и полученных показателей с геоморфологической обстановкой и климатом. Было установлено, что для региона характерно стабильное распределение ветров, с преобладанием сильных ветров северного направления в весенний и зимний периоды. Результирующее направление дрейфа пыли и песка – южное и юго-западное, что согласуется с ориентацией эоловых форм рельефа. Активное влияние рельефообразующих процессов на поступление рыхлых веществ в озеро усугубляет экологическую обстановку.

Экологическое состояние Южного Прибайкалья вызывает опасения из-за подверженности региона экстремальным природным явлениям. Для поддержания благоприятной экологической обстановки в районе озера Байкал необходимы дальнейшие научные исследования, направленные на выявление взаимосвязей между климатическими и геоморфологическими процессами и разработку соответствующих мер адаптации к возникающим рискам.

Авторы статьи выражают глубокую признательность за помощь в подготовке статьи начальнику отдела фонда данных ФГБУ «Иркутское УГМС» Кузнецовой Н.А. и программисту Центра новых информационных технологий ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» Намаконову А.Ю.

Список источников

- Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). Электронный ресурс. URL: <http://meteo.ru/data/> (дата обращения: 11.06.2025).
- Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. 2025. М., Росгидромет, 104 с.
- Google Планета Земля (Google Earth Pro). Электронный ресурс. URL: <https://earth.google.com/intl/ru/index.html> (дата обращения: 11.06.2025)

Список литературы

- Агафонов Б.П. 1990. Экзолитодинамика Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск, Наука, 175 с.
- Агафонов Б.П. 2008. Эколого-географическое районирование Байкала по степени загрязнения. Известия Российской академии наук. Серия Географическая, 6: 70–76.
- Агафонов Б.П., Акулов Н.И. 2006. О природе песчаных потоков на Ольхоне. Известия РАН. Серия географическая, 5: 101–108.
- Баженова О.И. 2018. Современная денудация предгорных степных равнин Сибири. Новосибирск, ГЕО, 259 с. <https://doi.org/10.21782/B978-5-6041445-2-7>.
- Баженова О.И., Тюменцева Е.М. 2024. Роль В.А. Снытко в исследовании эоловой миграции вещества на юге Сибири. География и природные ресурсы, 45(S5): 188–196. <https://doi.org/10.15372/GIPR20240523>.
- Баженова О.И., Тюменцева Е.М. 2025. Мониторинг нисходящей ветви литодинамического кругооборота вещества в байкальской котловине. География и природные ресурсы, 46(2): 73–83. <https://doi.org/10.15372/GIPR20250207>.
- Баженова О.И., Тюменцева Е.М. 2018. Опыт применения полевых экспериментов при изучении геоморфологических систем. В кн.: Ландшафты в XXI веке: анализ состояния, основные процессы и концепции исследований. М., Изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»: 152–156. <https://doi.org/10.25680/8602.2018.47.71.026>.
- Буланов С.А., Коржуев С.С. 2006. Горы Южной Сибири (Алтае-Саяно-Байкальская горная область). В кн.: Геоморфологические режимы Евразии. М., Изд-во Медиа-ПРЕСС: 212–227.
- Вика С., Овчинников Г.И., Снытко В.А., Щипек Т. 2002. Эоловые фации восточного побережья Байкала. Иркутск, ИГ СО РАН, ИЗК СО РАН, 56 с.
- Вологина Е.Г., Потемкин В.Л. 2001. Характеристика эолового переноса в зимний период в районе Академического хребта озера Байкал. Геология и геофизика, 42(1–2): 254–257.
- Горелов С.К. 2001. Древний рельеф и современные геоморфологические процессы. М., ЭНАС, 127 с.
- Дедков А.П. 1976. Теоретические аспекты современных климато-геоморфологических представлений. Геоморфология, 4: 3–11.
- Ивановский Л.Н. 2011. Рельеф и экзогенные процессы гор. Новосибирск, Наука, 293 с.
- Касьянова Л.Н., Азовский М.Г. 2009. Растительность современных эоловых образований на о. Ольхон (озеро Байкал). Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 11(1–4): 630–637.
- Краснощеков Ю.Н., Чередникова Ю.С. 2022. Постпирогенная изменчивость лесных почв в горном Прибайкалье. Новосибирск., Изд-во СО РАН, 164 с. <https://doi.org/10.53954/9785604782354>.
- Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. 2010. Организованность геоморфологических систем. В кн.: Геоморфологические системы: свойства, иерархия, организованность. М., Медиа-ПРЕСС: 8–23.
- Лут Л.А. 1980. Результирующий ветровой поток над югом Восточной Сибири как основа для прогностических построений распространения взвесей. В кн.: Закономерности и прогнозирования природных явлений. Новосибирск, Наука: 228–232.
- Маликова Е.Л., Маликов Д.Г. 2025. Адаптация и использование «метода Фрайбергера» для оценки потенциала дрейфа песка (на примере Надымского Приобья), Геосферные исследования, 1: 109–123. <https://doi.org/10.17223/25421379/34/8>.
- Невидимова О.Г., Янкович Е.П. 2016. Климатические условия формирования быстропротекающих геоморфологических процессов на территории юга Западной Сибири. Успехи современного естествознания, 12–2: 433–438.
- Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю. 2013. Фундаментальные проблемы антропогенной геоморфологии. Геоморфология, 3: 3–11.
- Тимофеев Д.А. 2011. Размышления о фундаментальных проблемах геоморфологии. Избранные труды. М., Медиа-ПРЕСС, 526 с.
- Уфимцев Г.Ф. 2008. Горы Земли (климатические типы и феномены новейшего орогенеза). М., Научный мир, 351 с.
- Bogdanov E.A., Nadbaatar S., Bazha S.N. 2024. Spatial–Temporal Analysis of the Air Temperature, Precipitation, and Aridity Index on the Territory of the Lake Baikal Basin. Arid Ecosystems, 14(4): 397–412. <https://doi.org/10.1134/S2079096124700367>.



- Chen J., Zhang D., Yang X., Lehmkuhl F., Jiang W. 2022. The Effects of Seasonal Wind Regimes on the Evolution of Reversing Barchanoid Dunes. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 127(2): e2021JF006489. <https://doi.org/10.1029/2021JF006489>.
- Fryberger S.G. 1979. Dune Forms and Wind Regime. In: *A Study of Global Sand Seas*. Ed. by E.D. McKee. Washington, US Government Printing Office: 137–170. <https://doi.org/10.3133/pp1052>.
- Schoonover J.E.; Crim J.F. 2015. An Introduction to Soil Concepts and the Role of Soils in Watershed Management. *Journal of Contemporary Water Research and Education*, 154(1): 21–47. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2015.03186.x>.
- Tyumentseva E.M., Orel G.F. 2018. Atmospheric Processes in the South Baikal Basin and Their Role in Relief Formation. *Atmosphere*, 9(5): 1–18. <https://doi.org/10.3390/atmos9050176>.
- William M.M., Kaufman M.M. 2013. *Physical Geography: Great Systems and Global Environments*. New York, Cambridge University Press: 113–171.
- Zhou X., Sheng Z., Manevski K., Zhao R., Zhang Q., ... Yang Y. 2025. Can System Dynamics Explain Long-Term Hydrological Behaviors? The Role of Endogenous Linking Structure. *Hydrology and Earth System Sciences*, 29(1): 159–177. <https://doi.org/10.5194/hess-29-159-2025>.

References

- Agafonov B.P. 1990. *Ekzolitodinamika Baykalskoy riftovoy zony* [Exolithodynamics of the Baikal Rift Zone]. Novosibirsk, Publ. Nauka, 175 p.
- Agafonov B.P. 2008. *Ekologo-geograficheskoye rayonirovaniye Baykala po stepeni zagryazneniya* [Ecological and Geographical Zoning of Lake Baikal on Contamination Grade]. *Izvestiia RAN. Seriya Geograficheskaya*, 6: 70–76.
- Agafonov B.P., Akulov N.I. 2006. About the Nature of Quick-Sand Streams on Olhone. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, 5: 101–108 (in Russian).
- Bazhenova O.I. 2018. Actual Denudation of the Foothill Steppe Plains of Siberia. *Novosibirsk, Publ. GEO*, 259 p. (in Russian). <https://doi.org/10.21782/B978-5-6041445-2-7>.
- Bazhenova O.I., Tyumentseva E.M. 2024. The Role of V.A. Snytko in the Study of Aeolian Migration of Matter in the South of Siberia. *Geography and Natural Resources*, 45(S5): 188–196 (in Russian). <https://doi.org/10.15372/GIPR20240523>.
- Bazhenova O.I., Tyumentseva E.M. 2025. Monitoring of the Descending Branch of the Lithodynamic Circulation of Matter in the Baikal Basin. *Geography and Natural Resources*, 46(2): 159–167 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1875372825700179>.
- Bazhenova O.I., Tyumenceva E.M. 2018. Opyt primeneniya polevyh eksperimentov pri izuchenii geomorfologicheskikh system [Experience in Using Field Experiments to Study Geomorphological Systems]. In: *Landshafty v XXI veke: analiz sostoyaniya, osnovnye processy i koncepcii issledovaniy* [Landscapes in the 21st Century: State Analysis, Main Research Processes, and Concepts]. Moscow, Publ. FGBNU «VNII agrohimii»: 152–156. <https://doi.org/10.25680/8602.2018.47.71.026>.
- Bulanov S.A., Korzhuev S.S. 2006. *Gory Yuzhnoj Sibiri (Altae-Sayano-Bajkal'skaya gornaya oblast')* [Mountains of Southern Siberia (Altai-Sayano-Baikal Mountain Region)]. *Geomorfologicheskie rezhimy Evrazii* [Geomorphological regimes of Eurasia]. Moscow, Publ. Media-PRESS: 212–227.
- Vika S., Ovchinnikov G.I. Snytko V.A., Shchipek T. 2002. Aeolan Landscapes of Eastern Shore of Lake Baikal. *Irkutsk, Publ. IG SO RAN, IZK SO RAN*, 56 p. (in Russian).
- Vologina E.G., Potemkin V.L. 2001. *Harakteristika eolovogo perenosa v zimnij period v rajone Akademicheskogo hrebta ozera Bajkal* [Characteristics of Aeolian Transport in the Winter Period in the Area of the Academic Range of Lake Baikal]. *Geologiya i geofizika*, 42(1–2): 254–257.
- Gorelov S.K. 2001. *Drevnij rel'ef i sovremennye geomorfologicheskie process* [Ancient Topography and Modern Geomorphological Processes]. Moscow, Publ. ENAS, 127 p.
- Dedkov A.P. 1976. Theoretical aspects of modern ideas on climatic geomorphology. *Geomorfologiya*, 4: 3–11 (in Russian).



- Ivanovskiy L.N. 2011. Relyef i ekzogennyye protsessy gor [Relief and Exogenous Processes of Mountains]. Novosibirsk, Publ. Nauka, 293 p.
- Kasyanova L.N., Azovsky M.G. 2009. The Vegetation of Modern Eolian Formations on the Island of Olkhon (Lake Baikal). *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 11(1–4): 630–637 (in Russian).
- Krasnoshchekov Yu.N., Cherednikova Yu.S. 2022. Postpyrogenic Variability of Forest Soils in the Mountainous Baikal Region. Novosibirsk, Publ. SO RAN, 164 p. (in Russian). <https://doi.org/10.53954/9785604782354>.
- Lihacheva E.A., Timofeev D.A. 2010. Organizovannost geomorfologicheskikh system [Organizedness of Geomorphological Systems]. In: *Geomorfologicheskiye sistemy: svoystva, iyerarkhiya, organizovannost* [Geomorphological Systems: Properties, Hierarchy, Organizedness]. Moscow, Publ. Media-PRESS: 8–23.
- Lut L.A. 1980. Rezultiruyushchiy vetrovoy potok nad yugom Vostochnoy Sibiri kak osnova dlya prognosticheskikh postroyeni rasprostraneniya vzvesey [The Resulting Wind Flow Over the South of Eastern Siberia as a Basis for Predictive Models of Suspended Matter Distribution]. In: *Zakonomernosti i prognoziro-vaniye prirodnykh yavleniy* [Regularities and Forecasting of Natural Phenomena]. Novosibirsk, Publ. Nauka: 228–232.
- Malikova E.L., Malikov D.G. 2025. Adaptation and Use of the "Fryberger Method" for Sand Drift Potential Assessment (on the Example of the Nadym Ob Area). *Geosphere Research*, 1: 109–123 (in Russian). <https://doi.org/10.17223/25421379/34/8>.
- Nevidimova O.G., Yankovich E.P. 2016. Climatic Conditions of the Formation of Fast Geomorphological Processes in the South of West Siberia. *Advances in current natural sciences*, 12–2: 433–438 (in Russian).
- Simonov Yu.G., Simonova T.Yu. 2013. Fundamental Problems of Anthropogenic Geomorphology. *Geomorfologiya*, 3: 3–11 (in Russian).
- Timofeev D.A. 2011. Razmyshleniya o fundamentalnykh problemakh geomorfologii. *Izbrannyye trudy* [Reflections on the Fundamental Problems of Geomorphology. Selected Works]. Moscow, Publ. Media-PRESS, 526 p.
- Ufimcev G.F. 2008. Gory Zemli (klimaticheskiye tipy i fenomeny noveyshego orogeneza) [Earth's Mountains (Climatic Types and Phenomena of Recent Orogeny)]. Moscow, Publ. Nauchniy mir, 351 p.
- Bogdanov E.A., Hadbaatar S., Bazha S.N. 2024. Spatial–Temporal Analysis of the Air Temperature, Precipitation, and Aridity Index on the Territory of the Lake Baikal Basin. *Arid Ecosystems*, 14(4): 397–412. <https://doi.org/10.1134/S2079096124700367>
- Chen J., Zhang D., Yang X., Lehmkuhl F., Jiang W. 2022. The Effects of Seasonal Wind Regimes on the Evolution of Reversing Barchanoid Dunes. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 127(2): e2021JF006489. <https://doi.org/10.1029/2021JF006489>.
- Fryberger S.G. 1979. Dune Forms and Wind Regime. In: *A Study of Global Sand Seas*. Ed. by E.D. McKee. Washington, US Government Printing Office: 137–170. <https://doi.org/10.3133/pp1052>.
- Schoonover J.E., Crim J.F. 2015. An Introduction to Soil Concepts and the Role of Soils in Watershed Management. *Journal of Contemporary Water Research and Education*, 154(1): 21–47. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2015.03186.x>
- Tyumentseva E.M., Orel G.F. 2018. Atmospheric Processes in the South Baikal Basin and Their Role in Relief Formation. *Atmosphere*, 9(5): 1–18. <https://doi.org/10.3390/atmos9050176>.
- William M.M., Kaufman M.M. 2013. *Physical Geography: Great Systems and Global Environments*. New York, Cambridge University Press: 113–171.
- Zhou X., Sheng Z., Manevski K., Zhao R., Zhang Q., ... Yang Y. 2025. Can System Dynamics Explain Long-Term Hydrological Behaviors? The Role of Endogenous Linking Structure. *Hydrology and Earth System Sciences*, 29(1): 159–177. <https://doi.org/10.5194/hess-29-159-2025>

*Поступила в редакцию 03.08.2025;
поступила после рецензирования 14.09.2025;
принята к публикации 18.10.2025*

*Received August 03, 2025;
Revised September 14, 2025;
Accepted October 18, 2025*



Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тюменцева Елизавета Михайловна, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии, безопасности жизнедеятельности и методики Педагогического института, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Труханов Антон Эдуардович, преподаватель кафедры географии, безопасности жизнедеятельности и методики Педагогического института, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elizaveta M. Tyumentseva, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geography, Life Safety, and Methodology at the Pedagogical Institute, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Anton E. Trukhanov, Lecturer of the Department of Geography, Life Safety, and Methodology at the Pedagogical Institute, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia



УДК 912.4
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-5
EDN JEGCLK

Пространственные закономерности размещения родников на территории Республики Мордовия

Виняев Д.А., Маскайкин В.Н.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева,
Республика Мордовия, 430005, г. Саранск, ул. Большевистская, 68
vda1941@yandex.ru, mordrosgeo@mail.ru

Аннотация. Родники играют значительную роль не только в природной среде, поддерживая водный баланс рек и озер, но и в жизнедеятельности человека, являясь источником воды для хозяйственно-питьевых нужд. В целях углубленного изучения и всестороннего анализа особенно важно наличие различного материала, связанного с определением закономерностей выхода родников на земную поверхность. Целью исследования является выявление пространственных закономерностей размещения родников на территории Республики Мордовия. В результате исследования разработан и составлен картографический материал, ранее не представленный в работах по теме выхода родников на земную поверхность. С помощью обработки и анализа составленных картографических данных выявлены пространственные закономерности размещения родников на территории Мордовии, их приуроченность к различным гипсометрическим уровням. Полученные результаты вносят вклад в углубленное изучение природных источников и анализ пространственных закономерностей их размещения.

Ключевые слова: родники, Республика Мордовия, картографический материал, гидрология, геоинформационная система, размещение, пространственные закономерности

Для цитирования: Виняев Д.А., Маскайкин В.Н. 2026. Пространственные закономерности размещения родников на территории Республики Мордовия. Региональные геосистемы, 50(1): 62–70. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-5 EDN: JEGCLK

Spatial Patterns of the Location of Springs in the Republic of Mordovia

Dmitry A. Vinyayev, Victor N. Maskaikin

National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev,
68 Bolshevistskaya St., Saransk, 430005, Republic of Mordovia,
vda1941@yandex.ru, mordrosgeo@mail.ru

Abstract. Apart from playing a major role in the natural environment, maintaining the water balance of rivers and lakes, springs serve as places of recreational attraction for humans, sources for household and drinking needs. Therefore, the preservation of these unique natural objects is an important task of nature management. For the purpose of comprehensive study and analysis, it is necessary to have various materials on spring outlet formation patterns to the surface. The study is focused on identifying the spatial patterns of spring location in the Republic of Mordovia. During the research, cartographic material was compiled that had not previously been presented in the works. The maps clearly show the spatial patterns of the springs' location on the territory of Mordovia, their proximity to various hypsometric levels, and their quantitative distribution across the administrative regions of the republic. The research results contribute to an in-depth study of water springs in the territory of Mordovia and the analysis of their spatial patterns.



Keywords: springs, Republic of Mordovia, cartographic material, hydrology, geoinformation system, location, spatial patterns

For citation: Vinyaev D.A., Maskaikin V.N. 2026. Spatial Patterns of the Location of Springs in the Republic of Mordovia. *Regional Geosystems*, 50(1): 62–70 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-5 EDN: JEGCLK

Введение

Республика Мордовия расположена в центральной европейской части России, ее территория занимает восточную часть Восточно-Европейской равнины [Географический атлас..., 2012]. Поверхностные воды Мордовии представлены двумя крупными речными бассейнами рек Мокша и Сура [Атлас Республики Мордовия..., 2012]. К их бассейнам относятся многочисленные средние реки и мелкие речушки, которые в основном равнинные. Гидрология Мордовии представлена также выходом грунтовых вод на земную поверхность в виде родников. Стоит отметить, что месторасположение родников и их количество имеет свои особенности, которые связаны с географическим расположением территории, рельефом местности и природными условиями [Общие данные о родниках..., 2014]. Родники выходят на земную поверхность на склонах речных долин, в оврагах и низинах. Такое расположение выхода грунтовой воды связано с поверхностными потоками и их деятельностью.

Родники играют значительную роль в природной среде, являясь источником питания для рек и озер, поддерживая их водный баланс. Природные источники часто привлекают свое внимание живописным местоположением и тем самым представляют собой уникальные памятники природы и туристические рекреационные объекты [Бакина и др., 2022]. В жизнедеятельности населения Мордовии родники используются для хозяйственно-питьевых нужд, что свидетельствует о важности сохранения чистоты данных объектов. Нерациональная деятельность человека и неправильное обустройство природных источников может привести к ухудшению их состояния и в дальнейшем к полному исчезновению родников [Кузовлев, 2008]. Поэтому особенно важно сохранять эти уникальные природные источники.

На территории Мордовии в разное время проводились исследования родников по всей территории региона [Ямашкин и др., 1999; Бучацкая и др., 2014; Смирнов, 2014; Тесленок и др., 2014; 2016; Гришуткин, 2015; 2018; Гришуткин, Баянов, 2015]. На основе этих данных был составлен картографический материал, на основании которого выявлены закономерности пространственного размещения источников на исследуемой территории.

Целью исследования является определение пространственных закономерностей размещения родников на территории Республики Мордовия.

Объекты и методы исследования

В настоящее время родники пользуются большой популярностью с точки зрения природопользования [Плотников, 1990; Крайнов и др., 2004; Рохмистров, Колпаков, 2004; Тахтеев, Галимзянова, 2009; Каткова, Малолетко, 2013; Anjum et al., 2024; Bozau et al., 2024; Yan et al., 2024; Fernández-Ortega et al., 2024; Filipović et al., 2024; Никонорова и др., 2025]. Некоторые родники служат местом рекреационной привлекательности [Архипова и др., 2020; Орехова, 2024; Noque et al., 2024]. В данной работе объектом исследования являются пространственные закономерности размещения родников на территории Мордовии.

В результате работы были созданы 2 карты формата А2 масштабом 1 : 520 000 на территорию Республики Мордовии, на каждой из которых представлены определенные показатели. Для работы по созданию карт применялась открытая геоинформационная система *QGIS 2.18*, позволяющая создавать карты разного профиля. Карты составлены в системе плоских прямоугольных координат 1942 года (СК-42), что делает возможным их

практическое применение в работе с исследуемыми источниками. Каждый родник имеет привязку в системе координат 1942 года (СК-42), что дает возможность нанести их местоположение на карту с высокой точностью. Координаты родников были взяты из ранее опубликованных источников.

На первой карте «Расположение родников на территории Республики Мордовия» показана приуроченность родников к различным гипсометрическим уровням. Вторая карта «Количество родников в административных районах Республики Мордовия» показывает количественное соотношение родников по административным районам республики. Изучив и проанализировав данные составленного картографического материала, выявлены пространственные закономерности размещения родников на территории Мордовии.

Результаты и их обсуждение

В результате обработки и анализа многочисленной информации о родниках, составлен картографический материал, который способствует выявлению пространственных закономерностей выхода родников на территории Мордовии. Карта «Расположение родников на территории Республики Мордовия» отражает общее количество родников в рамках физической карты, где показаны различные элементы рельефа (возвышенности и низменности, горы) и природные объекты (реки) (рис. 1).

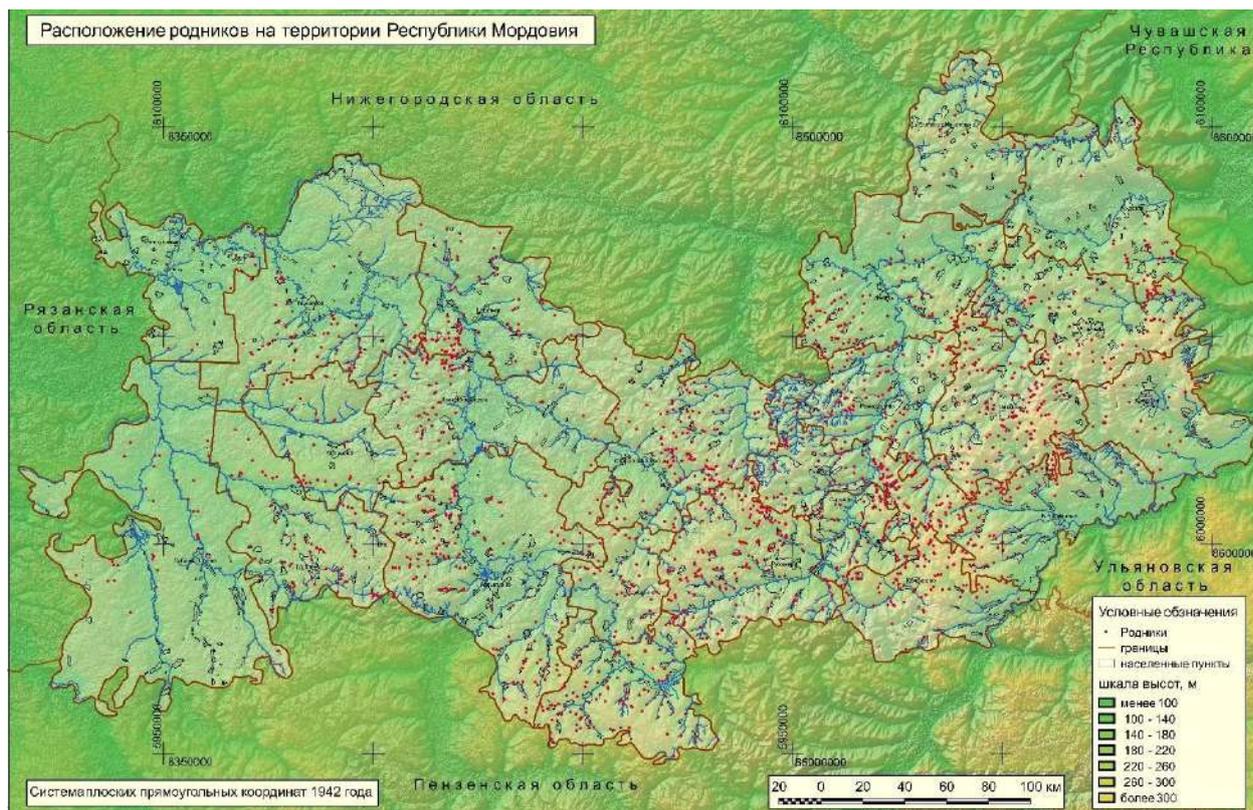


Рис.1. Карта «Расположение родников на территории Республики Мордовия»
Fig.2. Map "Number of Springs in the Administrative Districts of the Republic of Mordovia"

В легенде карты представлена шкала высот, которая позволяет наглядно обозначить рельеф на карте. Карта «Количество родников в административных районах Республики Мордовия» дает представление о количественном соотношении родников по административным районам республики, что позволяет более детально изучить и проанализировать пространственные закономерности выхода родников в регионе (рис. 2).

На данной карте для наглядного картографического изображения применяется способ картограмм, который насыщенностью цвета показывает интенсивность показателя количества источников в пределах районов Республики Мордовия.

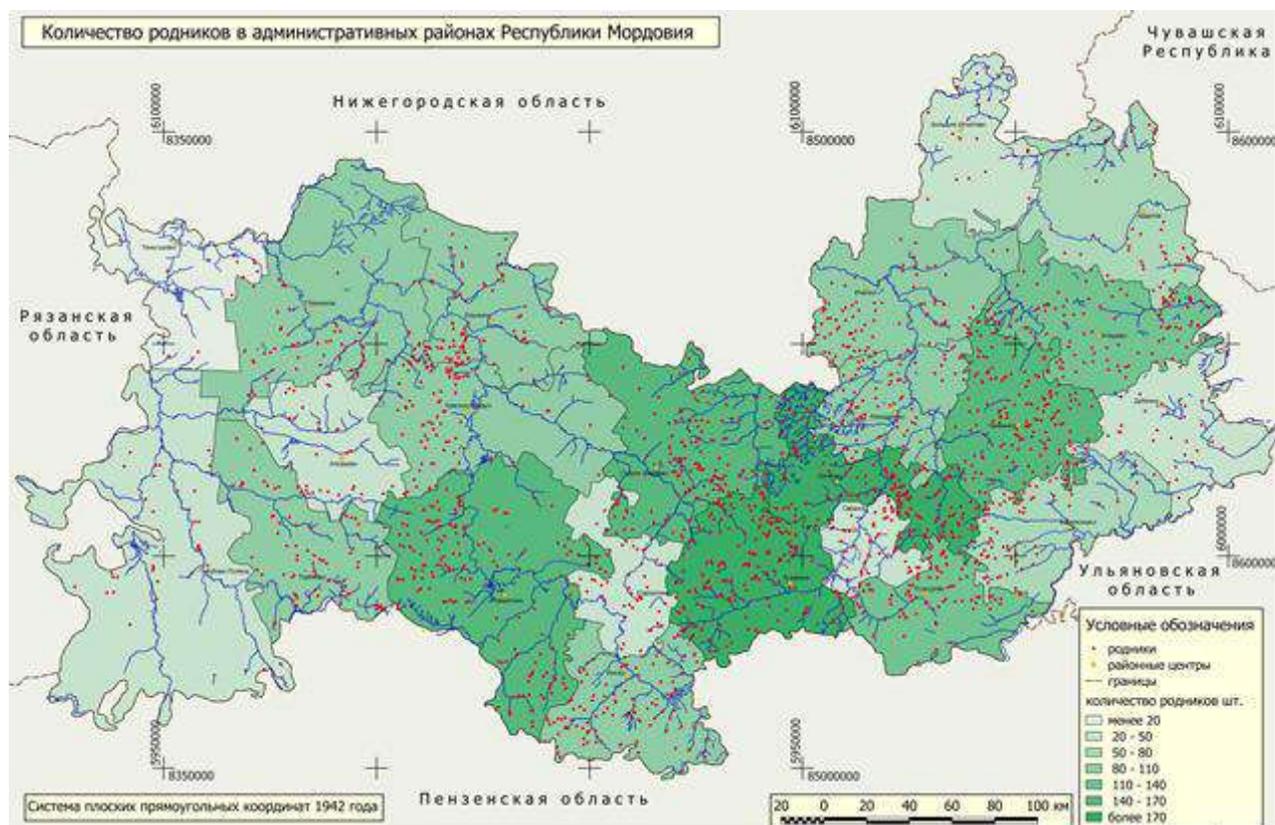


Рис.2. Карта «Количество родников в административных районах Республики Мордовия»
Fig.2. Map "Number of springs in the administrative districts of the Republic of Mordovia"

На каждой карте нанесено 2059 родников, которые расположены неравномерно на территории Республики Мордовия.

Основной рельеф Мордовии представляют Приволжская возвышенность, которая распространяется по восточной и центральной части и Окско-Донская низменность в западной части республики. Используя шкалу высот и анализируя картографический материал, можно отметить, что абсолютные высоты Приволжской возвышенности не более 350 м, а показатели высот Окско-Донской низменности не превышают 200 м. Наибольшее количество родников выходят на поверхность возвышенностей и лишь незначительное количество источников можно увидеть в низменностях. Значительная часть родников расположена поблизости от рек и озер по причине зависимости выхода источников от водного режима.

По территории Мордовии протекают две крупные реки – Мокша и Сура. Обе реки равнинные. Бассейн Мокши расположен на Окско-Донской низменности, здесь преобладают широкие пойменные речные долины. Бассейн Суры расположен на Приволжской возвышенности, рельеф которой сильно пересечен, имеются крутые возвышенности и склоны. Количество родников в бассейне Мокши составляет 850, в бассейне Суры насчитывается 1209 источников. Закономерностью пространственного распространения родников по территории Мордовии является наибольшее расположение их в центральной и восточной части республики. Таким образом, большинство крупных и мелких скоплений родников приурочены к бассейну Суры, расположенному на возвышенности. Одно крупное скопление источников отмечено на карте в западной части

республики на левом берегу реки Мокша. Географической особенностью расположения родников в Мордовии является их местоположение на склонах. Такие родники дают начало рекам и ручьям.

Картографическая информация на карте «Количество родников в административных районах Республики Мордовия» показывает количество родников и их распределение по административным районам республики, что дает наглядное представление о районировании исследуемых источников (см. рис. 2).

По карте можно отметить, что наибольшее количество родников выявлено в Ковылкинском, Чамзинском, Старошайговском, Лямбирском и Рузаевском районах. На карте «Количество родников в административных районах Республики Мордовия» эти районы выделены более насыщенным зеленым цветом. Население этих районов используют родниковую воду для хозяйственно-питьевых нужд, а также для сельскохозяйственных целей. Родники указанных районов питают местные реки и искусственные водоемы. Выход родников на поверхность именно в этих районах можно объяснить сочетанием геологических факторов и климатических условий региона. Ковылкинский, Старошайговский, Лямбирский и Рузаевский районы расположены на средне-расчлененной равнине и имеют среднюю заселенность. Чамзинский район расположился на сильно-расчлененной возвышенной равнине, заселен слабо. Подземные воды Старошайговского, Рузаевского и Лямбирского районов приурочены к нижнемеловым и верхнекаменноугольным отложениям, Ковылкинского района – к миоценовым, верхе- и нижнемеловым, Чамзинского района – к олигоценным и верхнемеловым отложениям.

Климат Мордовии умеренно-континентальный, способствует образованию и сохранению родников. На возвышенных территориях восточной и центральной частях республики распространены известняковые породы, которые обладают высокой водопроницаемостью и не препятствуют выходу подземных вод.

Наименьшее количество родников отмечено в г.о. Саранск, Теньгушевском, Кадошкинском и Атюрьевском районах. На карте «Количество родников в административных районах Республики Мордовия» эти районы можно определить по наименее насыщенному цвету. Теньгушевский и Атюрьевский районы расположены в западной части региона на слабо-расчлененной равнине. Заселенность Теньгушевского района сильная, Атюрьевского – слабая. Подземные воды этих районов приурочены к миоценовым и нижнемеловым отложениям. Равнинный рельеф местности и преобладание глинистых пород с низкой водопроницаемостью препятствуют выходу родников на поверхность.

Городской округ Саранск расположен на Приволжской возвышенности. Характерной чертой рельефа является асимметрия склонов, водоносный горизонт залегает на верхнемеловых отложениях. Количество подземных вод, питающихся атмосферными осадками, непостоянно, а содержание влаги меняется в зависимости от особенностей увлажнения. Данные ландшафтно-климатические особенности сильно влияют на выход родников в указанной местности. Малое количество родников в г.о. Саранск связано также с активной градостроительной и хозяйственной деятельностью.

Кадошкинский район расположен на средне-расчлененной равнине, ее поверхность изрезана сетью рек, речек и оврагов. Особенности увлажнения, связанные с питанием подземных рек атмосферными осадками, а также нерациональная хозяйственная деятельность человека являются основными причинами малого выхода родников в данном районе Мордовии.

Таким образом, анализируя пространственные закономерности выхода родников на территории Республики Мордовия, можно отметить влияние ландшафтно-климатических особенностей региона, связанных с непостоянством количества атмосферных осадков и изменением содержания влаги в водоносном горизонте. В таких условиях возможно исчезновение или появление новых родников.

Заключение

Родники, как и любые водные объекты, связаны с культурным и природным ландшафтом. Они стали местом притяжения людей, а также важным элементом среды обитания, которое характеризует качество жизни человека. Поэтому важно знать и изучать пространственные закономерности их территориального размещения.

Проделанная работа может служить хорошим руководством к изучению родников и анализу пространственных закономерностей их выхода на земную поверхность.

В настоящее время интерес к этим объектам набирает большую популярность, так как родники служат туристско-рекреационным объектом и источником чистой питьевой воды для населения. Карты расположения и количества родников можно применить для туристов в качестве определения маршрутов к природным источникам, расположенным в живописных местах.

Полученный картографический материал определяет закономерности размещения источников на территории Мордовии и может служить руководством для исследований родников, изучения и планирования мероприятий по охране природных источников чистой воды, а также их рекреационному развитию.

Знание точечного расположения родников на территории республики поможет и принесет пользу для развития сельского хозяйства. Учитывая месторасположение источников воды, можно с высокой точностью располагать системы для орошения земельных участков для сельскохозяйственных целей.

Список источников

- Атлас Республики Мордовия. Административное устройство, природа и ресурсы. Реки. 2012. Электронный ресурс. URL: <https://geo13.ru/atlas/nature/7> (дата обращения: 06 июня 2025).
- Географический атлас Республики Мордовия. 2012. Отв. ред. А.А. Ямашкин. Саранск, Издательство Мордовского университета, 204 с.
- Кузовлев В.В. 2008. Методические рекомендации по изучению и охране родников Тверской области. Тверь, Тверской государственный технический университет, 25 с.
- Общие данные о родниках и источниках. 2014. Электронный ресурс. URL: <https://energomash.pro/clauses/gidrogeologiya/obschie-dannye-o-rodnikakh-i-istochnikakh/> (дата обращения: 10 июня 2025).
- Смирнов В.М. 2014. Родники Мордовии: книга-путеводитель. Саранск, Зеленый мир, 64 с.

Список литературы

- Архипова И.В., Заносова В.И., Платонова С.Г., Смирнов В.В. 2020. Особенности формирования, распространения и современное состояние родников Алтайского края. Барнаул, ООО «Пять плюс», 112 с.
- Бакина Е.О., Енютин Д.М., Ильяев С.К. 2022. Опыт и возможности картографирования современного состояния родников на территории Республики Мордовия. Огарёв-Online, 4(173): 6.
- Бучацкая Н.В., Палибина И.С., Емельянова Н.А. 2014. Изучение и картографирование поверхностных вод Республики Мордовия и их рекреационное использование. В кн.: Картография и геодезия в современном мире. Материалы второй Всероссийской научно-практической конференции, Саранск, 8 апреля 2014. Саранск, Издательство Мордовского университета: 84–91.
- Гришуткин О.Г. 2015. Материалы изучения родников Мордовского заповедника и его окрестностей в 2015 г. Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича, 15: 212–215.
- Гришуткин О.Г. 2018. Родники Мордовского заповедника и его окрестностей: Материалы исследований 2014–2017 гг. Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича, 21: 180–190.

- Гришуткин О.Г., Баянов Н.Г. 2015. Материалы изучения родников Мордовского заповедника и его окрестностей в 2014 г. Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича, 14: 412–416.
- Каткова Е.Г., Малолетко А.М. 2013. Родники Алтая и их использование. Вестник Томского Государственного университета, 371: 178–182.
- Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. 2004. Геохимия подземных вод. М., Наука, 677 с.
- Никонорова И.В., Ильин В.Н., Викторов В.В., Никитин А.А., Ильина А.А. 2025. Хозяйственное использование родников Чувашской Республики. Региональные геосистемы, 49(1): 69–79. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-1-69-79>
- Орехова Г.А. 2024. Рекреационная привлекательность родников Красненского и Ракитянского районов Белгородской области. Региональные геосистемы, 48(1): 118–130. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-1-118-130>
- Плотников Н.И. 1990. Подземные воды – наше богатство. М., Недра, 205 с.
- Рохмистров В.Л., Колпаков Т.П. 2004. Родники Ярославского Поволжья. Ярославский педагогический вестник, 1–2(38–39): 182–189.
- Тахтеев В.В., Галимзянова А.В. 2009. Байкальские родники. Экология и жизнь, 2: 37–42.
- Тесленок К.С., Тесленок С.А., Манухов В.Ф. 2014. Геоинформационно-картографическое обоснование управленческих решений в использовании подземных вод. ИнтерКарто.ИнтерГИС, 20: 430–438.
- Тесленок С.А., Терешкин И.П., Тесленок К.С., Юдаков Ю.В. 2016. Геоинформационное картографирование экологического состояния родников. В кн.: Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Волгоград, 17–18 ноября 2016. Волгоград, Издательство ВолГУ: 428–435.
- Ямашкин А.А., Сафонов В.Н., Шутов А.М., Свиридов А.А., Кочуров Б.И., ... Миронов С.И. 1999. Водные ресурсы Республики Мордовия и геоэкологические проблемы их освоения. Саранск, Издательство Мордовского университета, 188 с.
- Anjum M., Siddique N., Younis H., Faiz Y., Shafique M.A., ... Younas M. 2024. Chemometric Evaluation, Source Apportionment, and Health Risk Analysis of Natural Spring Water in Murree, Outer Himalayas. Journal of Trace Elements and Minerals, 10(1): 100195. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2024.100195>
- Bozau E., Schäfer T., Licha T. 2024. Spring Water Monitoring in the Upper Harz Mountains: Precipitation, Runoff and Specific Electrical Conductivity. Science of the Total Environment, 939: 173565. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173565>
- Fernández-Ortega J., Ulloa-Cedamano F., Barberá J.A., Batiot-Guilhe Ch., Jourde H., Andreo B. 2024. A Common Framework for the Development of Spring Water Contamination Early Warning System in Western Mediterranean Karst Areas: Spanish and French Sites. Science of the Total Environment, 956: 177294. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177294>
- Filipović M., Terzić J., Reberski J.L., Vlahović I. 2024. Dataset on Hydrogeochemical Characteristics of Spring and Surface Waters in the Complex Karst Catchment Area of Southern Dalmatia (Croatia) and Western Herzegovina (Bosnia and Herzegovina). Data in Brief, 57: 111173. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.111173>
- Hoque M.A., Amponsah K.B., Blum A., Walton N., Dennis P., ... Fowler M. 2024. The Origin and Water Quality of Spring Systems in Monchique, Portugal: A Focus on Long-Term Sustainability and Elevated Sodium Levels. Journal of Hydrology, 637(1): 131363. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131363>
- Yan Ch., Gu Y., Li P., Zhai F., Liu C., ... Wu W. 2024. Bi-Layered Spring-Neap Variability of Water Masses in Estuaries and the Impact of Human Activities. Water Research, 266: 122413. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122413>

References

- Arkhipova I.V., Zorosova V.I., Platonova S.G., Smirnov V.V. 2020. Osobennosti formirovaniya. rasprostraneniya i sovremennoye sostoyaniye rodnikov Altayskogo kraya [Features of the Formation, Distribution and Current State of the Springs of the Altai Territory]. Barnaul, Publ. OOO Pyat plyus, 112 p.



- Bakina E.O., Enyutin D.M., Ilkaev S.K. 2022. Mapping of Springs on the Territory of the Republic of Mordovia: Practices and Potential. *Ogarev-online*, 4(173): 6 (in Russian).
- Buchatskaya N.V., Palibina I.S., Emelyanova N.A. 2014. *Izucheniye i kartografirovaniye poverkhnostnykh vod Respubliki Mordoviya i ikh rekreatsionnoye ispolzovaniye* [Study and Mapping of Surface Waters of the Republic of Mordovia and Their Recreational Use]. In: *Kartografiya i geodeziya v sovremennom mire* [Cartography and Geodesy in the Modern World]. Materials of the second All-Russian Scientific and Practical Conference. Saransk, 8 April 2014. Saransk, Publ. Mordovian University Press: 84–91.
- Grishutkin O.G. 2015. *Materialy izucheniya rodnikov Mordovskogo zapovednika i ego okrestnostey v 2015 g.* [Materials for the Study of the Springs of the Mordovian Reserve and Its Environs in 2015]. *Trudy Mordovskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika im. P.G. Smidovicha*, 15: 212–215.
- Grishutkin O.G. 2018. *Rodniki Mordovskogo zapovednika i ego okrestnostey: Materialy issledovaniy 2014–2017 gg* [Springs of the Mordovian Reserve and Its Environs. Research Materials 2014–2017]. *Trudy Mordovskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika im. P.G. Smidovicha*, 21: 180–190.
- Grishutkin O.G., Bayanov N.G. 2015. *Materialy izucheniya rodnikov Mordovskogo zapovednika i ego okrestnostey v 2014 g.* [Materials for the Study of the Springs of the Mordovian Reserve and Its Environs in 2014]. *Trudy Mordovskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika im. P.G. Smidovicha*, 14: 412–416.
- Katkova E.G., Maloletko A.M. 2013. *Altai Springs and Their Use*. *Tomsk State University Journal*, 371: 178–182 (in Russian).
- Krainov S.R., Ryzhenko B.N., Shvets V.M. 2004. *Geokhimiya podzemnykh vod* [Groundwater Geochemistry]. Moscow, Publ. Nauka, 677 p.
- Nikonorova I.V., Ilyin V.N., Viktorov V.V., Nikitin A.A., Ilyina A.A. 2025. *Economic Use of Springs in the Chuvash Republic*. *Regional geosystems*, 49(1): 69–79 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-1-69-79>
- Orekhova G.A. 2024. *Recreational Attractiveness of Springs Krasnensky and Rakityansky Districts of the Belgorod Region*. *Regional geosystems*, 48(1): 118–130 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-1-118-130>
- Plotnikov N.I. 1990. *Podzemnyye vody – nashe bogatstvo* [Groundwater is Our Wealth]. Moscow, Publ. Nedra, 205 p.
- Rokhmistrov V.L., Kolpakov T.P. 2004. *Rodniki Yaroslavskogo Povolzhia* [Springs of the Yaroslavl Volga Region]. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*, 1–2(38–39): 182–189.
- Takhteev V.V., Galimzyanova A.V. 2009. *The Baikal Springs*. *Ekologiya i zhizn*, 2: 37–42 (in Russian).
- Teslenok K.S., Teslenok S.A., Manukhov V.F. 2014. *Geoinformational Cartographic Substantiation of Management Decisions in the Use of Groundwater*. *InterCarto.InterGIS*, 20: 430–438 (in Russian).
- Teslenok S.A., Tereshkin I.P., Teslenok K.S., Yudakov Yu.V. 2016. *Geoinformatsionnoye kartografirovaniye ekologicheskogo sostoyaniya rodnikov* [Geoinformation Mapping of the Ecological State of Springs]. In: *Ekologicheskaya bezopasnost i okhrana okruzhayushchey sredy v regionakh Rossii: teoriya i praktika* [Environmental Safety and Environmental Protection in the Regions of Russia: Theory and Practice]. Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference, Volgograd, 17–18 November 2016. Volgograd, Publ. VolSU: 428–435.
- Yamashkin A.A., Safonov V.N., Shutov A.M., Sviridov A.A., Kochurov B.I., ... Mironov S.I. 1999. *Water Resources of Republic Mordovia and Geo-Ecological Problems of Their Development*. Saransk, Publ. Mordovian University Press, 188 p. (in Russian).
- Anjum M., Siddique N., Younis H., Faiz Y., Shafique M.A., ... Younas M. 2024. *Chemometric Evaluation, Source Apportionment, and Health Risk Analysis of Natural Spring Water in Murree, Outer Himalayas*. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 10(1): 100195. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2024.100195>
- Bozau E., Schäfer T., Licha T. 2024. *Spring Water Monitoring in the Upper Harz Mountains: Precipitation, Runoff and Specific Electrical Conductivity*. *Science of the Total Environment*, 939: 173565. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173565>
- Fernández-Ortega J., Ulloa-Cedamanos F., Barberá J.A., Batiot-Guilhe Ch., Jourde H., Andreo B. 2024. *A Common Framework for the Development of Spring Water Contamination Early Warning System*



- in Western Mediterranean Karst Areas: Spanish and French Sites. *Science of the Total Environment*, 956: 177294. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177294>
- Filipović M., Terzić J., Reberski J.L., Vlahović I. 2024. Dataset on Hydrogeochemical Characteristics of Spring and Surface Waters in the Complex Karst Catchment Area of Southern Dalmatia (Croatia) and Western Herzegovina (Bosnia and Herzegovina). *Data in Brief*, 57: 111173. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.111173>
- Hoque M.A., Amponsah K.B., Blum A., Walton N., Dennis P., ... Fowler M. 2024. The Origin and Water Quality of Spring Systems in Monchique, Portugal: A Focus on Long-Term Sustainability and Elevated Sodium Levels. *Journal of Hydrology*, 637(1): 131363. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131363>
- Yan Ch., Gu Y., Li P., Zhai F., Liu C., ... Wu W. 2024. Bi-Layered Spring-Neap Variability of Water Masses in Estuaries and the Impact of Human Activities. *Water Research*, 266: 122413. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122413>

*Поступила в редакцию 25.07.2025;
поступила после рецензирования 04.09.2025;
принята к публикации 21.10.2025*

*Received July 25, 2025;
Revised September 04, 2025;
Accepted October 21, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Виняев Дмитрий Алексеевич, студент института геоинформационных технологий и географии, кафедра физической и социально-экономической географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, г. Саранск, Республика Мордовия

Dmitry A. Vinyaev, student at the Institute of Geoinformation Technologies and Geography, Department of Physical and Socioeconomic Geography, National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev, Saransk, Republic of Mordovia

Маскайкин Виктор Николаевич, кандидат географических наук, доцент института геоинформационных технологий и географии, кафедра физической и социально-экономической географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, г. Саранск, Республика Мордовия

Victor N. Maskaikin, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Institute of Geoinformation Technologies and Geography, Department of Physical and Socio-Economic Geography, National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev, Saransk, Republic of Mordovia



УДК 911.9
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-6
EDN JGMFOU

Проблемы и перспективы внедрения раздельного накопления отходов в Российской Федерации

Филатов А.Н., Тихий В.И.

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева
Россия, 302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95
anfilat1975@mail.ru, tikhii@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена проблемам внедрения в Российской Федерации раздельного накопления твёрдых коммунальных отходов (ТКО). В средствах массовой информации преобладают позитивные оценки процесса модернизации российской системы обращения с ТКО. Однако более глубокий анализ показывает, что многие регионы испытывают проблемы при реформировании отношений в сфере обращения с отходами. В частности, имеются затруднения в обеспечении раздельного накопления отходов (РНО) населением и хозяйствующими субъектами. Данное обстоятельство создаёт риски для достижения ключевых показателей федерального проекта «Экономика замкнутого цикла». Целью статьи является анализ сложившейся ситуации в сфере первичной селекции ТКО и предложение системы мер, необходимых для повышения экономической и экологической эффективности разделения отходов их образователями. Представлены причины, препятствующие достижению ожидаемых результатов от селекции отходов. С учетом анализа негативного опыта начального этапа внедрения РНО в одном из субъектов Российской Федерации, даны рекомендации по оптимизации указанного процесса. Результаты исследования могут быть использованы для повышения эффективности селекции отходов. Представленные рекомендации касаются оптимизации управленческих, логистических и информационно-просветительских функций в сфере обращения с ТКО, исполняемых властями федерального, регионального и местного уровней.

Ключевые слова: селекция отходов, утильные фракции, вторичное сырьё, фракционный состав отходов, экологическое просвещение, экологическая культура

Для цитирования: Филатов А.Н., Тихий В.И. 2026. Проблемы и перспективы внедрения раздельного накопления отходов в Российской Федерации. Региональные геосистемы, 50(1): 71–82. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-6 EDN: JGMFOU

Problems and Prospects of Introducing Separate Waste Collection in the Russian Federation

Alexander N. Filatov, Vladimir I. Tikhii
Orel State University named after I.S. Turgenev
95 Komsomolskaya St., Oryol 302026, Russia
anfilat1975@mail.ru, tikhii@yandex.ru

Abstract. Since 2019, the Russian Federation has been reforming the municipal solid waste (MSW) management system. Fundamental changes are expressed in the centralization of waste flow management, in the use of a single tariff and regulatory framework by regions, and in the introduction of the institution of regional operators. A separate area of reform is the introduction of separate waste collection, which allows the return of waste fractions to production. This article is devoted to the problems of introducing

© Филатов А.Н., Тихий В.И., 2026

separate collection of MSW in the Russian Federation. Positive assessments of the Russian MSW management system modernization prevail in the mass media. However, a deeper analysis shows that many regions experience problems in reforming relations in the sphere of waste management. In particular, there are difficulties in ensuring separate accumulation of waste by the population and economic entities. This circumstance hampers the achievement of key indicators of the "Closed Cycle Economy" federal project. The purpose of the article is to analyze the current situation in the sphere of primary selection of MSW and to propose a system of measures necessary to improve the economic and environmental efficiency of waste separation by their generators. Reasons preventing the achievement of expected results from waste selection are presented. The negative experience gained at the initial stage of the implementation of separate waste accumulation in one of Russia's regions allows drawing recommendations of ways to optimize management, logistics, and informational and educational functions in the sphere of MSW handling performed by federal, regional and local authorities. The study findings may be used to increase the efficiency of waste selection.

Keywords: waste selection, waste fractions, secondary raw materials, fractional composition of waste, environmental education, environmental culture

For citation: Filatov A.N., Tikhii V.I. 2026. Problems and Prospects of Introducing Separate Waste Collection in the Russian Federation. *Regional geosystems*, 50(1): 71–82 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-6 EDN: JGMFOU

Введение

Реформирование системы обращения с твёрдыми коммунальными отходами (ТКО), начавшееся в Российской Федерации в 2019 году, предусматривает ряд нововведений. Среди них – централизация управления потоками ТКО региональными операторами, единая тарифно-нормативная база системы обращения с отходами в пределах каждого субъекта Федерации, обязательность платежей для всех образований отходов.

Особое место в рамках реформы занимает внедрение раздельного накопления отходов (РНО). Первичная селекция отходов их образателями широко практиковалась в СССР [Сираждинов, 2021]. Население сдавало в организованные государством пункты приема стеклотару, макулатуру, текстиль, лом металлов. В ряде регионов был организован сбор пищевых отходов, поступавших на животноводческие предприятия. Эффективность данной системы обеспечивалась законодательством [О коренном улучшении..., 1986], централизацией потоков вторичного сырья и мотивационными инструментами (разъяснение важности экономии ресурсов, достойная оплата и социальное поощрение за сдачу утильных видов отходов).

Распад СССР привел к дезинтеграции системы селекции отходов. С 1990-х годов в обращение с ТКО Российской Федерации велось по простейшей схеме и сводилось к вывозу их неразделённой массы на полигоны. Ежегодно на полигонах размещалось от 210 до 350 млн м³ (30–50 млн тонн) отходов, что было нерационально как по экономическим, так и по экологическим соображениям [ЕМИСС. Государственная статистика, 2025]. Захоронение ТКО означало безвозвратную утрату ресурсов и требовало дополнительной добычи первичного сырья, а растущие полигоны увеличивали негативное воздействие на окружающую среду [Олива и др., 2022; Прокофьева, Сергеев, 2023].

Позднее в условиях социально-экономической стабилизации возник запрос на модернизацию системы обращения с отходами. Возврат к советской модели РНО был затруднителен по причинам многократного увеличения разновидностей отходов, усложнения их состава, внедрения композитных упаковок. Кроме того, была утрачена отраслевая централизация, замещённая рыночными отношениями, в рамках которых сформировались новые представления о ценности вторичного сырья.

Федеральным проектом «Экономика замкнутого цикла», включённым в национальный проект «Экологическое благополучие», предусмотрено, что к 2030 году весь объём твёрдых коммунальных отходов должен поступать на сортировочные комплексы, отбирающие и возвращающие в производственные процессы утильные фракции. Соответственно, перспективная функция полигонов – захоронение остатков сортировки, не имеющих потенциала хозяйственного использования. Данным федеральным проектом предполагается, что к 2030 году на полигонах будет размещаться менее 50 % массы образующихся ТКО, а минимум 25 % отходов получают «новую жизнь» путём возврата в производственные циклы в качестве вторичного сырья [Паспорт Федерального проекта..., 2025]. Достижение данных показателей является важным по следующим причинам:

- возвращение утильных фракций в экономику будет способствовать снижению потребления первичных ресурсов (нефть, газ, древесина, руды, пресная вода) и развитию производств из вторичного сырья (с созданием рабочих мест и налогооблагаемой базы) [Буданов, 2019; Валинеева, Степанова, 2020; О порядке подтверждения..., 2024];
- сокращение массы ТКО, направляемых на захоронение, позволит закрыть (рекультивировать) многие старые полигоны и сократить негативное воздействие на окружающую среду при эксплуатации новых полигонов.

Объекты и методы исследования

Исследование основано на изучении ряда категорий источников. Среди них – нормативные правовые акты федерального и регионального уровней, регулирующие оборот ТКО, территориальные схемы обращения с отходами, статистические и аналитические материалы публично-правовой компании «Российский экологический оператор», научные статьи, посвящённые проблеме селекции и утилизации отходов. Учитывая большой и позитивный опыт ряда зарубежных стран в организации селекции и утилизации коммунальных отходов, произведён анализ правовых и логистических аспектов обращения с ТКО в Германии, Швеции, Японии.

В связи с тем, что объект исследования (сфера раздельного накопления ТКО) изучался как на федеральном, так и на региональном уровне, большое значение имело сотрудничество авторов с региональным оператором ООО «УК «Зеленая Роща», обеспечивающим обращение с ТКО на территории Орловской области. В частности, предоставленная региональным оператором адресная база мест накопления отходов использовалась для анализа рациональности установки контейнеров для РНО. Кроме того, в качестве источника информации применялись данные социологических опросов школьников и студентов, проведенные авторами в рамках уроков экологического просвещения в 2024 и 2025 годах.

Методами исследования явились: исторический, статистический, сравнительно-географический, социологического опроса и метод визуального обследования территории.

Результаты и их обсуждение

В первые годы реформирования системы обращения с ТКО доминировало мнение о том, что сортировочные комплексы способны обеспечить эффективное разделение отходов и возврат в экономику значительной части утильных фракций в качестве вторичных ресурсов. В настоящее время сортировочные комплексы работают в большинстве субъектов России, однако практика эксплуатации показывает, что достижение целевых показателей Федерального проекта «Экономика замкнутого цикла» только за счёт их деятельности невозможно. Процент отбора комплексами утильных фракций (бумага, картон, отдельные виды полимеров, стекло, металлы) варьирует от 4 % до 40 % [Ильиных, 2014], однако анализ территориальных схем обращения с отходами разных регионов показывает, что эффективность сортировки в большинстве случаев не превышает 12–15 %.

Указанный уровень селекции на первый взгляд кажется крайне низким – исследования морфологического состава ТКО в субъектах Российской Федерации показали, что в массе первичных отходов содержится не менее 29–30 % фракций с потенциалом переработки в новые изделия [Вахитов и др., 2013; Зайцев и др., 2015; Абрамов, 2023]. Данная оценка не учитывает возможность энергетической утилизации пищевых, садовых, деревянных, текстильных, резиновых и кожаных отходов (совокупная доля – 40–42 %) после изготовления из них RDF-топлива (*Refuse-derived Fuel*) для локальных котельных, цементных и металлургических производств.

Одна из причин невысокой эффективности сортировочных комплексов – состояние потенциально утильных фракций при сборе ТКО без предварительной селекции (принцип «одного мусорного ведра»). В частности, бумага и картон после контакта с пищевыми отходами снижают или теряют ресурсную ценность, а полимеры, загрязняясь органикой, требуют использования пресной воды, электроэнергии и дополнительного труда для направления в переработку. Таким образом, традиционный сбор ТКО лишает некоторые фракции отходов ресурсной ценности, либо (как в случае с полимерами) требует высоких затрат на подготовку вторсырья к переработке. В связи с этим, сортировочные комплексы, увеличивая процент отбора вторичных ресурсов, сталкиваются с ростом предельных издержек, и «глубокая сортировка» отходов становится невыгодной. Закономерно, что многие комплексы ограничиваются селекцией наиболее ликвидных фракций (ПЭТФ, ПЭВП, металлы).

Очевидным решением проблемы низкой экономической и экологической эффективности промышленной сортировки ТКО может стать отдельный сбор отходов их образователями (гражданами и юридическими лицами). Ряд зарубежных стран, в частности, Германия, Швеция, Япония, достигли значительных успехов в селекции отходов [Чернышев, Рей Санчес, 2016; Алиев, Чипига, 2018; Улащик и др., 2020; Насибулина, 2023; Ларионова, 2024]. Однако, прямое заимствование их опыта не представляется возможным в силу ряда правовых, инфраструктурных и ментальных факторов. Данные страны практикуют сложную схему селекции с использованием 4–5 типов контейнеров, применяют систему законодательных мер, стимулирующих строгое соблюдение принципов обращения с отходами.

На практике, в субъектах Российской Федерации были реализованы два варианта РНО. Наиболее простой и для образователей отходов, и для логистической организации – «двухконтейнерная» схема, предполагающая накопление ТКО в контейнерах двух типов: обычных (для отходов, не подлежащих переработке) и специальных (для утильных фракций (предварительно отобранные картон, бумага, металлы, стекло, полимеры)). Данная схема, в частности, реализуется в Курской, Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областях. Меньшая часть субъектов выбрала более сложные схемы, предусматривающие разделение утильных фракций по отдельным типам контейнеров (например, контейнеры для полимерных отходов и контейнеры для стекла и картона). Подобная практика внедряется в Москве, Санкт-Петербурге, Московской, Ленинградской и Воронежской областях. В обоих вариантах селекции, предполагается, что отобранные утильные фракции вывозятся отдельными («чистыми») мусоровозами без смешения с неразделенными ТКО.

Отдельная проблема состояла в том, что в соответствии с законодательством, закупка мусоронакопительных ёмкостей, в том числе и специальных контейнеров для РНО, должна осуществляться за счёт местных бюджетов [Об отходах производства ..., 1998], которые в большинстве регионов характеризуются ограниченностью расходных возможностей. С учётом этого, для стимулирования внедрения РНО, в 2021 и 2022 годах Правительство Российской Федерации выделило субъектам порядка 2,5 млрд. рублей в рамках целевой субсидии. Данные средства были доведены до муниципальных образований, осуществивших закупку контейнеров для утильных фракций.

На сайте ППК «РЭО» [Раздельное накопление отходов..., 2025] и официальных Интернет-ресурсах регионов публикуются оптимистичные оценки, основанные на увеличении количества контейнеров для РНО и росте доли населения, вовлечённого в первичную селекцию отходов. Однако, экспертное сообщество свидетельствует о ряде проблем, возникших при внедрении раздельного накопления ТКО [Глеба, Чудакова, 2020; Дружакина, 2020; Моторин, 2022].

Проблемы касаются всех этапов логистической цепочки:

- часто контейнеры для РНО используются для размещения смешанных отходов;
- фиксируются факты вывоза контейнеров разных типов одним мусоровозом;
- сортировочные комплексы, получившие отобранные утильные фракции, периодически испытывают проблемы с их сбытом.

Последняя проблема является крайне существенной. В период с 2020 по 2025 год рынок вторичных ресурсов в России характеризовался сильной волатильностью. Периоды роста спроса и цен на утильные фракции сменялись этапами кризисов соответствующих рынков. В частности, в 2022 году отмечалось существенное снижение цен на бумагу, картон, полимерную плёнку и ПЭТФ. Причинами стали санкции, снижение экспортного потенциала отраслей, использующих вторичное сырьё, запрет на поставки оборудования, используемого для переработки утильных фракций. В данных обстоятельствах, при отсутствии существенных государственных преференций для производств, использующих вторичное сырьё, потенциальные инвесторы будут осторожно оценивать перспективы вложения средств в переработку отходов.

Наиболее скептические оценки содержат мнение о том, что внедрение РНО в России – лишь дань глобальной «экологической моде», своего рода «карго-культ», имитирующий внешние атрибуты иностранной практики, и не направленный на достижение реального экономико-экологического эффекта.

Наличие статистики и отчётность регионального оператора ООО «УК «Зеленая Роща» позволяют провести предметный анализ эффективности начального этапа внедрения разделения отходов в Орловской области, выбравшей «двухконтейнерную» схему. В 2021 и 2022 годах регион вошел в число 46 и 43 субъектов, заявки которых на получение субсидии на покупку контейнеров для РНО одобрило Правительство Российской Федерации. Средства субсидии, доведённые до муниципалитетов, были потрачены на покупку более 2 600 специальных контейнеров. Расстановке ёмкостей для РНО предшествовала информационная компания, в рамках которой населению были разъяснены важность и технические принципы селекции отходов.

Фракционный состав ТКО, образуемых в Орловской области, свидетельствует о высоком потенциале первичной селекции отходов. Исследования, проведённые специализированной организацией ООО «Янэнерго» (рис. 1), показали наличие в первичной массе ТКО порядка 30 % утильных фракций (бумага, картон, полимеры, стекло, металлы). С экономико-технологической точки зрения, данный показатель несколько меньше (на 2–3 %). Это обусловлено отсутствием в Российской Федерации рентабельных технологий переработки некоторых категорий полимеров (полистирол, ПВХ, пластики сложной химической структуры).

Исходя из общей ёмкости установленных в Орловской области контейнеров для РНО и предельной периодичности их вывоза, определённой региональным законодательством (не реже одного раза в неделю) можно было прогнозировать ежемесячный вывоз на сортировочные комплексы порядка 12 тыс. м³ (или 1400–1500 тонн) отобранных утильных фракций.

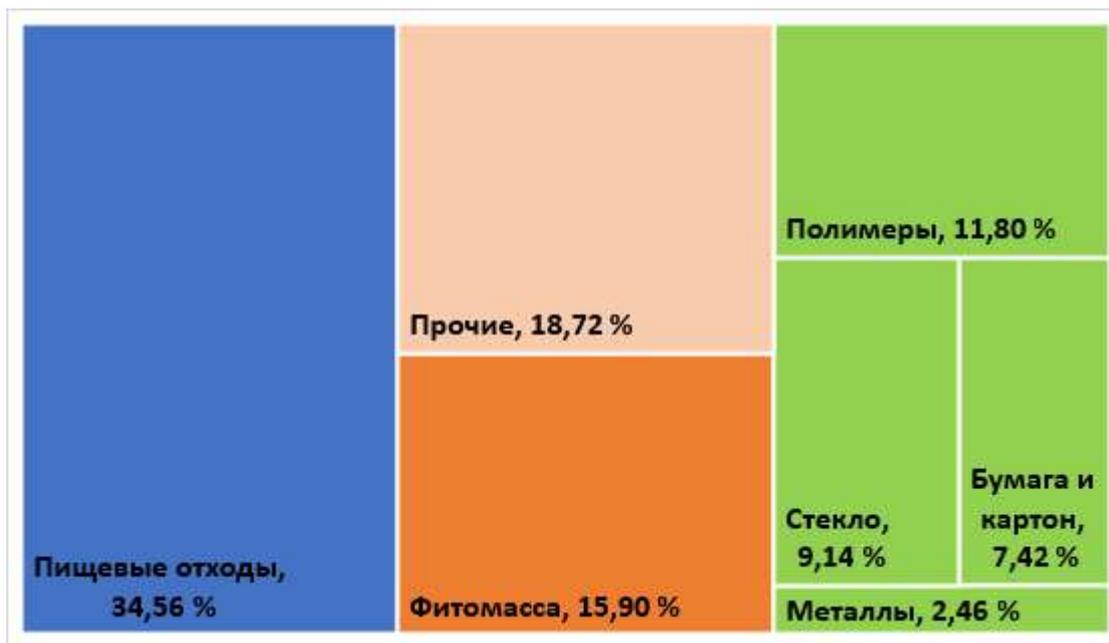


Рис. 1. Усреднённый фракционный состав ТКО в Орловской области (составлено авторами по [Определение нормативов..., 2022])
Fig. 1. Average fractional composition of MSW in the Oryol region (compiled by the authors based on [Definition of standards..., 2022])

Однако, фактические данные регионального оператора свидетельствует о ежемесячном сборе 70–80 тонн вторичных ресурсов. Таким образом, эффективность использования контейнеров для РНО не превышает 5–6 %. Отсутствие ожидаемых результатов объясняется рядом факторов:

1. Низкая результативность социальной рекламы, носившей формальный характер. Разовые публикации в региональных СМИ и несколько сюжетов, показанных местными телеканалами, имели крайне низкий уровень конверсии в экологически осознанное поведение образователей отходов.

Примечательны результаты опроса, проведенного авторами статьи в 2024–2025 годах среди студентов и учащихся 10–11 классов г. Орла в рамках уроков экологического просвещения. Среди 750 респондентов, только 9 (1,2 %) были проинформированы о назначении и порядке использования контейнеров для РНО.

2. Неправильный выбор мест расстановки указанных контейнеров. С учетом ограниченности средств местных бюджетов, наличие «бесплатных» контейнеров было расценено как возможность пополнить дефицит мусоронакопительных ёмкостей на площадках, устройство которых относится к обязательствам муниципалитетов (площадки частного сектора, кладбищ, улично-дорожной сети). Очевидно, что потенциал селекции отходов на площадках указанных территорий крайне низок.

Рис. 2 отражает размещение контейнеров для РНО на ряде площадок вдоль улично-дорожной сети в секторе частной жилой застройки Заводского района г. Орла.

Локализация контейнеров не способствует их целевому использованию по ряду причин:

- размещение у дорог приводит к складированию неразделенных отходов с проезжающего автотранспорта;
- в частном секторе контейнеры регулярно заполняются растительными отходами (ветки, трава, ботва, листва);
- специфика частного сектора (территориальная разобщённость и отсутствие общедомового имущества) не способствует консолидированному поведению и затрудняет внедрение социально полезных инноваций.



Рис. 2. Схема размещения контейнеров для раздельного накопления отходов в пределах локальной территории Заводского района г. Орла (составлено авторами по результатам обследования территории)

Fig. 2. Layout of containers for separate waste collection within the local territory of Zavodskoy district of Oryol (compiled by the authors based on the results of a survey of the territory)

Примечательно, что на одной из площадок контейнер для РНО является единственной накопительной ёмкостью, в связи с чем жители вынуждены использовать его для размещения отходов, не подлежащих переработке.

3. Конструктивный тип и внешний вид контейнеров для РНО. В Орловской области были закупленные стандартные металлические контейнеры ёмкостью 1,1 м³. Для отличия от ёмкостей для неразделенных ТКО их окрасили в синий цвет и нанесли маркировку одного из двух видов:

- иконографика с символическим изображением утильных фракций;
- надпись «Для сухих отходов», не способствующая, как показала практика, однозначному пониманию назначения контейнеров для РНО. В частности, сотрудники коммунальных служб г. Орла, формально руководствуясь данной надписью, неоднократно размещали в данных контейнерах сухую листву.

Вероятно, более удачной практикой является использование сетчатых контейнеров с яркой окраской, облик которых способствует размещению в них отходов нужных видов (полимерная и стеклянная тара, бумага и картон, алюминиевая банка).

Отдельной проблемой стало отсутствие должного социального запроса на вовлеченность в селекцию отходов. Участие в 2023 и 2024 годах в собраниях собственников помещений многоквартирных домов и сходах жителей частного сектора показало, что основная часть населения интересуется исключительно утилитарными вопросами – своевременным вывозом ТКО и размером оплаты за данную услугу. Степень сортировки и повторного использования отходов, объёмы и места их захоронения интересуют только немногочисленных эко-активистов.

Заключение

С учетом указанных проблем, для достижения к 2030 году главного целевого показателя Федерального проекта «Экономика замкнутого цикла» – переработка не менее 50 % ТКО, нужна корректировка политики в сфере обращения с отходами на федеральном, региональном и местном уровнях.

Задача федерального масштаба – создать «правила игры», способствующие востребованности вторичного сырья. Фактически, отрасль по переработке утильных фракций должна строиться «с конца»: даже высокий уровень селекции отходов населением не способен дать эколого-экономический эффект без реальной потребности производства во вторичном сырье.

Примечательны проблемы организации производства RDF-топлива из древесных отходов и мелких фракций текстиля, кожи, резины и прочих горючих компонентов. Предполагалось, что производство данного топлива позволит повысить уровень переработки отходов и снизить объемы их захоронения на полигонах. Однако реальная востребованность RDF-топлива цементными и металлургическими производствами оказалось ниже прогнозируемой в силу сравнительно высокой стоимости, затрат на транспортировку и дешевизны природного газа на внутреннем рынке. Вероятно, без государственного субсидирования спрос на данное альтернативное топливо будет невысоким. Аналогичные меры необходимо и для стимулирования вовлечения во вторичный оборот утильных фракций ТКО. В настоящее время государственная политика в данном направлении в основном нацелена на снижение экологического сбора для предприятий, производящих товары с использованием вторичного сырья.

На региональном и муниципальном уровнях необходимо повысить эффективность исполнения обязательств, определенных Федеральным законом № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». К данным обязательствам, в частности, относятся:

- разработка и утверждение территориальных схем обращения с отходами, содержащих сведения о местах накопления ТКО;
- устройство контейнерных площадок, их оснащение контейнерами (в том числе, и для РНО), содержание мусоронакопительных ёмкостей в надлежащем состоянии;
- экологическое воспитание и формирование культуры в сфере обращения с ТКО.

В свете имеющихся проблем с организацией РНО, исполнение указанных обязательств регионального и местного уровня предполагают реализацию следующих мер:

1. Установка контейнеров для РНО в местах, имеющих реальный потенциал селекции отходов. До формирования экологически осознанного поведения большей части населения, размещение контейнеров для утильных фракций вдоль улично-дорожной сети, на общественных кладбищах, в секторе частной жилой застройки представляется нецелесообразным. Более того, в нынешних реалиях данная практика может дать негативный эффект: контейнеры для РНО, заполненные смешанными отходами, порождают у населения скепсис и неверие в перспективы повышения экологической культуры.

На начальном этапе внедрения РНО целесообразна поэтапная установка контейнеров для утильных фракций в местах с ограниченным кругом информированных и экологически мотивированных образователей ТКО. Как показывает практика, такими местами могут стать контейнерные площадки школ, детских садов, высших и средних учебных заведений, многоквартирных домов с закрытой придомовой территорией.

2. Финансирование из средств местных бюджетов закупки и ремонта контейнеров для РНО. Субсидирование затрат на указанные цели за счет федерального бюджета в 2021 и 2022 годах носило разовый характер. В связи с этим, органам местного самоуправления при формировании расходной части бюджетов необходимо учитывать потребность в поддержании парка контейнеров для РНО в надлежащем состоянии.

Кроме того, как показывает опыт, при закупке и подготовке контейнеров к использованию необходимо учесть вопросы их дизайна и маркировки.

3. Действенное и неформальное экологическое просвещение и воспитание. Фактически, органы местного самоуправления располагают необходимыми ресурсами для данной функции. В их ведении находятся дошкольные и школьные учреждения, в штатах администраций есть сотрудники, обеспечивающие взаимодействие с территориальными органами местного самоуправления (домовыми и уличными комитетами).

Учебные программы школ позволяют планомерно прививать осмысленное и ответственное обращение с отходами без введения дополнительных дисциплин. О целях и принципах селекции отходов можно информировать в рамках уроков биологии или «Разговоров о важном». Методические материалы для этого могут подготовить местные администрации или сотрудники региональных операторов.

Периодические и несистемные публикации о важности РНО, размещаемые в местных СМИ и на сайтах региональных операторов, имеют незначительный эффект, теряясь в больших объёмах текущей информации. Необходимо создание видеоматериалов, наглядно демонстрирующих процесс разделения отходов и правильного использования контейнеров для РНО. Данные материалы следует регулярно демонстрировать на местном телевидении и на рекламно-информационных экранах, размещенных в местах общего пользования.

Реализация указанной системы мер существенно повысит эффективность селекции отходов в отдельных субъектах и на федеральном уровне. В сочетании с увеличением мощностей по сортировке ТКО, это позволит достичь к 2030 году уровня переработки отходов, предусмотренного Федеральным проектом «Экономика замкнутого цикла».

Список источников

- ЕМИСС. Государственная статистика. Электронный ресурс. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/36702> (дата обращения: 07.08.2025).
- О коренном улучшении использования сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов в 1986-1990 годах и в период до 2000 года: Постановление Центрального Комитета КПСС № 608 от 23 мая 1986 года. Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/765706315> (дата обращения: 14.06.2025).
- О порядке подтверждения производства товаров с использованием вторичного сырья в целях применения понижающего коэффициента к нормативу утилизации отходов от использования товаров, массе произведенной упаковки, отходы от использования которых подлежат утилизации: Постановление Правительства Российской Федерации № 1991 от 30 декабря 2024 года. Электронный ресурс. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=485951> (дата обращения: 06.07.2025).
- Об отходах производства и потребления: Федеральный закон № 89-ФЗ от 24 июня 1998 (с изм. от 26 декабря 2024 года). Электронный ресурс. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=490076> (дата обращения: 07.08.2025).
- Определение нормативов накопления ТКО потребителей категорий «домовладения» на территории Орловской области: Итоговый отчет ООО «Янэнерго». 2022. Санкт-Петербург, 89 с.
- Паспорт Федерального проекта «Экономика замкнутого цикла». Электронный ресурс. URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/environmental_well-being/federalnyy-proekt-ekonomika-zamknutogo-tsikla/ (дата обращения: 07.08.2025).
- Раздельное накопление отходов. Альбом лучших практик ППК «РЭО». Электронный ресурс. URL: [https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-disk-ublic%3A%2F%2Fj8J0mA7RZN6QTUKTocUC1cNfUeDG8tcwrPpxBHtL4DdWQe0nd8uEKre7gYXcqicGq%2FJ6bpmRyOJonT3VoXnDag%3D%3D&name=Альбом%20лучших%20практик%20РНО%20\(часть%202\).pdf&nosw=1](https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-disk-ublic%3A%2F%2Fj8J0mA7RZN6QTUKTocUC1cNfUeDG8tcwrPpxBHtL4DdWQe0nd8uEKre7gYXcqicGq%2FJ6bpmRyOJonT3VoXnDag%3D%3D&name=Альбом%20лучших%20практик%20РНО%20(часть%202).pdf&nosw=1) (дата обращения: 05.07.2025).

Список литературы

- Абрамов В.Н. 2023. Результаты исследований морфологического состава твердых коммунальных отходов жилого фонда в южных регионах России. *Отходы и ресурсы*, 10(4): 1–18.
- Алиев Р.А., Чипига В.Д. 2018. Экологическое образование и образование в интересах устойчивого развития в Японии. *Образование и наука в России и за рубежом*, 8(43): 80–83.
- Буданов И.А. 2019. Состояние системы утилизации отходов и использования вторичных ресурсов в Российской Федерации. *Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*, 17: 119–142. https://doi.org/10.29003/m814.sp_ief_ras2019/119-142
- Валинеева А.А., Степанова Т.А. 2020. RDF как альтернативный источник энергии. *Инженерный вестник Дона*, 3(63): 6.
- Вахитов Ю.Ф., Шамсутдинова Л.Р., Зверева Т.И., Акбалина З.Ф., Белан Л.Н. 2013. Оценка морфологического состава ТБО на примере Уфы. *Экология и промышленность России*, 6: 50–52. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2013-6-50-52>
- Глеба О.В., Чудакова К.А. 2020. Раздельный сбор отходов в России: проблемы и пути решения. *Аграрное и земельное право*, 2(182): 56–59.
- Дружакина О.П. 2020. Территориальная схема обращения с отходами как нормативно-правовой инструмент формирования системы раздельного сбора отходов. *Вестник Удмуртского университета. Серия экономика и право*, 30(3): 369–374. <https://doi.org/10.35634/2412-9593-2020-30-3-369-374>
- Зайцев В.А., Тарасова Н.П., Сотнезов А.В. 2015. Морфологический состав твердых коммунальных отходов. *Безопасность в техносфере*, 4(4): 10–15. <https://doi.org/10.1273/14429>
- Ильиных Г.В. 2014. Процент отбора вторичного сырья при сортировки твердых бытовых отходов: расчетный и фактический. *Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика*, 4(16): 115–126.
- Ларионова А.Н. 2024. Опыт Японии в организации и стимулировании раздельного сбора твердых бытовых отходов (ТБО). *Японские исследования*, 3: 98–112. <https://doi.org/10.55105/2500-2872-2024-2-98-112>
- Моторин Д.Е. 2022. Раздельный сбор отходов в контексте реформирования отрасли обращения с твердыми коммунальными отходами. *Актуальные проблемы российского права*, 17(1(134)): 178–188. <https://doi.org/10.17803/1994-1471.2022.134.1.178-188>
- Насибулина А.С. 2023. Особенности экологической этики Японии. *Вестник Бурятского государственного университета*, 3: 77–82. <https://doi.org/10.18101/1994-0866-2023-3-77-82>
- Олива Т.В., Коновалова Ю.Б., Манохина Л.А., Андреева Н.В. 2022. Оценка воздействия объекта твердых коммунальных отходов на окружающую среду. *Успехи современного естествознания*, 11: 66–72. <https://doi.org/10.17513/use.37930>
- Прокофьева Н.Б., Сергеев А.Р. 2023. Воздействие полигона твердых коммунальных отходов «Славное» на состояние атмосферного воздуха. *Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология*, 1(41): 56–68. <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-56-68>
- Сираждинов Р.Ж. 2021. Исследование опыта Советского Союза в управлении отходами производства и потребления. *Вестник университета*, 3: 5–13. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2021-3-5-13>
- Улащик Е.А., Ровенская И.А., Мисюченко В.М. 2020. Опыт обращения с коммунальными отходами в Федеративной Республике Германия. *Труды БГТУ*, 2(235): 199–204.
- Чернышев В.И., Рей Санчес Д.В. 2016. Обращение с твердыми бытовыми отходами в Швеции. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 1–1: 199–201.

References

- Abramov V.N. 2023. Results of Research on the Morphological Composition of Solid Municipal Waste in Residential Buildings in Southern Regions of Russia. *Conservation and Recycling*, 10(4): 1–18 (in Russian).
- Aliev R.A., Chipiga V.D. 2018. Environmental Education and Education for Sustainable Development in Japan. *Obrazovanie i nauka v Rossii i za rubezhom*, 8(43): 80–83 (in Russian).



- Budanov I.A. 2019. Condition of Waste Disposal System and Use of Secondary Resources in the Russian Federation. Scientific Proceedings: Institute of Economic Forecasting RAS, 17: 119–142 (in Russian). https://doi.org/10.29003/m814.sp_ief_ras2019/119-142
- Valineeva A.A., Stepanova T.A. 2020. RDF as an Alternative Energy Source. Engineering Bulletin of Don, 3(63): 6 (in Russian).
- Vahitov Yu.F., Shamsutdinova L.R., Zvereva T.I., Akbalina Z.F., Belan L.N. 2013. Ocenka morfologicheskogo sostava TBO na primere Ufy [Evaluation of the Morphological Composition of Solid Waste Using Ufa as an Example]. Jekologija i promyshlennost' Rossii, 6: 50–52. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2013-6-50-52>
- Gleba O.V., Chudakova K.A. 2020. Separate Waste Collection in Russia: Problems and Solutions. Agrarian and land law, 2(182): 56–59 (in Russian).
- Druzhakina O.P. 2020. The Territorial Scheme of Waste Management as a Regulatory Instrument for the Formation of a Separate Waste Collection System. Bulletin of Udmurt University. Series Economics and Law, 30(3): 369–374 (in Russian). <https://doi.org/10.35634/2412-9593-2020-30-3-369-374>
- Zaytsev V.A., Tarasova N.P., Sotnezov A.V. 2015. Morphological Composition of Solid Municipal Waste. Bezopasnost' v tehnosfere, 4(4): 10–15. <https://doi.org/10.1273/14429>
- Ilinykh G.V. 2014. Procent otbora vtorichnogo syr'ja pri sortirovki tverdyh bytovykh othodov: raschetnyj i fakticheskij [Percentage of Secondary Raw Materials Selection During Sorting of Solid Municipal Waste: Estimated and Actual]. Vestnik PNIPU. Prikladnaja jekologija. Urbanistka, 4(16): 115–126.
- Larionova A.N. 2024. Japan's Experience in Organizing and Promoting Separate Accumulation of Municipal Solid Waste (MSW). Japanese Studies in Russia, 3: 98–112 (in Russian). <https://doi.org/10.55105/2500-2872-2024-2-98-112>
- Motorin D.E. 2022. Separate Waste Collection as Part of Reforming the Municipal Solid Waste Management Industry. Actual Problems of Russian Law, 17(1(134)): 178–188 (in Russian). <https://doi.org/10.17803/1994-1471.2022.134.1.178-188>
- Nasibulina A.S. 2023. Features of Environmental Ethics in Japan. Bulletin of Buryat State University, 3: 77–82 (in Russian). <https://doi.org/10.18101/1994-0866-2023-3-77-82>
- Oliva T.V., Konovalova Ju.B., Manohina L.A., Andreeva N.V. 2022. Environmental Impact Assessment of the Municipal Solid Waste. Advances in Current Natural Sciences, 11: 66–72 (in Russian).
- Prokofeva N.B., Sergeev A.R. 2023. The Impact of the "Slavnoye" Municipal Solid Waste Polygon on the State of the Atmospheric Air. Herald of Tver State University. Series: Geography and geocology, 1(41): 56–68 (in Russian).
- Sirazhdinov R.Zh. 2021. Study of the Experience of the Soviet Union in the Management of Production and Consumption Waste. Vestnik universiteta, 3: 5–13 (in Russian). <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2021-3-5-13>
- Ulaschik E.A., Rovenskaya I.A., Misiuchenko V.M. 2020. Experience in Handling Waste in the Federal Republic of Germany. Trudy BGTU, 2(235): 199–204.
- Chernyshov V.I., Rey Sanchez D.V. 2016. Treatment of Waste in Sweden. International Journal of Humanities and Natural Sciences, 1–1: 199–201 (in Russian).

*Поступила в редакцию 11.08.2025;
поступила после рецензирования 07.09.2025;
принята к публикации 02.10.2025*

*Received August 11, 2025;
Revised September 07, 2025;
Accepted October 02, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Филатов Александр Николаевич, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, экологии и общей биологии института естественных наук и биотехнологии, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орёл, Россия

Тихий Владимир Иванович, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, экологии и общей биологии института естественных наук и биотехнологии, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орёл, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexander N. Filatov, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography, Ecology and General Biology, Institute of Natural Sciences and Biotechnology, Orel State University named after I.S. Turgenev, Oryol, Russia

Vladimir I. Tikhii, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography, Ecology and General Biology, Institute of Natural Sciences and Biotechnology, Orel State University named after I.S. Turgenev, Oryol, Russia



УДК 911.6:528
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-7
EDN JTPLHG

Пространственно-временной анализ трансформации агроландшафтов и структуры землепользования сельских территорий Белгородской области

Дроздова Е.А., Юдина Ю.В., Титов Б.О., Коськова Н.А.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85,
drozdova@bsuedu.ru, yudina@bsuedu.ru, 1470055@bsuedu.ru, koskova@bsuedu.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности пространственно-временной динамики ландшафтов и структуры землепользования сельских поселений-спутников в условиях интенсивной урбанизации на примере Белгородского района Белгородской области. Целью исследования являлся анализ изменений функционально-ландшафтной структуры пригородных сельских поселений (на примере Ериковского сельского поселения Белгородского р-на). В работе использован ландшафтно-функциональный подход к анализу трансформации Ериковского сельского поселения Белгородского р-на на основе сравнительных оценок, картографических данных (1956 г.) и материалов ДЗЗ (2020 г.). Проведена оценка изменения площадных параметров жилых зон, лесных массивов, пашни, овражно-балочных комплексов и других структурно-функциональных элементов ландшафтов сельского поселения. Результаты исследования показали, что за последние 60 лет в данном сельском поселении существенно увеличилась площадь жилой застройки и лесопокрытых территорий, преимущественно, байрачного типа, в то же время уменьшилась площадь сельскохозяйственных угодий – пашни (более чем на 5 %) и пастбищ и сенокосов (более чем на 4 % от площади поселения). В заключении отмечается, что полученные данные позволили разработать прогноз дальнейшего развития сельских территорий. Авторами предложены рекомендации по устойчивому развитию пригородных поселений, включающие мониторинг землепользования, укрепление зеленого каркаса и экологически сбалансированное планирование застройки.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование, земельный фонд, ландшафтная структура, сельские поселения, урбанизация, функциональное зонирование

Для цитирования: Дроздова Е.А., Юдина Ю.В., Титов Б.О., Коськова Н.А. 2026. Пространственно-временной анализ трансформации агроландшафтов и структуры землепользования сельских территорий Белгородской области. Региональные геосистемы, 50(1): 83–94. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-7 EDN: JTPLHG

Spatio-Temporal Analysis of Agricultural Landscape Transformation and Land Use Patterns in the Rural Areas of the Belgorod Region

Ekaterina A. Drozdova, Yulia V. Yudina, Bogdan O. Titov, Nadezda A. Koskova

Belgorod State National Research University,
85 Pobedy St., Belgorod 308015, Russia
drozdova@bsuedu.ru, yudina@bsuedu.ru, 1470055@bsuedu.ru, koskova@bsuedu.ru

Abstract. This study analyzes the spatio-temporal dynamics of landscapes and land use structure in rural satellite settlements under intensive urbanization, using the Belgorod district of the Belgorod region as a case study. A distinctive feature of this work is the application of a landscape-functional approach to analyze the transformation of the Yerikovskoye rural settlement in the Belgorod district, based on cartographic data (1956) and satellite imagery (2020). The settlement represents a typical "bedroom suburb" of the regional center that

has experienced maximum anthropogenic pressure. A comparative analysis was also conducted with another suburban settlement in the region. The findings reveal that the proportion of arable land decreased by 5%, while residential area more than doubled (reaching 11%). Despite the overall trend toward reduction of agricultural lands, a high degree of gully erosion persists as a legacy of intensive agricultural development. A trend toward increased forest cover has been revealed, resulting from the natural overgrowth of ravines and the establishment of shelterbelts. Based on the identified trends, a forecast for further development of rural areas has been drawn, along with recommendations for their sustainable development, including land use monitoring, strengthening of the green infrastructure, and environmentally balanced construction planning. The results provide a methodological framework for subsequent retrospective and predictive studies of rural settlements in the region.

Keywords: geoinformation mapping, land fund, landscape structure, rural settlements, urbanization, functional zoning

For citation: Drozdova E.A., Yudina Yu.V., Titov B.O., Koskova N.A. 2026. Spatio-Temporal Analysis of Agricultural Landscape Transformation and Land Use Patterns in the Rural Areas of the Belgorod Region. *Regional Geosystems*, 50 (1): 83–94 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-7 EDN: JTPLHG

Введение

В период послевоенных лет (с 1946 г.) большинство регионов Европейской России были существенно перестроены и трансформированы, а существовавший долгое время аграрный режим землепользования резко сменился на промышленный [Дроздова и др., 2025]. Даже в традиционно сельскохозяйственных регионах Центрально-Черноземной России происходили существенные изменения, связанные, как с разведкой и началом добычи месторождений КМА (в 60–70-х гг. XX в.) [Географический атлас ..., 2018], так и с резким ростом городов и процессами урбанизации [Chugunova et al., 2024]. При этом, исторически сложившаяся значительная сельскохозяйственная освоенность всего Черноземья привела к дефициту природных ландшафтов. Используемый авторами ландшафтно-функциональный принцип дифференциации территориальных единиц сельских поселений (СП) за последние 60 лет наглядно демонстрирует основные тенденции развития в наиболее интенсивный период территориальных преобразований в Центральной России связанный с ростом и развитием городских агломераций (в бурные послевоенные годы экономического подъема) и этапом постсоветского развития зон ИЖС [Титов, Дроздова, 2023].

Несмотря на обширный круг исследований, посвященных развитию сельских территорий и современной геоэкологической обстановке в агроландшафтах [Bürgi et al., 2004; Хорошев, 2015, Pliening et al., 2016; Киреева-Гененко и др., 2023; Бударина и др. 2024], ретроспективный анализ их функциональной структуры в контексте изучения двух временных рядов (1956 г. и 2020 г.) остается актуальным [Дроздова и др., 2025]. Исследование позволило не только оценить текущие тренды, но и создать прогнозную модель дальнейших изменений, что необходимо для планирования устойчивого развития поселений и региона [Antrop, 2005].

Для оценки произошедших в структуре землепользования с 1956 по 2020 гг. изменений в сельском поселении-спутнике областного центра, и выявлении тенденций в трансформации одного из густозаселенных муниципальных образований области, авторами проведено исследование функционально-ландшафтной структуры Ериковского поселения Белгородского р-на Белгородской области. В исследованиях [Кравцов и др., 2006] территория данного СП была детально исследована с разработкой карт позиционно-динамических ландшафтных структур территории опытного хозяйства «ОПХ Белгородское» (в бассейне реки Ерик, Гонки), где на практике был реализован проект

эколого-ландшафтных систем земледелия, что послужило началом реализации концепции бассейнового природопользования в Белгородской области.

Цель работы – анализ изменений функционально-ландшафтной структуры пригородных СП Белгородской области (на примере Ериковского сельского поселения Белгородского р-на). Данное поселение расположено в 13 км от г. Белгорода и является наглядным примером динамичного спутника областного центра, в наибольшей степени испытавшего на себе интенсивность ландшафтных преобразований: его облик трансформировался от сугубо сельского уклада до статуса «спального пригорода» г. Белгорода.

Объекты и методы исследования

В работе использованы: методика тематического и комплексного картографирования, методические принципы прикладных физико-географических работ, комплексные методики полевых работ, геоинформационные методы.

В результате ранее проведенных исследований по оценке изменения функционально-ландшафтной структуры СП и территорий Белгородской области за последние 60 лет, реализованных в 2022–2025 гг. [Титов и др., 2022; Титов, Дроздова, 2023; Дроздова и др., 2025], нам удалось получить первичные сведения об основных тенденциях в изменении пространственных особенностей агроландшафтов региона на примере Борисовского, Яковлевского, Алексеевского, Новооскольского и Старооскольского р-нов и городских округов. При этом не существует универсального алгоритма изменения доли тех или иных структурных единиц функциональных зон [Lesiv et al., 2018; Müller et al., 2020; Prishchepov et al., 2021; Бударина и др., 2024], поскольку на основные изменения влияют следующие факторы: близость к областному центру, промышленная (горно-промышленная или аграрно-промышленная) развитость муниципального образования.

Исследование построено на сопоставлении картографической информации двух временных рядов: данных космической съемки (снимки *Landsat 8* за 2020 г.) и топографических карт Генерального штаба 1956 г., с сопоставимым пространственным разрешением, что обеспечивает ретроспективный анализ трансформации землепользования за 64-летний период. Представленная методика является научно обоснованным и технически корректным инструментом для ретроспективного анализа пространственных структур.

Белгородский р-н был образован 30.07.1928 постановлением Всероссийского Центрального исполнительного комитета № 630 [Официальный сайт администрации Белгородского..., 2025]. Расположен на юго-западе Белгородской области, площадь составляет 147,5 тыс. га, из которых 69,8 тыс. га площадь пашни. В соответствии с законом Белгородской области от 20.12.2004 № 159 «Об установлении границ муниципальных образований и наделении их статусом городского, сельского поселения, городского округа, муниципального округа, муниципального района» образованы 3 городских и 21 сельское поселение, на территории, которых находится 86 населенных пунктов. Численность населения Белгородского р-на на 01.01.2024 составляет 191,1 тыс. человек (12,7 % населения Белгородской области) [Официальный сайт администрации Белгородского ..., 2025].

Результаты и их обсуждение

Анализ структуры земельного фонда Белгородского р-на показывает, что территория прошла путь от аграрной к агро-урбанизированной с крайне высокой степенью преобразования естественных ландшафтов [Киреева-Гененко и др., 2023] (рис. 1). Доминирование сельскохозяйственных земель и земель населенных пунктов при

критически низкой доле ООПТ (< 1 %) создает серьезный вызов для экологической устойчивости региона, что подтверждает необходимость разработки специальных мероприятий по экологической реабилитации территорий и, возможно, созданию новых ООПТ на сохранившихся фрагментах естественных ландшафтов [Хорошев, 2012; Тишков, Некрич, 2022].



Рис. 1. Структура земель Белгородского района Белгородской области
[Официальный сайт администрации Белгородского ..., 2025]

Fig. 1 Land Use Structure of the Belgorod District, Belgorod Region

Для оценки изменения функциональных зон Белгородского р-на авторами выбрано Ериковское СП – спутник г. Белгорода. Село (изначально хутор) Ерик – административный центр Ериковского сельского поселения, известно с 1890 г. Расположено в северо-западной части Белгородского р-на, граничит с Яковлевским р-ном Белгородской области, городским поселением «Поселок Северный», Стрелецким СП, Пушкарским СП Белгородского р-на.

На территории поселения протекают две реки – р. Ерик и р. Искринка, построен один пруд – Ериковский (площадь зеркала – 18,4 га). Общая площадь поселения составляет – 6286 га, в том числе пашня – 3405 га, сенокосы – 38 га, пастбища – 646 га, земли лесного фонда – 694 га [Официальный сайт администрации Ериковского..., 2025].

Историческая динамика развития поселения характеризуется рядом взаимосвязанных процессов: устойчивым демографическим ростом, трансформацией пахотных угодий в агропромышленные ландшафты и экспансией селитебных территорий, в целом, характерных для развития подобных территорий [Van Vliet et al., 2015]. При этом наблюдается пространственный сдвиг в расселении, выражающийся в смещении жилищного строительства от границ городского округа в сторону Белгородского р-на [Стратегия социально-экономического ..., 2025].

Анализ разновременных картографических материалов предусматривал векторизацию следующих объектов и контуров землепользования: селитебные, производственные и иные функциональные зоны; агроценозы (пашня, пастбища, сенокосы); природные элементы ландшафта (лесные массивы, водные объекты, овражно-балочная сеть); а также дорожная сеть местного и регионального значения [Титов, Дроздова, 2023].

Данные таблицы демонстрируют, что в 1956 г. ландшафтная структура Ериковского сельского поселения характеризовалась преобладанием сильноизмененных территорий, более половины которых были представлены пашней и овражно-балочными комплексами. При этом, структура землепользования поселения имела ряд специфических черт, отличавших его от среднеобластных показателей. Так, доля застроенных территорий здесь была выше среднеобластной (5,8 % против < 5 %), в то время как процент промышленных ландшафтов оставался крайне низким – < 0,3 %. Еще одной отличительной особенностью являлась интенсивная заовраженность, показатель которой достигал 12 %, что было связано с активным сельскохозяйственным освоением территорий вблизи областного центра [Юдина, 2019]. Существенную роль в структуре землепользования имели лесопокрытые территории, занимавшие > 13 % площади и включавшие как крупные массивы в верховьях балок, так и мелкие облесенные участки по бровкам оврагов.

Экспликация земель Ериковского СП Белгородского района Белгородской области
(по данным топографических карт и дешифрирования данных космосъемки)
Land Inventory of Yerikovskoye Settlement, Belgorod District, Belgorod Region
(based on topographic maps and satellite imagery interpretation)

Функциональные зоны	1956 г.		2020 г.		Баланс
	Площадь				
	%	га	%	га	%
Жилая зона	5,88	366,48	11,20	697,11	+5,32
Зона лесопокрытых территорий	13,32	828,90	17,58	1094,14	+4,26
Промышленная зона	0,26	16,55	0,73	45,62	+0,47
Водные объекты (пруды)	0,50	31,37	0,36	22,55	–0,14
Овражно-балочная сеть	12,27	763,79	12,05	750,05	–0,22
Пастбища и сенокосы	5,50	342,29	1,37	85,84	–4,13
Пашня	62,23	3872,33	56,65	3525,33	–5,58
ИТОГО	100	6222,52	100	6222,52	0
Длина реки, км	7,77		8,32		+6,61
Длина автодороги, км	40,21		34,32		–14,65

В пространственном отношении на территории СП выделяется два местных водораздела – долины рек Ерик и Искринка, поселения Ерик, Раковка и Зачатеевка территориально привязаны к долинам данных рек (рис. 2). Одной из особенностей поселения является довольно существенное количество крупных лесных массивов – урочищ Большое Клюево, Фомино, Стрелецкая Яруга, Селин Лог, Круглое, Пушкарка, Сухой Верх – на западе СП и Чеканово, Большая Альбина, Большое Теплое и Малое Теплое в центральной и северо-восточной части, сформировавшие в 2000-х гг. ядро ООПТ регионального значения «Зеленые насаждения».

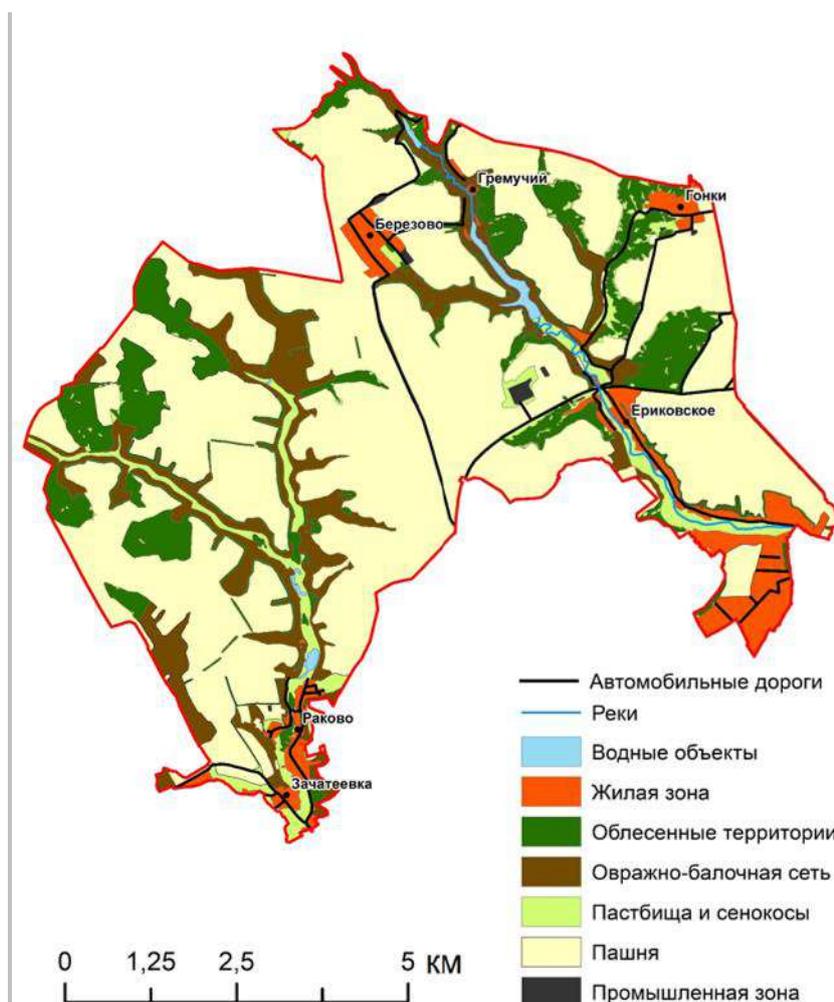


Рис. 2. Функционально-ландшафтное зонирование Ериковского поселения
Белгородского района Белгородской области по данным на 1956 г.

Fig. 2. Zoning of Functional Landscapes in Yerikovskoye Settlement, Belgorod District,
Belgorod Region, as of 1956

Также за последние 60 лет можно отметить существенный рост доли лесопокрытых территорий, не только за счет сохранения вышеупомянутых урочищ, но и из-за естественных процессов зарастания балок древесостоем и развития сети ветрозащитных лесополос, что хорошо видно по рис. 3.

Анализ современной структуры землепользования показывает, что, несмотря на доминирование пашни, занимающей более 56 % территории поселения, данный показатель соответствует среднеобластному значению в 55 % (2020 г.).

Значительная часть пахотных угодий, выведенных из оборота в 1990–2000-е гг., подверглась интенсивным процессам деградации, в частности, эрозии почв и оврагообразованию [Саблина, Нарожняя, 2023]. В результате, доля овражных земель в структуре СП достигла 12 %, что считается высоким показателем для региона [Юдина, 2019] и сопровождается активным зарастанием балок древесно-кустарниковой растительностью [Белоновская и др., 2024]. Площадь под застройкой увеличилась более чем на 300 га, чему способствовала активная программа развития ИЖС в регионе и пригородный характер СП [Стратегия социально-экономического ..., 2025]. В три раза увеличилась площадь земель под промышленными объектами (они локализованы в тех же местоположениях, что и 60 лет назад, но значительно нарастили свою площадь).

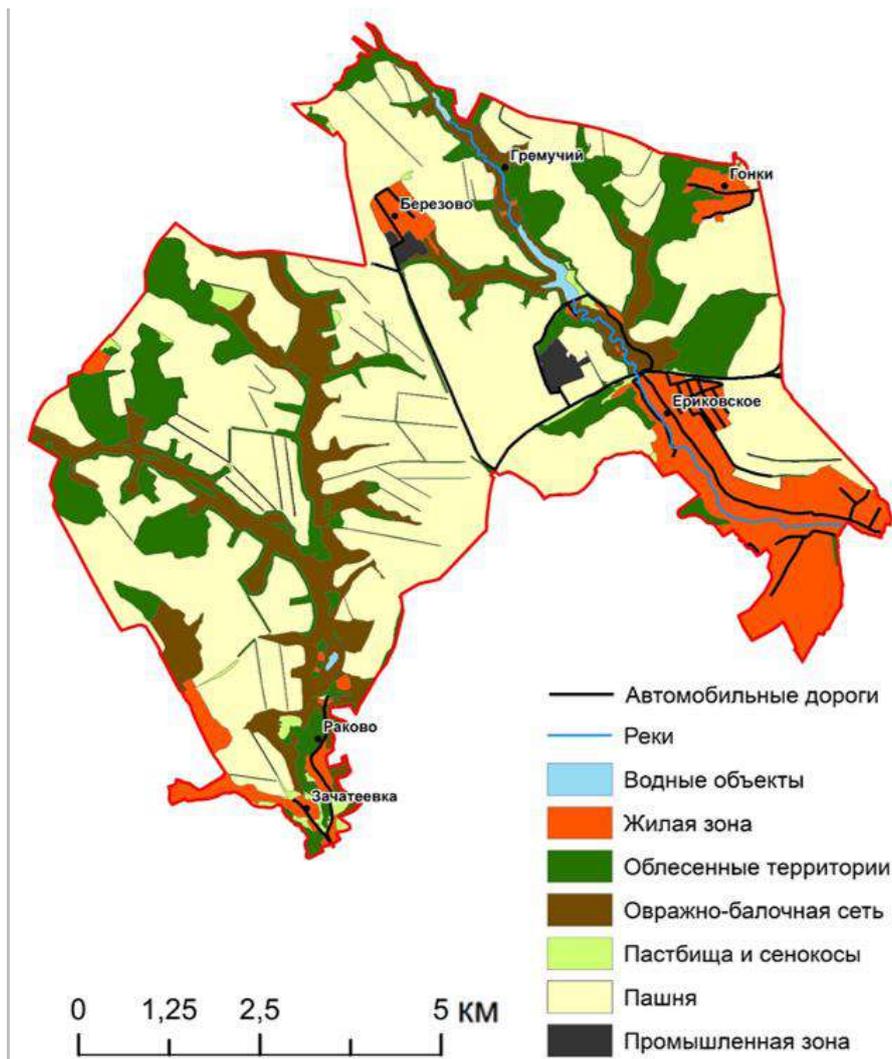


Рис. 3 Функционально-ландшафтное зонирование Ериковского поселения
Белгородского района Белгородской области по данным на 2020 г.

Fig. 3. Zoning of Functional Landscapes in Yerikovskoye Settlement, Belgorod District,
Belgorod Region, as of 2020

В целом, авторы отмечают улучшение инфраструктурной сети района. При этом, процессы аридизации ландшафтов и обмеления рек ощутимы и в западных, более влажных, районах Белгородской области [Крымская и др., 2024; Раевская, Корнилов, 2025] – практически на 15 % сократилась площадь прудов, по большей части в долине р. Искринка (сезонно пересыхающей реки); фиксируемое увеличение длины рек в СП связано с небольшой трансформацией руслового потока р. Ерик и меандрированием.

Для выявления общих и уникальных для отдельных территорий тенденций в изменении функционально-ландшафтной структуры поселений-спутников Белгорода авторы провели сравнительный анализ трансформации Майского сельского поселения, расположенного также в Белгородском р-на и являющегося районным центром. Для анализа использовали аналогичные картографические материалы за 1956 и 2016 гг. (рис. 4).

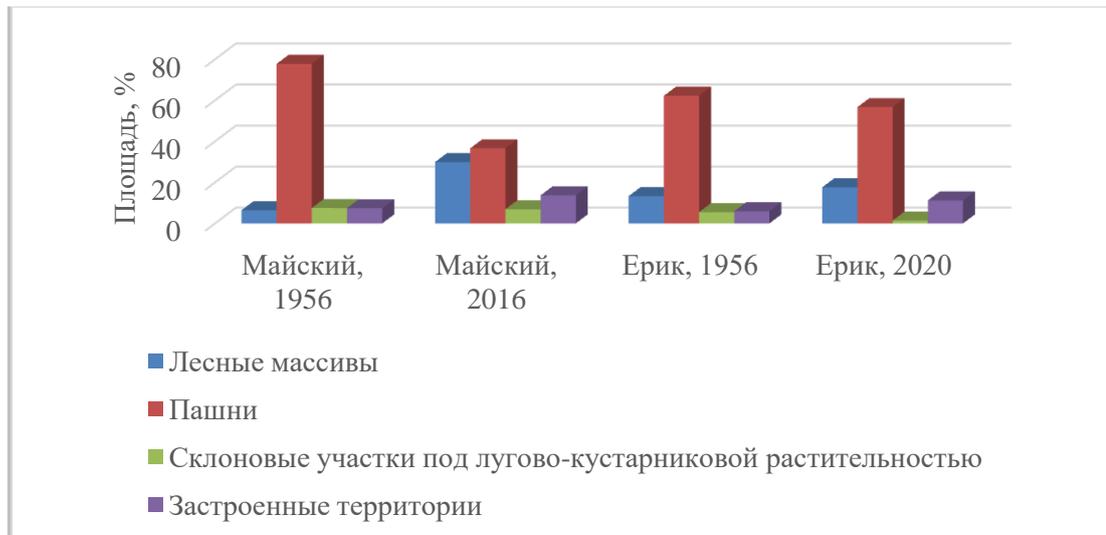


Рис. 4. Экспликация земель Майского и Ериковского поселений Белгородского района
Fig. 4. Land Use Classification of Mayskoye and Yerikovskoye Settlements, Belgorod District

Проведенный сравнительный анализ двух СП – спутников областного центра, одно из которых является районным центром (п. Майский) с соответствующей инфраструктурой, рядом промышленных и образовательных учреждений, а второе (п. Ерик) в инфраструктурном плане не отличалось столь существенным ростом, показал, что пригородная зона г. Белгорода интенсивно расстраивается по всему периметру, вне зависимости от людности поселения, хотя, необходимо отметить, что в случае с п. Майский застройка часто носит характер многоэтажной, а в п. Ерик – это ИЖС. Существенно преобразованы агроландшафты, более чем на 50 % площади они сократились в Майском СП, при этом в 5 раз увеличилась площадь земель под древесными насаждениями (это и строительство садов и парков в поселке, зарастание овражно-балочных комплексов), в отличие от п. Ерик, где данный рост составил лишь 4 %.

Заклучение

На основе проведенного анализа можно сделать следующие прогнозы о дальнейшем развитии Ериковского СП Белгородского р-на Белгородской области. Ожидается дальнейшее строительство жилья и коммерческой недвижимости, особенно вблизи крупных транспортных артерий. Возможно расширение дорожной сети для улучшения транспортной доступности. В случае наличия благоприятной экономической ситуации возможно появление новых промышленных предприятий или расширение существующих. Несмотря на то, что сельскохозяйственная отрасль остается важным сектором экономики региона, не ожидается сохранения существующих площадей пашни, по всей вероятности, их доля продолжит уменьшаться. Развитие рекреационных зон может стать приоритетным направлением, учитывая рост интереса к включенности новых строящихся районов ИЖС в зеленый каркас города и района.

На основе проведенного анализа можно предложить следующие рекомендации по устойчивому развитию Ериковского СП. Необходимо проводить мониторинг и оценку эффективности использования различных типов угодий, чтобы минимизировать потери продуктивных земель и обеспечить их рациональное использование. Следует уделять особое внимание защите и восстановлению лесных массивов, оврагов и балочных систем, а также водных объектов, чтобы сохранить экологический баланс и предотвратить деградацию почв. При планировании нового жилищного строительства следует учитывать экологические факторы и стремиться к созданию комфортной городской среды с развитой инфраструктурой.

Проведенное исследование закладывает базис для дальнейшего анализа пространственного развития поселений Белгородской области. Представленные результаты – включая серию тематических карт, сопутствующие базы данных и методические материалы – создают универсальный инструмент как для ретроспективного изучения динамики землепользования, так и для мониторинга современных изменений функциональных зон.

Список источников

- Официальный сайт администрации Белгородского района Белгородской области. 2025. Электронный ресурс. URL: <https://belgorodskij-r31.gosweb.gosuslugi.ru/> (дата обращения: 04.10.2025).
- Официальный сайт администрации Ериковского сельского поселения Белгородского района. 2025. Электронный ресурс. URL: <https://erikovskoe-r31.gosweb.gosuslugi.ru/> (дата обращения: 04.10.2025).
- Стратегия социально-экономического развития муниципального района «Белгородский район» Белгородской области на период до 2030 года. 2025. Электронный ресурс. URL: https://belgorodskij-r31.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/multifile/366/4375/Strategiya_na_period_do_2030_goda.docx (дата обращения: 04.10.2025).

Список литературы

- Белоновская Е.А., Чендев Ю.Г., Царевская Н.Г., Титова С.В., Тишков А.А. 2024. Подходы и методы формирования экологического каркаса староосвоенного степного региона (на примере Белгородской области). Вопросы степеведения, 2: 4–13. <https://doi.org/10.24412/2712-8628-2024-2-4-13>
- Бударина В.А., Лисецкий Ф.Н., Косинова И.И., Курышев А.А. 2024. Особенности геоэкологического функционального зонирования отдельных сельских поселений и территорий. Региональные геосистемы, 48(3): 427–440. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-3-427-440>
- Дроздова Е.А., Титов Б.О., Гененко М.А. 2025. Оценка изменения ландшафтной структуры сельских и городских поселений Центрально-Черноземной зоны России (на примере Белгородской области). Успехи современного естествознания, 11: 37–43. <https://doi.org/10.17513/use.38449>
- Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. 2018. Под ред. А.Г. Корнилова. Белгород, Константа, 199 с.
- Киреева-Гененко И.А., Лопина Е.М., Корнилов А.Г., Белоусова Л.И. 2023. Социально-географические параметры регионального природопользования сельского поселения. Московский экономический журнал, 8(6): 420–436. https://doi.org/10.55186/2413046X_2023_8_6_304
- Кравцов С.В., Лисецкий Ф.Н., Марциневская Л.В. 2006. Эффективность эколого-ландшафтных систем земледелия в решении почвоохранных задач. В кн.: Scientific Articles Ecology-2006. 15th International Symposium "Ecology-2006", Bulgaria, 05–09 июня 2006. Bulgaria, Science Inest LTD, Т. 1: 79–92.
- Крымская О.В., Крымский И.А., Крымская А.А., Буряк Ж.А. 2024. Изменения агроклиматических показателей в XXI веке на территории Белгородской области. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле, 34(1): 54–64. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2024-34-1-54-64>
- Раевская М.В., Корнилов А.Г. 2025. Элементы фонового мониторинга в гидроэкологических исследованиях рек Белгородской области. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2: 93–101. <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/2/93-101>
- Саблина О.М., Нарожняя А.Г. 2023. Распространение оврагов на территории Белгородской области. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 3: 25–34. <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/25-34>
- Титов Б.О., Дроздова Е.А., Корных К.И., Добровольская О.А. 2022. Особенности изменения функциональной структуры сельских поселений-спутников крупных городов за последние 60 лет. В кн.: Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое

- обеспечение и практическое решение. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию НИЛ экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики БГУ, Минск, 09–11 ноября 2022. Минск, Белорусский государственный университет: 231–235
- Титов Б.О., Дроздова Е.А. 2023. Особенности изменения функционально-ландшафтной структуры сельских поселений Белгородской области за последние 60 лет (на примере Стригуновского поселения Борисовского района). В кн.: Школа экологических и геологических перспектив. Воронеж, Научная книга: 175–180.
- Тишков А.А., Некрич А.С. 2022. Факторы территориальной дифференциации агроландшафта и перспективы сохранения степей Белгородской области. *Аридные экосистемы*, 28(2(91)): 13–26. <https://doi.org/10.24412/1993-3916-2022-2-13-26>.
- Хорошев А.В. 2012. Географическая концепция ландшафтного планирования. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*, 4: 103–112.
- Юдина Ю.В. 2019. Морфологический и морфометрический анализ ландшафтной структуры Белгородской области. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*, 43(3): 307–318. <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2019-43-3-307-318>.
- Antrop M. 2005. Why Landscapes of the Past are Important for the Future. *Landscape and Urban Planning*, 70(1–2): 21–34. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.002>
- Bürgi M., Hersperger A.M., Schneeberger N. 2004. Driving Forces of Landscape Change – Current and New Directions. *Landscape Ecology*, 19(8): 857–868. <https://doi.org/10.1007/s10980-005-0245-3>
- Chugunova N.V., Lisetskii F.N., Narozhnyaya A.G., Polyakova T.A., Morkovskaya D.N. 2024. Metropolization Process in the Rural Settlement System of the Central Chernozem Region of Russia. *Geography, Environment, Sustainability*, 17(3): 98–108. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2024-3168>
- Lesiv M., Schepaschenko B.D., Moltchanova E., Bun R., Durauer M., ... Fritz S. 2018. Spatial Distribution of Arable and Abandoned Land in Eastern Europe for 1990–2019. *Scientific Data*, 9(1): 66. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.56>
- Müller D., Leitao P.J., Sikor T. 2020. Comparing the Determinants of Cropland Abandonment in Albania and Romania Using Boosted Regression Trees. *Agricultural Systems*, 117: 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.12.010>
- Plieninger T., Draux H., Fagerholm N., Bieling C., Bürgi M., ... Verburg P.H. 2016. The Driving Forces of Landscape Change in Europe: A Systematic Review of the Evidence. *Land Use Policy*, 57: 204–214. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.040>.
- Prishchepov A.V., Schierhorn F., Müller D. 2021. The Spatial and Temporal Dynamics of European Agricultural Land Use Over the Last Half-Century. *Nature Sustainability*, 4(11): 965–974. <https://doi.org/10.1002/esp.5433>
- Van Vliet J., de Groot H.L.F., Rietveld P., Verburg P.H. 2015. Manifestations and Underlying Drivers of Agricultural Land Use Change in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 133(1): 24–36. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.09.001>

References

- Belonovskaya E.A., Chendev Yu.G., Tsarevskaya N.G., Titova S.V., Tishkov A.A. 2024. Approaches and Methods of the Ecological Framework Forming Within the Old-Developed Steppe Region (on the Example of the Belgorod Region). *Steppe Science*, 2: 4–13 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2712-8628-2024-2-4-13>
- Budarina V.A., Lisetskii F.N., Kosinova I.I., Kuryshev A.A. 2024. Geoecological Functional Zoning Features of Individual Rural Settlements and Territories. *Regional Geosystems*, 48(3): 427–440 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-3-427-440>
- Drozдова Е.А., Титов В.О., Гененко М.А. 2025. Assessment of Landscape Structure Changes in Old-Established Rural and Urban Settlements of Central Chernozem Russia (Case Study of Belgorod Region). *Advances in current natural sciences*, 11: 37–43 (in Russian). <https://doi.org/10.17513/use.38449>

- Geograficheskii atlas Belgorodskoi oblasti: priroda, obshchestvo, khozyaistvo [Geographical Atlas of the Belgorod Region: Nature, Society, and Economy]. 2018. Ed. by A.G. Kornilov. Belgorod, Publ. Konstanta, 199 p.
- Kireeva-Genenko I.A., Lopina E.M., Kornilov A.G., Belousova L.I. 2023. Socio-Geographical Parameters Regional Environmental Management in Rural Settlement. *Moscow Economic Journal*, 8(6): 420–436 (in Russian). https://doi.org/10.55186/2413046X_2023_8_6_304
- Kravtsov S.V., Lisetskii F.N., Martsinevskaja L.V. 2006. Efficiency of Landscape-Ecological Systems of Agriculture in the Decision of Problems on Soil Protection. In: *Scientific Articles Ecology-2006. 15th International Symposium "Ecology-2006"*, Bulgaria, 05–09 June 2006. Bulgaria, Science Inest LTD, V. 1: 79–92 (in Russian).
- Krymskaya O.V., Krymsky I.A., Krymskaya A.A., Buryak Zh.A. 2024. Changes in Agroclimatic Indicators in the XXI Century in the Belgorod Region. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 34(1): 54–64 (in Russian). <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2024-34-1-54-64>
- Raevskaya M.V., Kornilov A.G. 2025. Elements of Baseline Monitoring in Hydroecological Studies of Rivers in the Belgorod Region. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geocology*, 2: 93–101 (in Russian). <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/2/93-101>
- Sablina O.M., Narozhnyaya A.G. 2023. Spread of ravines in the Belgorod region. *Vestnik Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geocology*, 3: 25–34 (in Russian). <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/25-34>
- Titov B.O., Drozdova E.A., Korniyukh K.I., Dobrovolskaya O.A. 2022. Osobennosti izmeneniya funktsionalnoy struktury selskikh poseleniy-sputnikov krupnykh gorodov za posledniye 60 let [Peculiarities of Changes in the Functional Structure of Rural Satellite Settlements of Large Cities Over the Past 60 Years]. In: *Aktualnyye voprosy ustoychivogo prirodopolzovaniya: nauchno-metodicheskoye obespecheniye i prakticheskoye resheniye* [Current Issues of Sustainable Environmental Management: Scientific and Methodological Support and Practical Solutions]. Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 60th Anniversary of the Landscape Ecology Research Laboratory of the Faculty of Geography and Geoinformatics of BSU, Minsk, 09–11 November 2022. Minsk, Publ. Belorusskii gosudarstvennyi universitet: 231–235.
- Titov B.O., Drozdova E.A. 2023. Peculiarities of Changing the Functional and Landscape Structure of Rural Settlements in Belgorodsky Region Over the Last 60 Years (on the Example of the Strigunovsky Settlement of Borisovsk District). In: *School of Environmental and Geological Perspectives. Voronezh*, Publ. Nauchnaya kniga: 175–180 (in Russian).
- Tishkov A.A., Nekrich A.S. 2022. Factors of Territorial Differentiation of the Agricultural Landscape and Prospects for the Preservation of Steppes in Belgorod oblast. *Arid Ecosystems*, 12(2): 131–141 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S2079096122020123>
- Khoroshev A.V. 2012. Geographical Concept of the Landscape Planning. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 4: 103–112 (in Russian).
- Yudina Yu.V. 2019. Morphological and Morphometric Analysis of the Landscape Structure Belgorod region. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series*, 43(3): 307–318 (in Russian). <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2019-43-3-307-318>
- Antrop M. 2005. Why Landscapes of the Past are Important for the Future. *Landscape and Urban Planning*, 70(1–2): 21–34. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.002>
- Bürgi M., Hersperger A.M., Schneeberger N. 2004. Driving Forces of Landscape Change – Current and New Directions. *Landscape Ecology*, 19(8): 857–868. <https://doi.org/10.1007/s10980-005-0245-3>
- Chugunova N.V., Lisetskii F.N., Narozhnyaya A.G., Polyakova T.A., Morkovskaya D.N. 2024. Metropolization Process in the Rural Settlement System of the Central Chernozem Region of Russia. *Geography, Environment, Sustainability*, 17(3): 98–108. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2024-3168>
- Lesiv M., Schepaschenko B.D., Moltchanova E., Bun R., Durauer M., ... Fritz S. 2018. Spatial Distribution of Arable and Abandoned Land in Eastern Europe for 1990–2019. *Scientific Data*, 9(1): 66
- Müller D., Leitao P.J., Sikor T. 2020. Comparing the Determinants of Cropland Abandonment in Albania and Romania Using Boosted Regression Trees. *Agricultural Systems*, 117: 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.12.010>



- Plieninger T., Draux H., Fagerholm N., Bieling C., Bürgi M., ... Verburg P.H. 2016. The Driving Forces of Landscape Change in Europe: A Systematic Review of the Evidence. *Land Use Policy*, 57: 204–214. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.040>
- Prishchepov A.V., Schierhorn F., Müller D. 2021. The Spatial and Temporal Dynamics of European Agricultural Land Use Over the Last Half-Century. *Nature Sustainability*, 4(11): 965–974. <https://doi.org/10.1002/esp.5433>
- Van Vliet J., de Groot H.L.F., Rietveld P., Verburg P.H. 2015. Manifestations and Underlying Drivers of Agricultural Land Use Change in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 133(1): 24–36. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.09.001>

Поступила в редакцию 24.11.2025;
поступила после рецензирования 03.02.2026;
принята к публикации 10.03.2026

Received November 24, 2025;
Revised February 03, 2026;
Accepted March 10, 2026

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дроздова Екатерина Артуровна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

Юдина Юлия Валериевна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

Титов Богдан Олегович, студент института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

Коськова Надежда Андреевна, аспирант института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ekaterina A. Drozdova, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geography, Geoecology and Life Safety, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Yulia V. Yudina, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geography, Geoecology and Life Safety, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Bogdan O. Titov, Student, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Nadezhda A. Koskova, Postgraduate Student, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



Методология исследования геосистем Methodology of Geosystems Research

УДК 911.9

DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-8

EDN LUSMOK

Возможности использования NDVI по данным Landsat 8 OLI для оценки урожайности цитрусовых культур в Сирии

¹Нассер С., ^{1,2}Савин И.Ю.

¹Российский университет дружбы народов,
Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

²Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
Россия, 119017, Москва, Пыжевский пер. 7, стр. 2
savigory@gmail.com

Аннотация. Цитрусовые культуры являются основой сельскохозяйственного производства многих стран Средиземноморья. Нестабильные метеорологические условия предопределяют сильное варьирование урожайности этих культур от года к году, что отражается на экономическом состоянии стран. Это предопределяет большую значимость мониторинга их состояния и прогнозирования урожайности, которые во многих странах не проводятся вовсе или оцениваются опросно-статистическим методом. Целью исследований был анализ возможностей использования многолетних временных рядов *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*), вычисленных по спутниковым данным *Landsat 8 OLI*, для прогнозирования урожайности цитрусовых культур. Для региона Латакия с насаждениями различных цитрусовых культур были рассчитаны значения *NDVI* для всех имеющихся в архивах изображений за период с 2013 по 2023 годы. После этого был проведен регрессионный анализ различных предикторов, рассчитанных по *NDVI*, со статистическими значениями урожайности. Было установлено, что наилучшим предиктором урожайности для всех сортов цитрусовых культур является среднее за год значение *NDVI*, с использованием которого возможно построение регрессионных моделей с R^2 0,5–0,6. Менее качественные модели с R^2 0,36–0,45 могут быть построены с использованием в качестве предиктора средних значений *NDVI*, полученных за зимний период перед вегетационным сезоном, что открывает возможности для получения прогнозных оценок урожайности еще до фазы уборки урожая.

Ключевые слова: спутниковый мониторинг земель, цитрусовые культуры, прогнозирование урожайности, дистанционное зонирование, *Landsat*

Для цитирования: Нассер С., Савин И.Ю. 2026. Возможности использования NDVI по данным Landsat 8 OLI для прогнозирования урожайности цитрусовых культур в Сирии. Региональные геосистемы, 50(1): 95–104. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-8 EDN: LUSMOK

Possibilities of Using Landsat 8 OLI-Based NDVI for Assessing Citrus Crop Yield in Syria

¹Said Nasser, ^{1,2}Igor Yu. Savin

¹Peoples' Friendship University of Russia,
6 Miklukho-Maklay St., Moscow 117198, Russia

²V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
7 Pyzhevsky Lane, Moscow 119017, Russia
savigory@gmail.com

Abstract. Citrus crops are the mainstay of agricultural production in a large part of the Mediterranean. The unstable meteorological conditions predetermine a strong variation in the yield of these crops from year to year, which affects the economic situation of the countries. In this regard, their monitoring and yield forecasting are of great importance. In many cases, these activities are not carried out at all or are estimated by survey and statistical methods. The aim of the research was to analyze the possibilities of using multi-year NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) time series calculated from Landsat 8 OLI satellite data to predict the yield of citrus crops. For Latakia region with plantations of various citrus crops, NDVI values were calculated for all images available in the archives for the period from 2013 to 2023. After that, regression analysis of different predictors calculated from NDVI with statistical values of yield was performed. It has been found that the best predictor of yield for all citrus cultivars is the annual average NDVI value, using which regression models with R^2 ranging from 0.5 to 0.6 are possible. Less qualitative models with R^2 varying between 0.36 and 0.45 may be built using the average NDVI values obtained in winter, prior to the vegetation season, as a predictor, thus opening up the possibility to obtain predictive estimates of yield even before the harvesting phase.

Keywords: satellite-based land monitoring, citrus crops, yield forecasting, remote sensing, Landsat

For citation: Nasser S., Savin I.Yu. 2026. Possibilities of Using Landsat 8 OLI-Based NDVI for Assessing Citrus Crop Yield in Syria. *Regional Geosystems*, 50(1): 95–104 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-8 EDN: LUSMOK

Введение

Возделывание цитрусовых культур является основой сельскохозяйственного производства многих стран, расположенных в тропическом и субтропическом климате. Плоды цитрусовых широко используются населением в качестве продуктов питания, а также экспортируются в другие страны мира. Одним из наиболее развитых очагов возделывания цитрусовых является Средиземноморье [Rehman et al., 2020]. На территории Сирии возделывание цитрусовых в связи с природными условиями сосредоточено в провинциях Латакия и Тартус, где более 27000 фермеров возделывают цитрусовые культуры. На начало текущего столетия там производилось около 1 % мировой продукции этих культур и их производство быстро увеличивалось. В отдельные годы это приводило к перепроизводству, значительному падению внутренних цен и увеличению экспорта [Fiorillo, Vercueil, 2003]. На подобную нестабильность рынка цитрусовых в стране накладывается воздействие таких внешних лимитирующих факторов, как межгодовые колебания климата, варьирование количества используемых удобрений, пульсирующие инвазии вредителей и распространение болезней [Galvañ et al., 2022]. Все это создает значительные трудности для планирования производства цитрусовых в стране и диктует необходимость создания современной системы оперативного и низкзатратного мониторинга и прогнозирования урожайности.

Статистическая отчетность по производству цитрусовых в стране формируется на основе опросных методов, что приводит к невысокой точности получаемых данных и длительности самого процесса сбора и обобщения информации от фермеров.

В последние десятилетия наблюдается бурное развитие дистанционных методов сельскохозяйственного мониторинга. Так, использование многолетних архивов спутниковых данных показало высокую эффективность мониторинга состояния посевов многих однолетних сельскохозяйственных культур, определения площади посевов и оценки ущерба от воздействия неблагоприятных факторов, лимитирующих урожайность [Лупян и др., 2009; Atzberger et al., 2020]. В качестве основного индикатора обычно используется *NDVI*, который был предложен уже около 50 лет назад [Rouse et al., 1974]. Но, большая часть подобных исследований и систем спутникового мониторинга ориентирована на однолетние сельскохозяйственные культуры. Исследований в области

спутникового мониторинга многолетних плодовых насаждений до сих пор мало [Usha, Singh, 2013; Толпин и др., 2017; Savin et al., 2020], что связано со спецификой их вегетации и морфологии. У цитрусовых культур сказывается влияние возраста насаждений, постепенной смены листьев, растянутость и слабая выраженность сезона вегетации [Moussaid et al., 2021; Нассер, Савин, 2024]. Недостаточное научное обоснование приводит к тому, что существующие глобальные системы мониторинга культур на основе спутниковой информации [Лупян и др., 2011; Wu et al., 2014; van der Velde et al., 2019] не направлены на мониторинг многолетних плодовых культур.

Целью статьи является рассмотрение возможности использования предикторов, основанных на *NDVI (Landsat 8)* для оценки урожайности цитрусовых насаждений на территории Латакии (Сирия).

Объекты и методы исследования

Объектом исследований являются насаждения цитрусовых в муниципалитете Эль-Руиме (район Мазира, провинция Латакия, Сирия) (рис. 1). Площадь территории составляет 644 га. Она представляет собой наклонную к морю (на юго-запад) равнину с абсолютной высотой 50–100 метров и со щебнистыми суглинистыми почвами.



Рис. 1. Территория исследований (выдел с красной границей)
Fig.1. Test area (unit with red boundary)

Территория сильно освоена в сельскохозяйственном отношении. Фермеры в основном возделывают цитрусовые культуры и оливковые деревья. Основными цитрусовыми культурами в регионе являются апельсин (*Citrus × sinensis*) (красный апельсин, апельсин Джаффа, апельсин Валенсия, апельсин Абусура, апельсин Гриффон), лимон (*Citrus × limon*) (лимон Мейера), мандарин (*Citrus × reticulāta*) и грейпфрут (*Citrus × paradīsi*).

По данным статистического департамента провинции Латакия в 2013–2023 годах средняя урожайность цитрусовых составляла около 23 т/га с изменениями от года к году от 12 до 27 т/га. При этом урожайность грейпфрута в среднем составляла 28 т/га (с размахом от 18 до 37 т/га), лимона – 17 т/га (с размахом от 7 до 22 т/га), апельсина – 25 т/га (разброс от 11 до 29 т/га), мандарина – 23 т/га (разброс от 18 до 27 т/га).

В качестве основы использовалась карта размещения цитрусовых на территории исследований, построенная по спутниковым данным *Landsat* ранее [Нассер, Савин, 2024]. Всего на территории исследований оказалось 152 участка с апельсином, 97 участков с мандарином, 49 участков с лимоном, 23 участка с грейпфрутом (рис. 2).

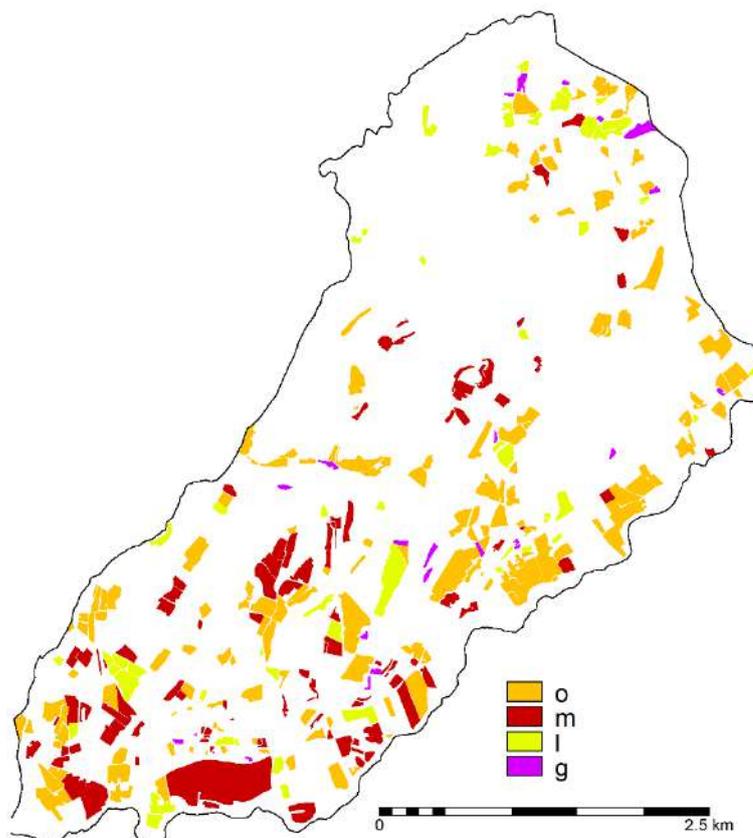


Рис.2. Маска полей с разными видами цитрусовых культур
(o – апельсин; m – мандарин; l – лимон; g – грейпфрут)

Fig. 2. Plots with citrus (o – orange; m – mandarin; l – lemon; g – grapefruit)

Для расчета *NDVI* были отобраны все имеющиеся для территории исследований безоблачные изображения *Landsat 8 OLI* (пространственное разрешение 30 метров на местности, периодичность съемки раз в 16 дней, 8 каналов съемки в видимой и инфракрасной области спектра) за период с 2013 по 2023 год. Всего было отобрано 231 изображение (использовался продукт второго уровня обработки, после радиометрической и атмосферной коррекции).

Величина вегетационного индекса *NDVI* для всех изображений рассчитывалась по формуле:

$$NDVI = (B5 - B4) / (B5 + B4),$$

где *B4* и *B5*, соответственно, значения спектральной яркости в 4 и 5 каналах съемки *Landsat 8 OLI*.

После этого значения *NDVI* были усреднены с использованием маски участков с соответствующей цитрусовой культурой. Затем был проведен регрессионный анализ между статистическими данными об урожайности и спутниковыми предикторами, определенными на основе осредненных значений *NDVI*, в качестве которых использовались следующие:

- среднее взвешенное арифметическое значение *NDVI* за год;

- средняя взвешенная разница между сезонными максимумом и минимумом *NDVI*;
- среднее взвешенное арифметическое значение сезонного максимума индекса;
- среднее взвешенное арифметическое значение сезонного минимума индекса;
- среднее взвешенное арифметическое значение *NDVI* за летний сезон;
- среднее взвешенное арифметическое значение *NDVI* за зимний сезон.

Теоретически, зависимость между урожайностью и *NDVI* может быть близка и к нелинейному виду [Rai et al., 2022]. Но, как правило при моделировании урожайности по спутниковым предикторам возникает проблема с длиной временного ряда, который может быть использован. Сорта возделываемых растений достаточно часто сменяются на другие, с иными свойствами, что может повлиять на качество создаваемых моделей. Поэтому чаще всего используют выборки из 10–20 лет [Ali et al., 2022], длина которых недостаточна для построения качественных нелинейных моделей. Поэтому в наших исследованиях использованы модели линейной связи.

Качество регрессионных моделей оценивалось по значениям коэффициента детерминации R^2 . Использовали следующие правила. Модель с R^2 больше 0,5 является удовлетворительной. При R^2 больше 0,8 модель считалась очень хорошей. При значениях R^2 меньше 0,5 модель принималась плохой¹. Статистический анализ данных проводился с использованием *Excel Microsoft Office 2016*. Работа со спутниковыми изображениями велась с использованием *ГИС ILWIS v.3.3*.

Результаты и их обсуждение

Согласно данным региональной статистики урожайность citrusовых изменяется достаточно синхронно у разных видов. Четко выражен общий тренд к понижению урожайности с достижением минимальных значений в 2022 году (рис. 3).

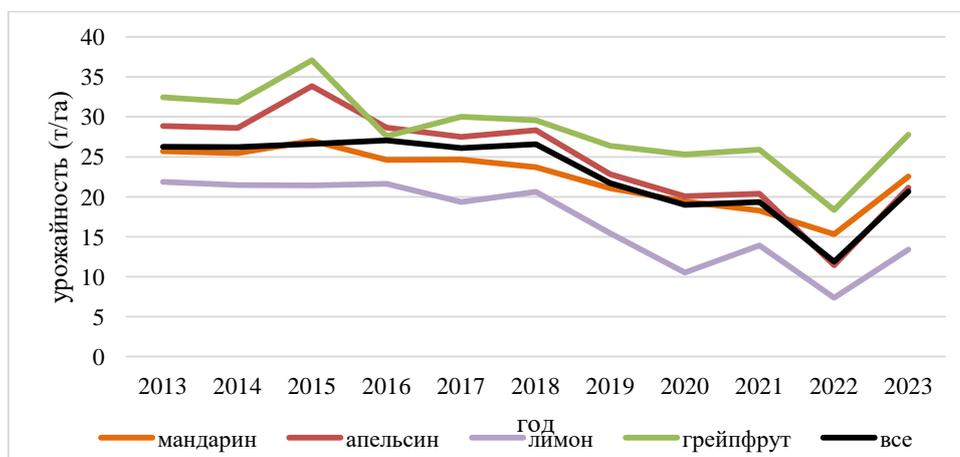


Рис. 3. Динамика статистической урожайности citrusовых культур

Fig. 3. Citrus crop yield dynamics

Но в отдельные годы кривые урожайности для разных видов citrusовых ведут себя неодинаково. Учитывая схожесть фенологического периода citrusовых на территории исследований, можно предположить, что эта асинхронность является результатом не метеорологических и фитосанитарных факторов, которые формируют общий тренд, а прочими условиями [Fiorillo, Vercueil, 2003].

Предикторы, основанные на *NDVI*, характеризуются разным поведением в отдельные годы рассматриваемого периода (рис. 4). Три из них демонстрируют четкий положительный тренд (среднее годовое значение *NDVI*, сезонный максимум *NDVI* и среднее значение *NDVI* за летний период), а у остальных тренд не выражен.

¹ Домбровский В.В. 2004. Эконометрика. М., Новый учебник, 342 с.

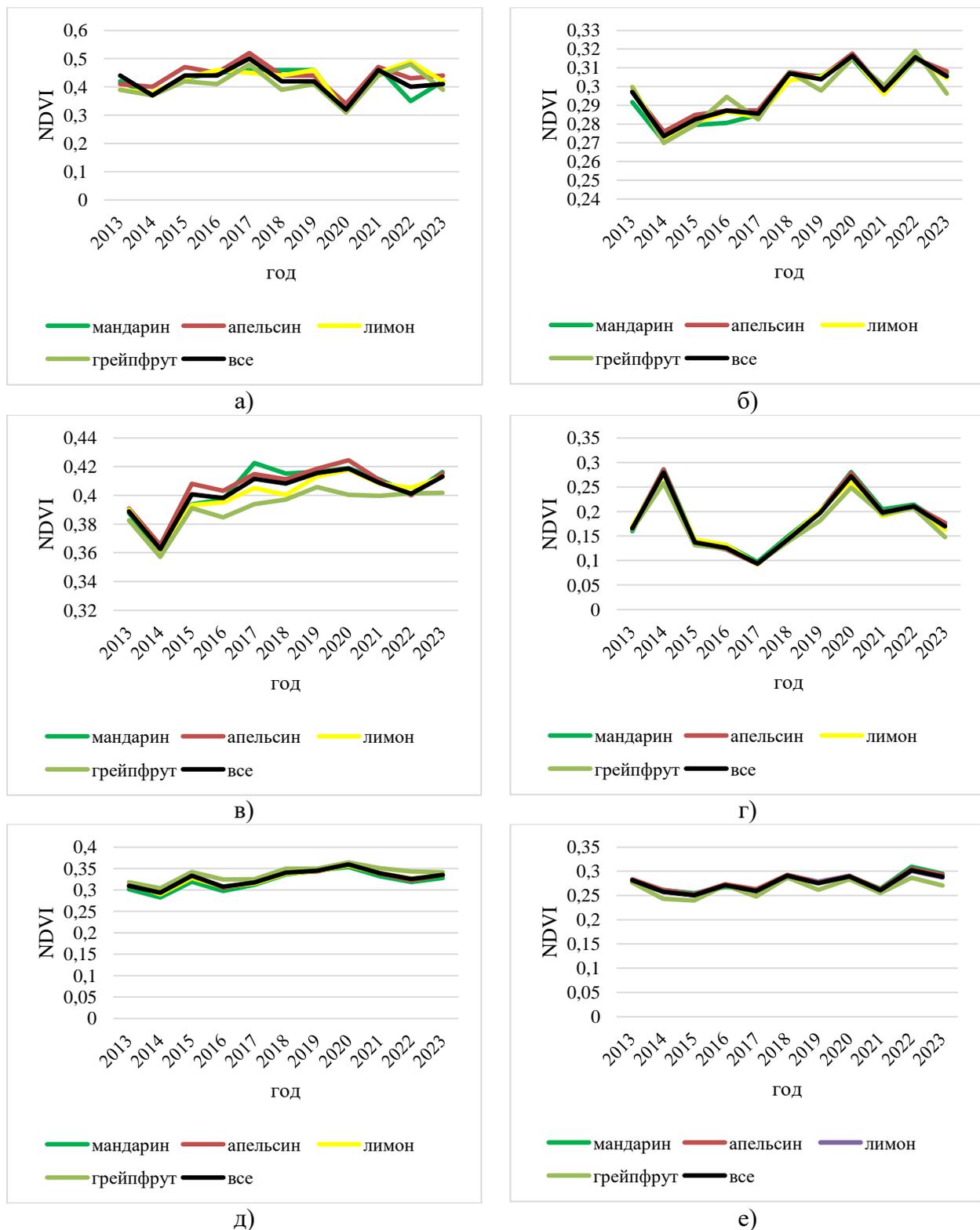


Рис. 4. Многолетняя динамика спутниковых предикторов: а) среднее годовое значение *NDVI*; б) годовой размах значений *NDVI*; в) сезонный максимум *NDVI*; г) сезонный минимум *NDVI*; д) среднее значение *NDVI* в летний сезон; е) среднее значение *NDVI* в зимний сезон

Fig. 4. Long-term dynamics of satellite predictors: а) yearly average *NDVI*; б) yearly *NDVI* range; в) seasonal *NDVI* maximum; г) seasonal *NDVI* minimum; д) average *NDVI* for summer season; е) average *NDVI* for winter season

Кривые многолетних изменений *NDVI* для разных видов цитрусовых достаточно похожи друг на друга. В наибольшей степени они различаются в случае сезонного максимума индекса, что скорее всего связано с особенностями их агротехники (обрезка, внесение удобрений, орошение) [Almohamed, Darwish, 2021; Matias et al., 2023]. Схожесть многолетней динамики остальных предикторов скорее всего связана с ведущим значением метеорологических условий в анализируемой динамике. Выраженность положительного тренда скорее всего обусловлена возрастным составом насаждений. Их рост от года к году сопровождается накоплением надземной зеленой фитомассы, что и отражается на увеличении значений *NDVI* и построенных на нем предикторов.

Оказалось, что удовлетворительные по качеству линейные регрессионные модели могут быть построены лишь при использовании такого предиктора, как среднегодовые значения *NDVI* (таблица). Судя по данным таблицы, полученные модели мало отличаются по качеству друг от друга. Немного более качественная модель (с $R^2 = 0,59$) была построена лишь для насаждений лимона.

Коэффициенты детерминации регрессионных уравнений между статистическими значениями урожайности цитрусовых и спутниковыми предикторами
Determinant coefficient of regression models between citrus statistical yield and satellite predictors

Спутниковый предиктор	Мандарин	Апельсин	Лимон	Грейпфрут	Все цитрусовые
Среднее годовое значение <i>NDVI</i>	0,56	0,54	0,59	0,56	0,52
Средняя разница между сезонным максимумом и сезонным минимумом <i>NDVI</i>	0,12	0,07	0,00	0,05	0,13
Среднее значение сезонного максимума <i>NDVI</i>	0,15	0,06	0,42	0,24	0,12
Среднее значение сезонного минимума <i>NDVI</i>	0,19	0,19	0,16	0,12	0,21
Среднее значение <i>NDVI</i> в летний сезон	0,27	0,11	0,36	0,17	0,19
Среднее значение <i>NDVI</i> в зимний сезон	0,39	0,45	0,37	0,36	0,34

Регрессионные модели, построенные с использованием такого предиктора, как среднее значение *NDVI* за зимний сезон, оказались более высокого качества, чем модели, построенные по другим предикторам, но, согласно принятым градациям, их качество все равно относится к неудовлетворительному. Следовательно, урожайность цитрусовых на территории исследований в большей степени коррелирует с состоянием надземной фитомассы растений зимой, чем летом. Похожие закономерности были установлены ранее для территории Китая [Wang et al., 2022]. Но в отличие от этих результатов, регрессии для региона исследований оказались негативными, что свидетельствует о том, что увеличение среднегодовых значений *NDVI* является индикатором снижения урожайности цитрусовых. Похожий эффект иногда отмечается и для однолетних культур [Panek, Gozdowski, 2021]. В качестве основных причин этого можно предположить старение насаждений, влияние обрезки деревьев на значения *NDVI* и урожайность, а также непосредственное влияние плодов на интегральные отражательные свойства насаждений. Но только на основе дополнительных исследований можно будет выяснить влияние конкретных факторов, объясняющих эту особенность.

Таким образом, регрессионные модели высокого качества между использованными спутниковыми предикторами и урожайностью цитрусовых культур построить не удалось. Это вполне логично и объясняется в первую очередь недостаточно высоким качеством масок отдельных видов цитрусовых насаждений. Ошибки в десятки процентов при детектировании полей с теми или иными культурами [Нассер, Савин, 2024] не могло не сказаться на качестве этих моделей. Также на качество моделей без сомнения оказала влияние и доступность безоблачных спутниковых данных для территории исследований. Их количество было разным для каждого года, что также могло отразиться на точности расчета предикторов урожайности на основе *NDVI*.

Тем не менее, наличие удовлетворительных по качеству моделей открывает возможности для альтернативной оценки урожайности разных видов цитрусовых культур в регионе на основе спутниковых данных.

Заключение

Проведенные исследования показали, что существует хорошо выраженная зависимость между статистической урожайностью цитрусовых культур и предикторами, рассчитанными на основе *NDVI Landsat -8 OLI*. Наиболее информативным предиктором является среднее годовое значение *NDVI*. Связь может быть аппроксимирована уравнением линейной регрессии с R^2 равным 0,5–0,6. Среди разных видов цитрусовых культур немного более качественная модель на территории исследований может быть создана для насаждений лимона. Качество регрессионных моделей, по-видимому, может быть улучшено после уточнения масок цитрусовых культур. Наличие удовлетворительных по качеству моделей открывает возможности для альтернативной оценки урожайности разных видов цитрусовых культур в регионе исследований на основе существующих архивов спутниковых данных.

Список литературы

- Лупян Е.А., Барталев С.А., Савин И.Ю. 2009. Технологии спутникового мониторинга в сельском хозяйстве России. *Аэрокосмический курьер*, 6: 47–49.
- Лупян Е.А., Савин И.Ю., Барталев С.А., Толпин В.А., Балашов И.В., Плотников Д.Е. 2011. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («ВЕГА»). *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 8(1): 190–198.
- Нассер С., Савин И.Ю. 2024. Детектирование насаждений цитрусовых культур в Сирии по спутниковым данным *LANDSAT-8 OLI*. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 21(4): 199–208. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2024-21-4-199-208>.
- Толпин В.А., Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Кашницкий А.В., Лупян Е.А., Уваров И.А. 2017. Формирование информационной базы спутниковых и наземных данных для отработки методик дистанционного мониторинга виноградарства в Республике Крым. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 14(1): 101–110. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2017-14-1-101-110>.
- Ali A.M., Abouelghar M., Belal A.A., Saleh N., Yones M., ... Maginan S. 2022. Crop Yield Prediction Using Multi Sensors Remote Sensing (Review Article). *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 25(3): 711–716. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.04.006>.
- Almohamed S., Darwish C. 2021. Review of the Syrian agriculture and future prospects for reconstruction. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 15(2): 35–49. <https://doi.org/10.35516/jjas.v15i2.44>.
- Atzberger C., Zeug G., Defourny P., Aragao L., Hammarstrom L., Immitzer M. 2020. Monitoring of Forests Through Remote Sensing. Final Report, Publications Office. European Commission, Directorate General for Environment, 147 p.
- Fiorillo C., Vercueil J. 2003. *Syrian Agriculture at the Crossroads*. Rome, FAO Agricultural Policy and Economic Development Series, 462 p.



- Galvañ A., Boughalleb-M'Hamdi N., Benfradj N., Mannai S, Lázaro E, Vicent A. 2022. Climate Suitability of the Mediterranean Basin for Citrus Black Spot Disease (*Phyllosticta Citricarpa*) Based on a Generic Infection Model. *Scientific Reports*, 12(1): 19876. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22775-z>.
- Matias P., Barrote I., Azinheira G., Continella A., Duarte A. 2023. Citrus Pruning in the Mediterranean Climate: A Review. *Plants*, 12(19): 3360. <https://doi.org/10.3390/plants12193360>.
- Moussaïd A., Fkihi S., Zennayi Y. 2021. Citrus Orchards Monitoring based on Remote Sensing and Artificial Intelligence Techniques: A Review of the Literature. *International Conference on Advanced Technologies for Humanity*, 172–178. <https://doi.org/10.5220/0010432001720178>.
- Panek E., Gozdowski D. 2021. Relationship between MODIS Derived NDVI and Yield of Cereals for Selected European Countries. *Agronomy*, 11(2): 340. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020340>.
- Rai S., Nandre J., Kanawade B.R.A. 2022. A Comparative Analysis of Crop Yield Prediction using Regression. *International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/CONIT55038.2022.9847783>.
- Rehman S.U., Abbasi K., Qayyum A. 2020. Comparative Analysis of Citrus Fruits for Nutraceutical Properties. *Food Science and Technology*, 40(1): 153–157. <https://doi.org/10.1590/fst.07519>.
- Rouse J.W., Haas R.H., Scheel J.A., Deering D.W. 1974. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium*, 1: 48–62.
- Savin I., Klyukina A., Dragavtseva I. 2020. About Possibilities of Apple Trees Flowering Date Detection Based on MODIS Data. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, 2.2: 157–164. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/2.2/s10.019>.
- Usha K., Singh B. 2013. Potential Applications of Remote Sensing in Horticulture – A Review. *Scientia Horticulturae*, 153(3): 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.008>.
- van der Velde M., van Diepen C.A., Baruth B. 2019. The European Crop Monitoring and Yield Forecasting System: Celebrating 25 years of JRC MARS Bulletins. *Agricultural Systems*, 168: 56–57.
- Wang S., Xie W., Yan X. 2022. Effects of Future Climate Change on Citrus Quality and Yield in China. *Sustainability*, 14(15): 9366. <https://doi.org/10.3390/su14159366>.
- Wu B., Meng J., Li Q., Yan N., Du X., Zhang M. 2014. Remote Sensing-Based Global Crop Monitoring: Experiences with China's CropWatch System. *International Journal of Digital Earth*, 7(2): 113–137. <https://doi.org/10.1080/17538947.2013.821185>.

References

- Loupian E.A., Bartalev S.A., Savin I.YU. 2009. Tekhnologii sputnikovogo monitoringa v sel'skom hozyajstve Rossii [Satellite Monitoring Technologies in Russian Agriculture]. *Aerokosmicheskiy kurier*, 6: 47–49.
- Loupian E.A., Savin I.Yu., Bartalev S.A., Tolpin V.A., Balashov I.V., Plotnikov D.E. 2011. Satellite Service for Vegetation Monitoring VEGA. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 8(1): 190–198 (in Russian).
- Nasser S., Savin I.Yu. 2024. Detection of Citrus Crop Plantation in Syria Using Landsat-8 OLI Satellite Data. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 21(4): 199–208 (in Russian). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2024-21-4-199-208>
- Tolpin V.A., Rybalko E.A., Baranova N.V., Kashnitskiy A.V., Loupian E.A., Uvarov I.A. 2017. Building a Repository of Satellite and Ground Data for the Development of Viticulture Remote Monitoring Methods in the Republic of Crimea. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 14(1): 101–110 (in Russian). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2017-14-1-101-110>.
- Ali A.M., Abouelghar M., Belal A.A., Saleh N., Yones M., ... Maginan S. 2022. Crop Yield Prediction Using Multi Sensors Remote Sensing (Review Article). *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 25(3): 711–716. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.04.006>.
- Almohamed S., Darwish C. 2021. Review of the Syrian agriculture and future prospects for reconstruction. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 15(2): 35–49. <https://doi.org/10.35516/jjas.v15i2.44>
- Atzberger C., Zeug G., Defourny P., Aragao L., Hammarstrom L., Immitzer M. 2020. Monitoring of Forests Through Remote Sensing. Final Report, Publications Office. European Commission, Directorate General for Environment, 147 p.



- Fiorillo C., Vercueil J. 2003. Syrian Agriculture at the Crossroads. Rome, FAO Agricultural Policy and Economic Development Series, 462 p.
- Galvañ A., Boughalleb-M'Hamdi N., Benfradj N., Mannai S, Lázaro E, Vicent A. 2022. Climate Suitability of the Mediterranean Basin for Citrus Black Spot Disease (*Phyllosticta Citricarpa*) Based on a Generic Infection Model. *Scientific Reports*, 12(1): 19876. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22775-z>.
- Matias P., Barrote I., Azinheira G., Continella A., Duarte A. 2023. Citrus Pruning in the Mediterranean Climate: A Review. *Plants*, 12(19): 3360. <https://doi.org/10.3390/plants12193360>.
- Moussaid A., Fkihi S., Zennayi Y. 2021. Citrus Orchards Monitoring based on Remote Sensing and Artificial Intelligence Techniques: A Review of the Literature. *International Conference on Advanced Technologies for Humanity*, 172–178. <https://doi.org/10.5220/0010432001720178>.
- Panek E., Gozdowski D. 2021. Relationship between MODIS Derived NDVI and Yield of Cereals for Selected European Countries. *Agronomy*, 11(2): 340. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020340>
- Rai S., Nandre J., Kanawade B.R.A. 2022. A Comparative Analysis of Crop Yield Prediction using Regression. *International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/CONIT55038.2022.9847783>.
- Rehman S.U., Abbasi K., Qayyum A. 2020. Comparative Analysis of Citrus Fruits for Nutraceutical Properties. *Food Science and Technology*, 40(1): 153–157. <https://doi.org/10.1590/fst.07519>.
- Rouse J.W., Haas R.H., Scheel J.A., Deering D.W. 1974. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium*, 1: 48–62.
- Savin I., Klyukina A., Dragavtseva I. 2020. About Possibilities of Apple Trees Flowering Date Detection Based on MODIS Data. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, 2.2: 157–164. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/2.2/s10.019>.
- Usha K., Singh B. 2013. Potential Applications of Remote Sensing in Horticulture – A Review. *Scientia Horticulturae*, 153(3): 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.008>.
- van der Velde M., van Diepen C.A., Baruth B. 2019. The European Crop Monitoring and Yield Forecasting System: Celebrating 25 years of JRC MARS Bulletins. *Agricultural Systems*, 168: 56–57.
- Wang S., Xie W., Yan X. 2022. Effects of Future Climate Change on Citrus Quality and Yield in China. *Sustainability*, 14(15): 9366. <https://doi.org/10.3390/su14159366>.
- Wu B., Meng J., Li Q., Yan N., Du X., Zhang M. 2014. Remote Sensing-Based Global Crop Monitoring: Experiences with China's CropWatch System. *International Journal of Digital Earth*, 7(2): 113–137. <https://doi.org/10.1080/17538947.2013.821185>.

*Поступила в редакцию 29.06.2025;
поступила после рецензирования 27.07.2025;
принята к публикации 02.08.2025*

*Received June 29, 2025;
Revised July 27, 2025;
Accepted August 02, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Нассер Саид, аспирант агроинженерного департамента, Аграрно-технологический институт Российского университета дружбы народов им. П. Лумумбы, г. Москва, Россия

Савин Игорь Юрьевич, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, академик Российской академии наук, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Said Nasser, Postgraduate Student of the Agricultural Engineering Department, Agrarian-technological Institute of Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Igor Yu. Savin, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, V.V. Dokuchaev Soil Institute, Moscow, Russia



УДК 504.3.054
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-9
EDN PJSLDM

Изучение взаимосвязи между концентрациями приземного озона и оксидов азота в воздухе города Челябинска

¹Ракова О.В., ¹Крупнова Т.Г., ²Стручкова Г.П., ³Кочегоров В.М.,
³Выходцева Е.А., ²Капитонова Т.А., ²Тихонова С.А.

¹Южно-Уральский государственный университет,
Россия, 454080, г. Челябинск, Ленина, 76

²Институт физико-технических проблем Севера им. В. П. Ларионова СО РАН,
Россия, 677980, г. Якутск, Октябрьская, 1

³Челябинский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды –
филиал ФГБУ «Уральское УГМС»,
Россия, 454080, г. Челябинск, Витебская, 15

rakovaov@susu.ru, krupnovatg@susu.ru, pandoramy8@list.ru, kvm@chelpogoda.ru,
omp@chelpogoda.ru, kapitonova@iptpn.ysn.ru, sardankobeleva@gmail.com

Аннотация. Целью работы является выявление закономерностей изменения концентраций приземного озона и оксидов азота как его прекурсоров в крупном российском промышленном городе Челябинске. Исследования проводились путем анализа суточных данных со стационарных станций государственной сети наблюдений за условиями окружающей среды сети Росгидромет. С помощью метеорологического температурного профилемера были изучены инверсии, получены характеристики инверсионного слоя в условиях крупного промышленного города. Показано, как инверсии и особенности микроклимата в местах расположения станций влияют на загрязнение атмосферного воздуха в Челябинске. С использованием технологий дистанционного зондирования Земли изучен тепловой остров города. Анализ изображения *Landsat 8* показал, что максимальная температура поверхности Земли на территории города в зонах промышленных площадок и крупных транспортных узлов аномально повышается. При изучении суточного хода приземного озона наблюдался аномальный максимум в ночное время в условиях формирования инверсий.

Ключевые слова: приземный озон, оксид азота (IV), оксид азота (II), инверсия, тепловой остров

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-20017 и при финансовой поддержке Правительства Челябинской области, https://rscf.ru/prjcard_int?24-27-20017

Для цитирования: Ракова О.В., Крупнова Т.Г., Стручкова Г.П., Кочегоров В.М., Выходцева Е.А., Капитонова Т.А., Тихонова С.А. 2026. Изучение взаимосвязи между концентрациями приземного озона и оксидов азота в воздухе города Челябинска. Региональные геосистемы, 50(1): 105–117. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-9 EDN: PJSLDM

Study of the Relationship between Surface Ozone and Nitrogen Oxides Concentrations in the Air of Chelyabinsk

¹Olga V. Rakova, ¹Tatyana G. Krupnova, ²Galina P. Struchkova, ³Valeriy M. Kochegorov,
³Ekaterina A. Vykhodtseva, ²Tamara A. Kapitonova, ²Sardana A. Tikhonova

¹South Ural State University,

76 Lenin St., Chelyabinsk, 454080, Russia

²V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North, SB RAS

1 Oktyabrskaya St., Yakutsk, 677980, Russia

³Chelyabinsk Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring,
Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet)

15 Vitebskaya St., Chelyabinsk, 454080, Russia

rakovaov@susu.ru, krupnovatg@susu.ru, pandoramy8@list.ru, kvm@chelpogoda.ru,
omp@chelpogoda.ru, kapitonova@iptpn.ysn.ru, sardankobeleva@gmail.com

Abstract. The aim of the work is to identify patterns of changes in surface ozone and nitrogen oxide concentrations as its predictors in the large Russian industrial city of Chelyabinsk. The studies were conducted by analyzing daily data from stationary stations of the state network of environmental observations of the Roshydromet. Using a meteorological temperature profiler, we studied inversions and obtained characteristics of the inversion layer in the conditions of a large industrial city. It is shown how inversions and microclimate features at the locations of stations affect air pollution in Chelyabinsk. Using remote sensing technologies, the heat island of the city was studied. The analysis of Landsat 8 images revealed an anomalous increase in the maximum surface temperature of the Earth in the city in the areas of industrial sites and large transport hubs. When studying the diurnal variation of surface ozone, an anomalous maximum was observed at night under conditions of inversion formation.

Keywords: surface ozone, nitrogen oxide (IV), nitrogen oxide (II), inversion, heat island

Acknowledgements: This study was supported by grant from the Russian Science Foundation, project No. 24-27-20017, with a financial support from the Chelyabinsk region, https://rscf.ru/prjcard_int?24-27-20017

For citation: Rakova O.V., Krupnova T.G., Struchkova G.P., Kochegorov V.M., Vykhodtseva E.A., Kapitonova T.A., Tikhonova S.A. 2026. Study of the Relationship between Surface Ozone and Nitrogen Oxides Concentrations in the Air of Chelyabinsk. *Regional Geosystems*, 50(1): 105–117 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-0-9 EDN: PJSLDM

Введение

Приземный озон является опасным загрязнителем атмосферного воздуха. Его присутствие необходимо в стратосфере, но нежелательно в тропосфере, поскольку озон может легко вступать в реакцию со многими соединениями, образуя при этом высоко токсичные кислородсодержащие органические вещества. Эволюция озона в нижней тропосфере сильно зависит от климатических изменений, синоптической ситуации, биогенных и химических процессов. Варьирования концентраций приземного озона в свою очередь могут изменять климат как в региональном, так и в глобальном масштабе. Актуальность исследования определяется опасностью этого газа для здоровья населения. Во всем мире приземный озон является причиной нескольких сотен тысяч преждевременных смертей и десятков миллионов посещений отделений неотложной помощи [Zhang et al., 2019; Mousavinezhad et al., 2023; Donzelli, Suarez-Varela, 2024]. Воздействие озона на человека происходит главным образом при вдыхании, он может вызывать астму [Zhang et al., 2019], также сообщается о кожных реакциях [Salonen et al.,

2018]. Показано, что с повышенными концентрациями озона связано увеличение на 25 % случаев рака кожи и меланомы [Марочко и др., 2011].

Озон естественным образом присутствует в стратосфере и играет жизненно важную роль в защите от ультрафиолетового излучения Солнца. В тропосфере же он классифицируется как вторичный загрязнитель, поскольку не выбрасывается напрямую, а образуется в результате химических реакций из прекурсоров [Andreev et al., 2022; Dewan, Lakhani, 2022].

Отличительной особенностью микроклимата урбанизированных территорий является значительное превышение температуры воздуха над городом по сравнению с пригородными районами и формирование городского острова тепла. В ряде работ [Stathoroulou et al., 2008; Lai, Cheng, 2009] исследовалась связь между наличием городского острова тепла и качеством атмосферного воздуха. Было обнаружено, что система стабильного высокого давления, устанавливающаяся во время антициклона, способствует как образованию городского острова тепла, так и увеличению содержания приземного озона. Изучение связи загрязнения атмосферного воздуха с метеоусловиями, наличием, характеристиками инверсионного слоя и островом тепла необходимо не только для улучшения понимания физико-химических явлений, но также для разработки и оценки стратегий улучшения качества городского воздуха. Целью настоящей работы было изучение закономерностей изменения концентрации приземного озона в атмосферном воздухе типичного российского индустриального города Челябинска. Была изучена связь между концентрациями озона и оксидов азота как его прекурсоров. Также было показано влияние инверсий и острова тепла города на концентрацию приземного озона.

Объекты и методы исследования

Для исследования были использованы данные с государственной сети мониторинга загрязнений атмосферного воздуха Федеральной службы Росгидромет. Существующие в городе Челябинске посты мониторинга можно отнести к различным типам весьма условно. Дело в том, что отличительной чертой российских индустриальных городов является невозможность деления города на классические типы зон – жилые кварталы, индустриальные территории, коммерческие территории. Промышленные предприятия могут быть расположены в центре города. Так в Челябинске, практически в центре города находятся электрометаллургический комбинат и крупнейший в мире и единственный в России завод по производству высококачественного цинка и цинковых сплавов. Более подробная характеристика постов мониторинга была дана в предыдущих исследованиях [Krupnova et al., 2020]. Условно можно сказать, что имеются два фоновых поста, где влияние прямых выбросов минимально. Остальные посты Росгидромета в городе Челябинске находятся в зоне влияния транспортных и промышленных выбросов.

Для анализа использовались данные с сервера Росгидромета за 2022 год. Благодаря установленным автоматическим газоанализаторам на постах, мониторинг таких загрязняющих веществ как тропосферный озон, оксиды азота, проводится непрерывно каждые 20 минут, что составляет 72 измерения в сутки. Для получения профилей температуры и оценки влияния города на пограничный слой атмосферы был использован метеорологический вертикальный профилемер температуры *MTP-5*. В качестве исходного материала данных ДЗЗ использовали безоблачные снимки *Landsat 8 OLI*, обработанные с использованием программного обеспечения *ENVI 5.2*, в результате была получена теплокарта, отражающая значения коэффициента излучения поверхности (КИП).

Для Челябинска характерны весенние и летние максимумы в годовом ходе приземного озона. Но, в феврале 2022 года установился блокирующий антициклон и сформировались устойчивые инверсии. Нами был детально проанализирован эпизод повышенных концентраций загрязнителей в атмосферном воздухе Челябинска в этот период.

Результаты и их обсуждение

Характерной особенностью годового хода концентраций приземного озона является то, что они начинают увеличиваться уже в марте (рис. 1), достигая максимума в июне. Имеются литературные данные [Симакина, Крюкова, 2020; Andreev et al., 2021; 2022] о весенних максимумах по крайней мере еще на семи станциях в РФ. Что касается Челябинска, то сезонные концентрации озона (см. рис. 1) в фоновой городской точке хорошо согласуются с сезонной динамикой солнечной радиации, определяющей летний максимум.

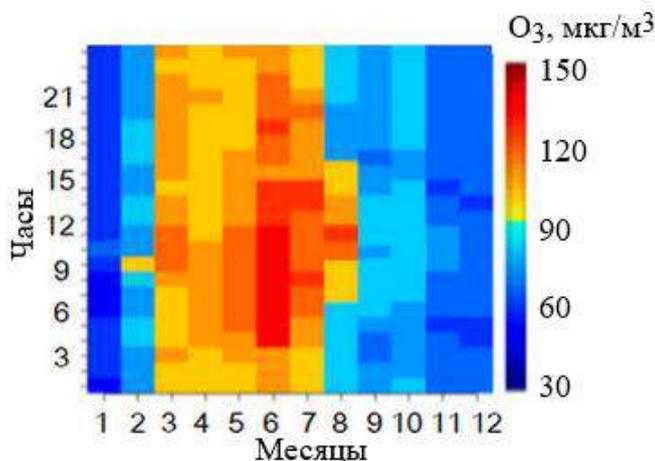


Рис. 1. Годовой и суточный ход концентрации приземного озона в течение 2022 года на городской фоновой станции

Fig. 1. Annual and daily variation of surface O₃ during 2022 at the urban background station

Также наблюдается локальный весенний максимум, который как было показано в нашей предыдущей работе [Krupnova et al., 2024], связан с климатическими особенностями и возможностью переноса озона из верхних слоев тропосферы струйными течениями. Некоторое смещение летнего сезонного максимума в сторону весенних месяцев может быть связано с высотой пограничного слоя. В недавней работе [Pichelli et al., 2014] было показано, что высота пограничного слоя атмосферы зимой и в начале весны значительно ниже, что приводит к концентрированию вредных веществ в меньшем объеме атмосферы и препятствует их разбавлению. Кроме того, оксиды азота (NO и NO₂) играют важную роль в глобальном загрязнении воздуха, являясь важнейшими прекурсорами тропосферного озона [Berezina et al., 2020; Moiseenko et al., 2021; Thorp et al., 2021; Nguyen et al., 2022; Di Bernardino et al., 2023]. Их сезонные колебания представлены на рис. 2, соответственно.

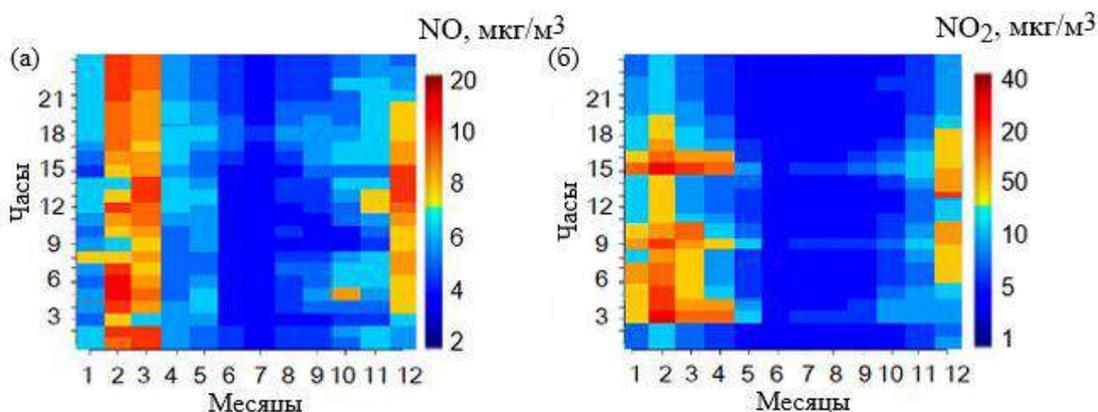


Рис. 2. Годовой и суточный ход концентрации NO (а) и NO₂ (б) в течение 2022 года на фоновой станции

Fig. 2. Annual and daily variation of NO (a) and NO₂ (б) during 2022 at the urban background station

Как видно из рис. 2, концентрация оксидов азота значительно выше зимой, что объясняется несколькими факторами. Во-первых, зимой на количество оксидов азота влияет увеличение антропогенных выбросов, связанных с проведением отопительного сезона. Дополнительно к этому, высота пограничного слоя атмосферы, как было уже сказано, ниже зимой, что усугубляет накопление оксидов азота вблизи поверхности земли [Pichelli et al., 2014; Di Bernardino et al., 2023]. Наконец, условия постоянной стабильности атмосферы и возможное наличие температурного инверсионного слоя уменьшают вертикальное перемешивание, препятствуя рассеиванию загрязнителей [Virolainen et al., 2023]. На концентрацию оксидов азота в большей степени может влиять формирование приподнятых инверсий в условиях антициклона (рис. 3).

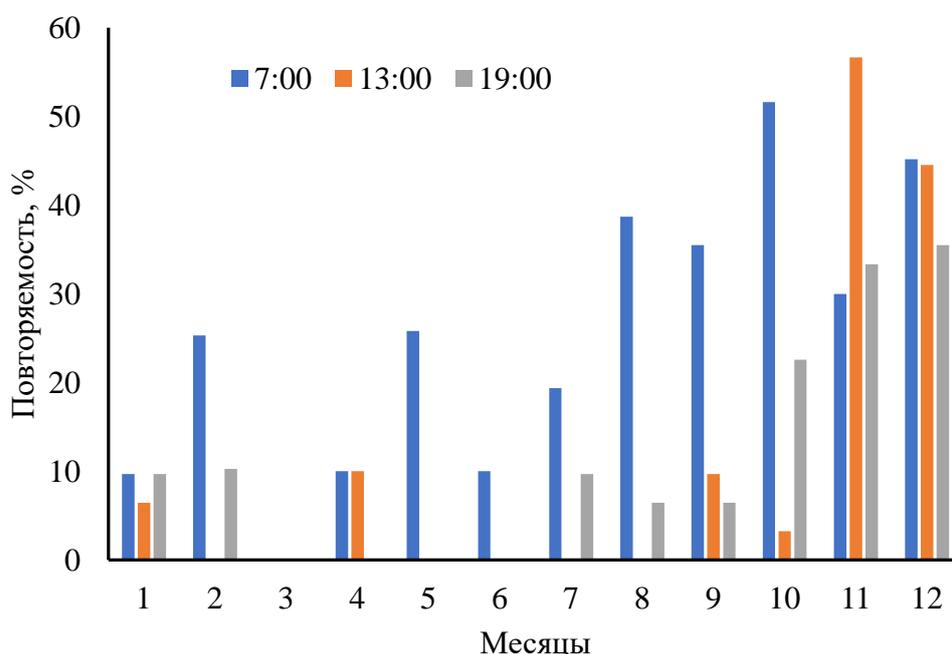


Рис. 3. Повторяемость приподнятых инверсий по месяцам в течение 2022 года в утреннее, дневное и вечернее время

Fig. 3. The recurrence of elevated inversions by month during 2022 in the morning, afternoon, and evening

Повышенные концентрации оксидов азота могут быть обусловлены тепловым островом города, который затрудняет рассеивание загрязнений [Смертин, Насырова, 2023]. Тепловой остров города в зимнее время был изучен с использованием технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В качестве исходного материала данных ДЗЗ использовали мультиспектральные снимки *Landsat 8 OLI*, полученные в условиях отсутствия облаков. На рис. 4 можно видеть четкие очертания территории города на фоне естественно низкой температуры поверхности Земли за пределами городской территории. Заметно влияние рельефа местности – на водных объектах и небольших низинах вокруг города зафиксирована температура земной поверхности до 24...26 условных единиц КИП (коэффициент излучения поверхности). При этом на территории города можно выделить две зоны наибольших тепловых аномалий, первая – в промышленной зоне металлургического комбината, вторая – центр города. В центре города основной вклад вносят транспортные выхлопы, которые выделяют большое количество тепла.

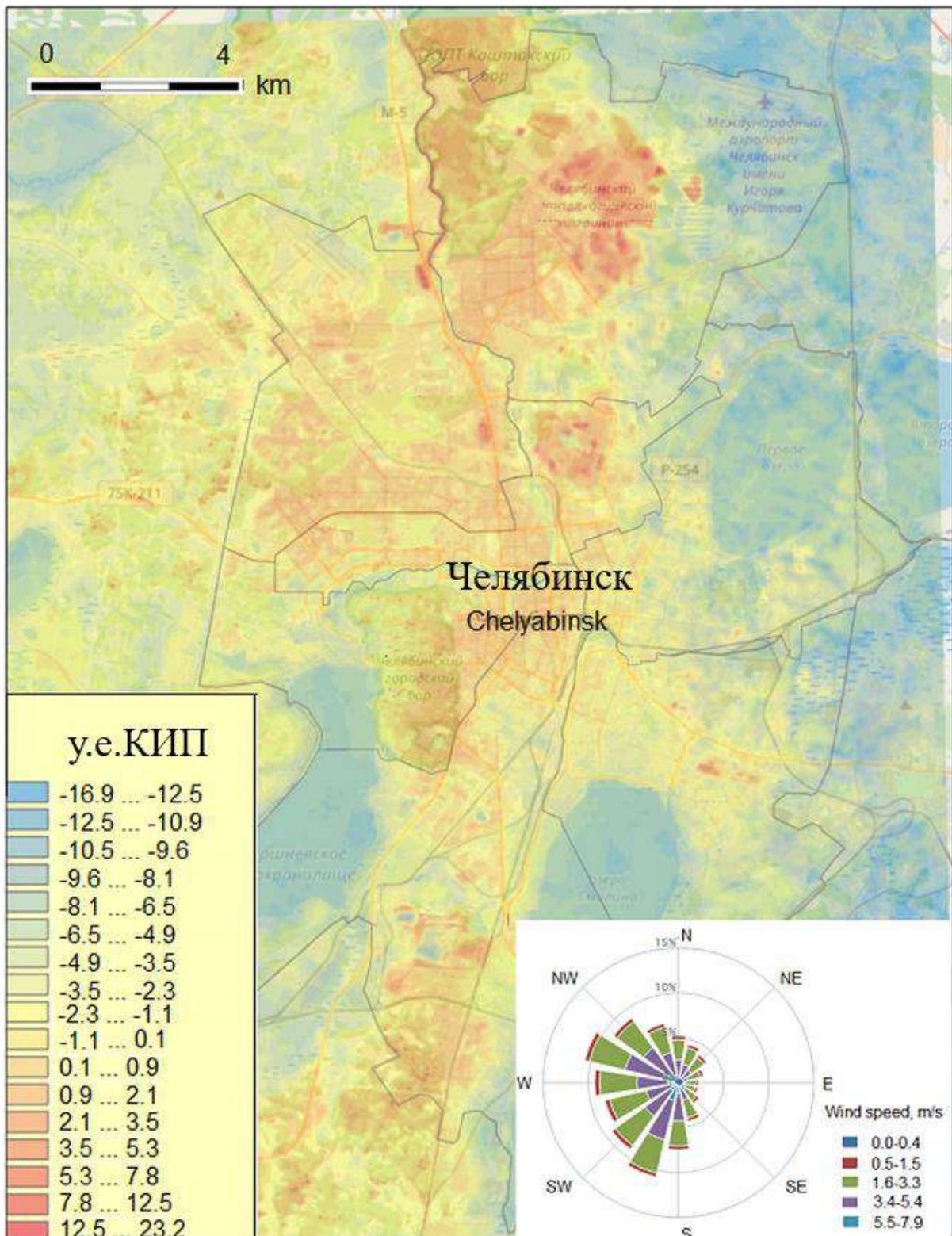


Рис. 4. Теплокарта, характерная для февраля 2022 г.
Fig. 4. Land surface temperature map for February 2022

В 2022 году в феврале были зафиксированы необычно высокие концентрации загрязняющих веществ, над городом прочно повис смог. Нами был детально проанализирован этот эпизод повышенных концентраций загрязнителей в атмосферном воздухе Челябинска в период формирования устойчивых инверсий на фоне антициклона в течение четырех дней в феврале (рис. 5).



Рис. 5. Фотография, иллюстрирующая формирование инверсионного слоя над Челябинском в феврале 2022 г.

Fig. 5. Picture of inversion layer above Chelyabinsk in February 2022

1 февраля наблюдались утренние и вечерне-ночные инверсии с максимумом мощности 300–400 м. В течение 2 и 3 февраля наблюдалась мощная продолжительная инверсия с 00 до 12 часов и с 16 до 24 часов по местному времени. Во время инверсии более холодный приземный воздух не может подняться вверх, и происходит накопление загрязнения у поверхности земли. Температурные инверсии, как правило, разрушаются с наступлением утра под действием солнечного света, но 2 и 3 февраля разрушение инверсии происходило лишь к полудню, а к 16 часам она формировалась вновь (рис. 6). 4 февраля мощность инверсии снизилась, и фотохимический смог над городом начал разрушаться.

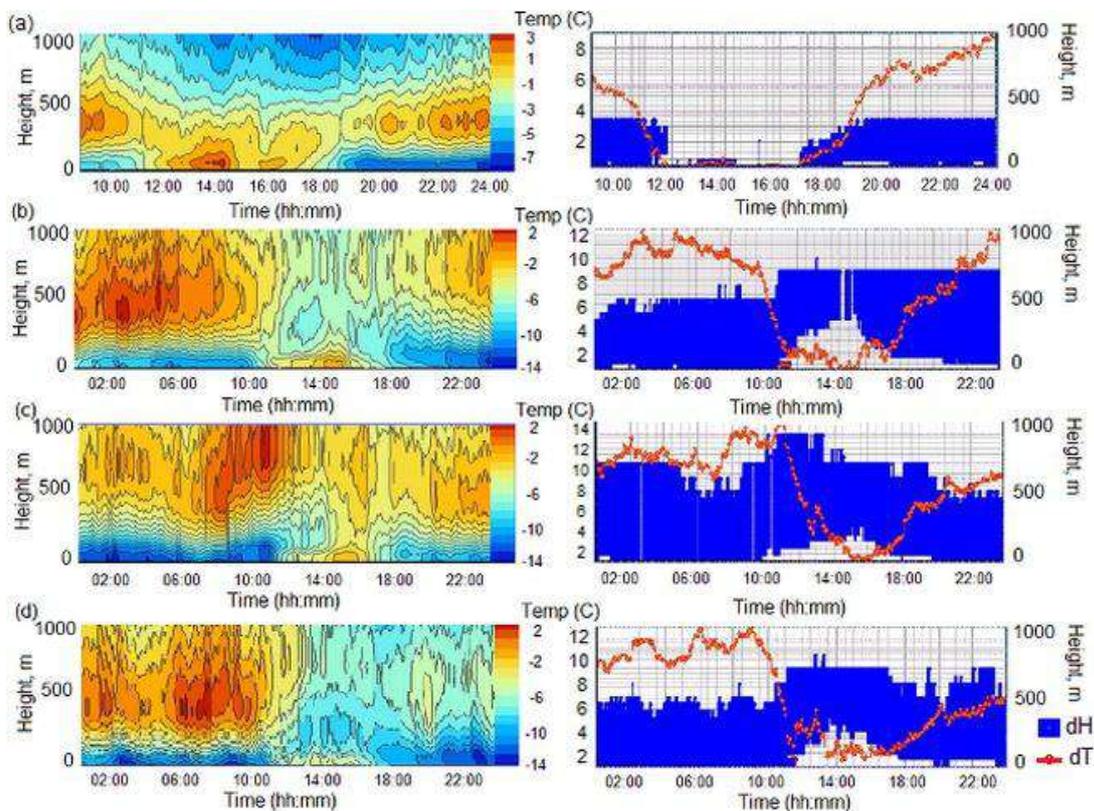


Рис. 6. Суточные вариации температурной инверсии 1–4 февраля

Fig. 6. Temperature profiles for the period from (a) February 1 to (d) February 4

Во время эпизода НМУ (неблагоприятных метеоусловий) 1–4 февраля наблюдались высокие концентрации диоксида азота как на постах, находящихся в зоне влияния оживленных транспортных магистралей и промышленных предприятий, так и на фоновом посту (рис. 7–9).

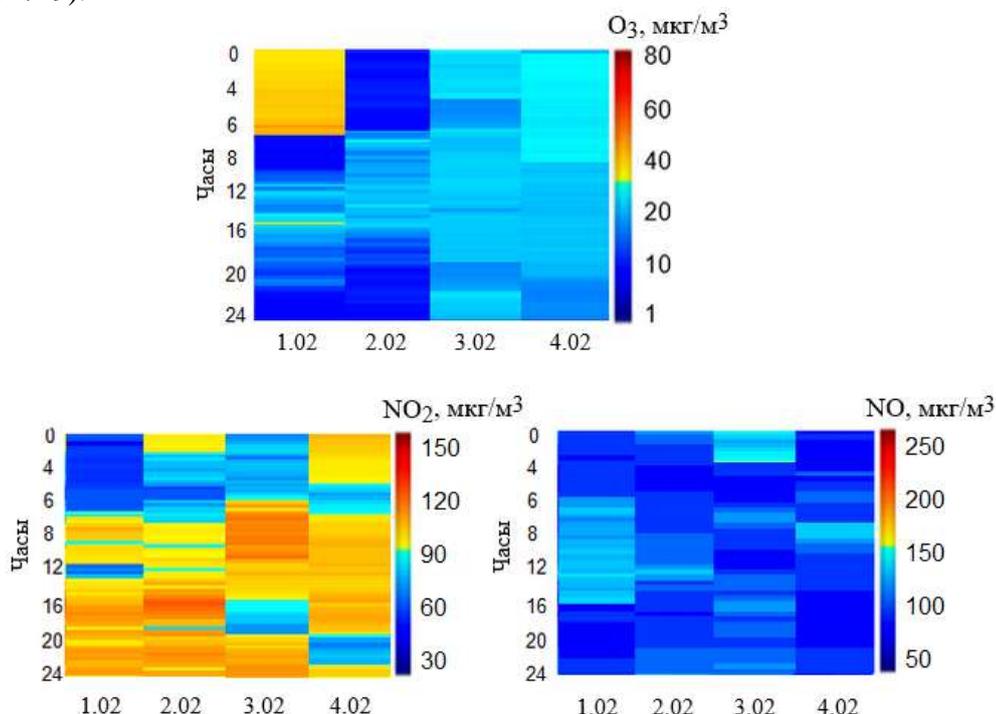


Рис. 7. Суточные изменения концентраций O_3 , NO_2 and NO на посту, расположенном в зоне влияния транспорта
Fig. 7. O_3 , NO_2 and NO concentration changes at the transport station during the day

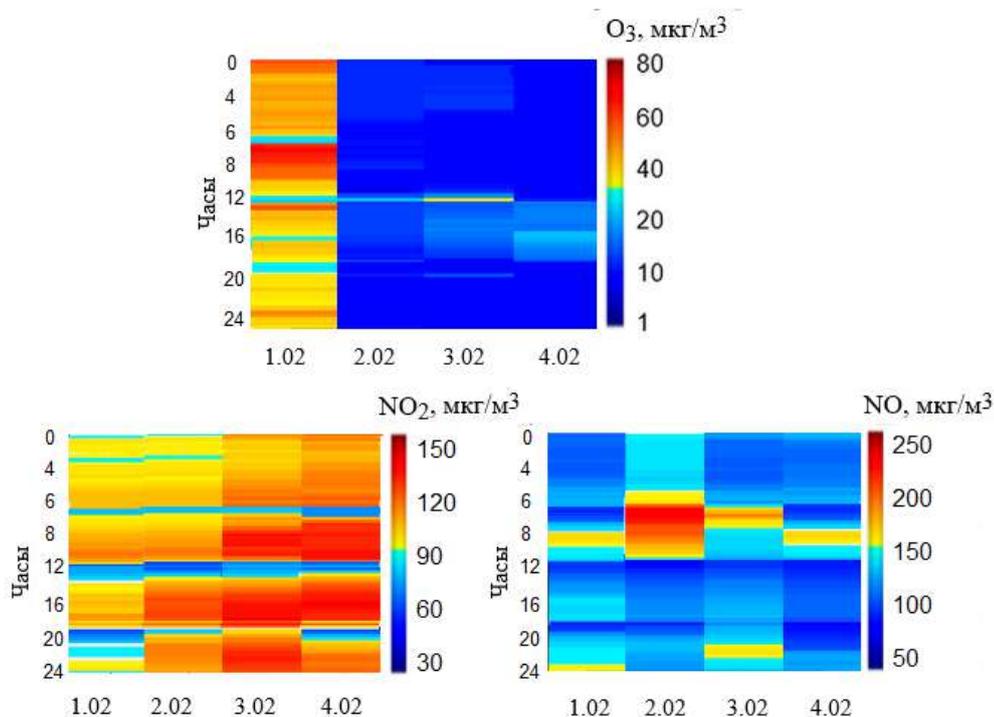


Рис. 8. Суточные изменения концентраций O_3 , NO_2 and NO на посту, расположенном в зоне влияния металлургического комбината
Fig. 8. O_3 , NO_2 and NO concentration changes at the industrial station during the day

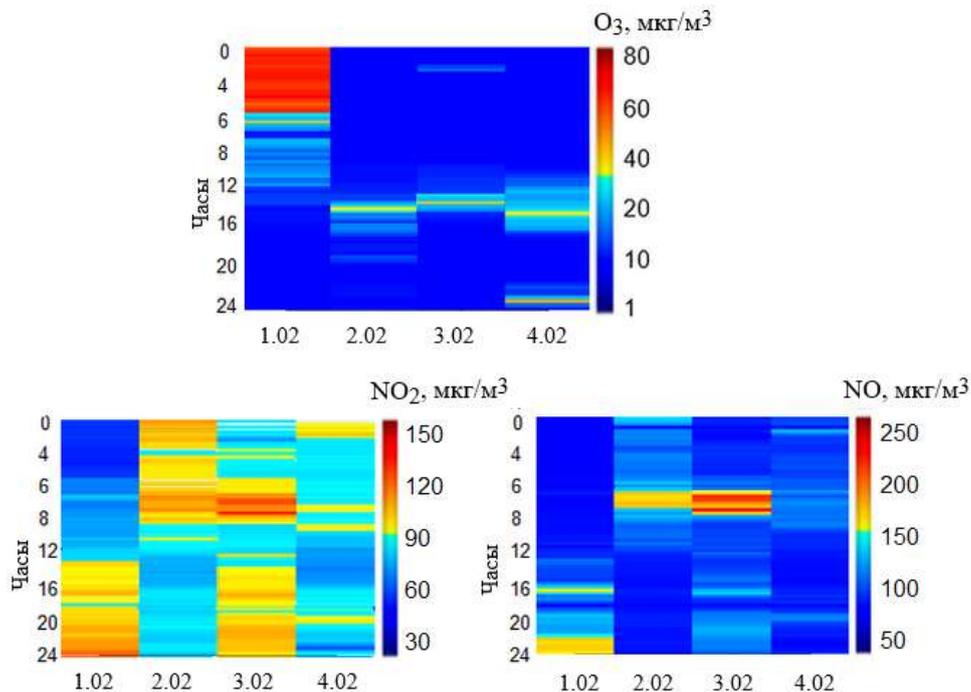


Рис. 9 Суточные изменения концентраций O_3 , NO_2 and NO на городском фоновом посту
Fig. 9. O_3 , NO_2 and NO concentration changes at the urban background station during the day

При этом 1 февраля превышение ПДК (предельно допустимой концентрации) среднесуточных по диоксиду азота было зафиксировано лишь на посту, находящемся в зоне влияния Челябинского металлургического комбината (рис. 8), а в последующие дни и на остальных постах. То есть, несмотря на принятые меры по снижению выбросов предприятий 2–4 февраля в воздухе происходило накопление оксидов азота, так как из-за формирования инверсионного слоя, рассеивание загрязнений было затруднено.

На рис. 6 можно заметить, что с 12 до 16 часов по местному времени происходило временное разрушение инверсий, поэтому в будущем, в подобных случаях, можно порекомендовать смещение части выбросов промышленных предприятий на центральные часы дня, когда создаются более благоприятные для рассеивания выбросов условия. Это позволит значительно снизить пиковые и в меньшей степени среднесуточные значения без изменения общего количества выбрасываемых загрязняющих веществ. Выгоды могут быть также достигнуты за счет более оптимального перераспределения выбросов в течение всего суточного цикла.

При анализе эпизодов также было выявлено наличие ночных максимумов концентраций приземного озона (ночные концентрации превышают дневные или сравнимы с ними). Так, в ночные часы первого февраля наблюдались аномальные ночные концентрации озона в условиях низких концентраций оксидов азота, затем происходило накопление оксидов азота из-за снижения рассеивания в условиях инверсий и весь тропосферный озон расходовался на взаимодействие с оксидами азота. Ночной максимум озона связан с особенностями генерации озона внутри пограничного слоя [Andreev et al., 2022], она наибольшая во внутреннем слое перемешивания (на высоте порядка 1 км) вместо привычного у поверхности земли. Данные за февраль не случайны. Именно в этот период подстилающая поверхность начинает освобождаться от снежного покрова, что благоприятствует увеличению количества оксидов азота, поступающих в атмосферу. Одновременно идет увеличение притока солнечной радиации. Все это способствует генерации озона в слое перемешивания. В ночное время, когда существенно уменьшается турбулентное перемешивание, происходит оседание озона, образовавшегося во внутреннем слое перемешивания, к поверхности Земли.

Заключение

Мы изучили изменения сезонных концентраций приземного озона и оксидов азота в качестве его прекурсоров в крупном промышленном городе. Анализ данных показал, что сезонные колебания характеризуются повышением концентрации приземного озона, которое начинается в марте, и достижением максимума в июне. Концентрации оксидов азота были значительно выше в зимний период из-за увеличения антропогенных выбросов в отопительный сезон и формирования температурных инверсий, приводящих к накоплению в приземном слое загрязняющих веществ.

Был проанализирован эпизод формирования инверсионного слоя в период зимнего блокирующего антициклона. Изученные явления связаны с антициклонным характером климата в зимний период, на который накладывается тепловая аномалия, вызванная интенсивными промышленными процессами. В этих условиях концентрация NO_2 на отдельных постах мониторинга увеличивалась до 150 мкг/м^3 . Исследование имеет важное значение для регулирования и мониторинга деятельности предприятий. В периоды НМУ предприятия должны не только снижать выбросы, но и более оптимально перераспределять их в течение всего суточного цикла.

Анализ суточного хода концентраций приземного озона выявил наличие ночных максимумов озона, в отдельные периоды ночные концентрации превышают их максимальные дневные концентрации.

Список литературы

- Марочко А.Ю., Шойхет Я.Н., Лазарев А.Ф. 2011. Содержание озона, антропогенное загрязнение атмосферы и риск возникновения меланомы кожи. *Дальневосточный медицинский журнал*, 1: 29–30.
- Симакина Т.Е. Крюкова С.В. 2020. Пространственно-временное распределение концентрации приземного озона в Санкт-Петербурге. *Гидрометеорология и экология. Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*, 61: 407–420. <https://doi.org/10.33933/2074-2762-2020-61-407-420>.
- Смертин Г.Ю., Насырова Э.С. 2023. Исследование острова тепла города Уфа по данным спутниковых снимков. *Успехи современного естествознания*, 5: 42–47. <https://doi.org/10.17513/use.38039>.
- Andreev V.V., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Davydov D.K., Elansky N.F., ... Shiroto V.V. 2021. Surface Ozone Concentration over Russian Territory in the First Half of 2020. *Atmospheric and Oceanic Optics*, 33(6): 671–681. <https://doi.org/10.1134/S1024856020060184>.
- Andreev V.V., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Belan S.B., Davydov D.K., ... Shukurov K.A. 2022. Tropospheric Ozone Concentration on the Territory of Russia in 2021. *Atmospheric and Oceanic Optics*, 35(6): 741–757. <https://doi.org/10.1134/S1024856022060033>.
- Berezina E.V., Moiseenko K.B., Skorokhod A.I., Pankratova N.V., Belikov I., ... Elansky N.F. 2020. Impact of VOCs and NO_x on Ozone Formation in Moscow. *Atmosphere*, 11(11): 1262. <https://doi.org/10.3390/atmos11111262>.
- Dewan S., Lakhani A. 2022. Tropospheric Ozone and Its Natural Precursors Impacted by Climatic Changes in Emission and Dynamics. *Frontiers Environmental Science*, 10: 1007942. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1007942>.
- Di Bernardino A., Mevi G., Iannarelli A.M., Falasca S., Cede A., ... Casadio S. 2023. Temporal Variation of NO_2 and O_3 in Rome (Italy) from Pandora and in Situ Measurements. *Atmosphere*, 14(3): 594. <https://doi.org/10.3390/atmos14030594>.
- Donzelli G., Suarez-Varela M.M. 2024. Tropospheric Ozone: a Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects. *Atmosphere*, 15(7): 779. <https://doi.org/10.3390/atmos15070779>.
- Krupnova T.G., Rakova O.V., Plaksina A.L., Gavrilkina S.V., Baranov E.O., Abramyan A.D. 2020. Short Communication: Effect of Urban Greening and Land Use on Air Pollution in Chelyabinsk, Russia. *Biodiversitas*, 21(6): 2716–2720. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210646>.



- Krupnova T.G., Rakova O.V., Simakhina V.I., Vykhodtseva E.A., Kochegorov V.M. 2024. Surface Ozone in the Industrial City of Chelyabinsk, Russia. *Geography, Environment, Sustainability*, 17(4): 223–234. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2024-3364>.
- Lai L.W., Cheng W.L. 2009. Air Quality Influenced by Urban Heat Island Coupled with Synoptic Weather Patterns. *The Science of the Total Environment*, 407(8): 2724–2733. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.12.002>.
- Moiseenko K.B., Vasileva A.V., Skorokhod A.I., Belikov I.V., Repin A.Y., Shtabkin Y.A. 2021. Regional Impact of Ozone Precursor Emissions on NO_x and O₃ Levels at ZOTTO Tall Tower in Central Siberia. *Earth and Space Science*, 8(7): e2021EA001762. <https://doi.org/10.1029/2021EA001762>.
- Mousavinezhad S., Ghahremanloo M., Choi Y., Pouyaei A., Khorshidian N., Sadeghi B. 2023. Surface Ozone Trends and Related Mortality Across the Climate Regions of the Contiguous United States During the Most Recent Climate Period, 1991–2020. *Atmospheric Environment*, 300: 119693. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119693>.
- Nguyen D.H., Lin C., Vu C., Vo T.D.H., Bui X.T. 2022. Tropospheric Ozone and NO_x: A Review of Worldwide Variation and Meteorological Influences. *Environmental Technology and Innovation*, 28(1):102809. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102809>.
- Pichelli E., Ferretti R., Cacciani M., Siani A.M., Ciardini V., Di Iorio T. 2014. The Role of Urban Boundary Layer Investigated with High-Resolution Models and Ground-Based Observations in Rome Area: a Step Towards Understanding Parameterization Potentialities. *Atmospheric Measurement Techniques*, 7(1): 315–332. <https://doi.org/10.5194/amt-7-315-2014>.
- Salonen H., Salthammer T., Morawska L. 2018. Human Exposure to Ozone in School and Office Indoor Environments. *Environment International*, 119: 503–514. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.012>.
- Stathopoulou E., Mihalakakou G., Santamouris M., Bagiorgas H.S. 2008. On the Impact of Temperature on Tropospheric Ozone Concentration Levels in Urban Environments. *Journal of Earth System Science*, 117(3): 227–236. <https://doi.org/10.1007/s12040-008-0027-9>.
- Thorp T., Arnold S.R., Pope R.J., Spracklen D.V., Conibear L., ... Petäjä T. 2021. Late-Spring and Summertime Tropospheric Ozone and NO₂ in Western Siberia and the Russian Arctic: Regional Model Evaluation and Sensitivities. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(6): 4677–4697. <https://doi.org/10.5194/acp-21-4677-2021>.
- Virolainen Y.A., Ionov D.V., Polyakov A.V. 2023. Analysis of Long-Term Measurements of Tropospheric Ozone at the St. Petersburg State University Observational Site in Peterhof. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 59(3): 287–295. <https://doi.org/10.1134/S000143382303009X>.
- Zhang J., Wei Y., Fang Z. 2019. Ozone Pollution: A Major Health Hazard Worldwide. *Frontiers in Immunology*, 10: 2518. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02518>.

References

- Marochko A.Yu., Shoykhet Ya.N., Lazarev A.F. 2011. Ozone Content, Anthropogenic Pollution of the Atmosphere and the Risk of Skin Melanoma. *Dal'nevostochnyy meditsinskiy zhurnal*, 1: 29–30 (in Russian).
- Simakhina T.E., Kryukova S.V. 2020. Spatio-Temporal Distribution of Surface Ozone in Saint Petersburg. *Hydrometeorology and Ecology. Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University*, 61: 407–420 (in Russian). <https://doi.org/10.33933/2074-2762-2020-61-407-420>.
- Smertin G.Yu., Nasyrova E.S. 2023. Research of Heat Island in Ufa City According to Satellite Images. *Advances in Current Natural Sciences*, 5: 42–47 (in Russian). <https://doi.org/10.17513/use.38039>.
- Andreev V.V., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Davydov D.K., Elansky N.F., ... Shiroto V.V. 2021. Surface Ozone Concentration over Russian Territory in the First Half of 2020. *Atmospheric and Oceanic Optics*, 33(6): 671–681. <https://doi.org/10.1134/S1024856020060184>.
- Andreev V.V., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Belan S.B., Davydov D.K., ... Shukurov K.A. 2022. Tropospheric Ozone Concentration on the Territory of Russia in 2021. *Atmospheric and Oceanic Optics*, 35(6): 741–757. <https://doi.org/10.1134/S1024856022060033>.
- Berezina E.V., Moiseenko K.B., Skorokhod A.I., Pankratova N.V., Belikov I., ... Elansky N.F. 2020. Impact of VOCs and NO_x on Ozone Formation in Moscow. *Atmosphere*, 11(11): 1262. <https://doi.org/10.3390/atmos11111262>.

- Dewan S., Lakhani A. 2022. Tropospheric Ozone and Its Natural Precursors Impacted by Climatic Changes in Emission and Dynamics. *Frontiers Environmental Science*, 10: 1007942. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1007942>.
- Di Bernardino A., Mevi G., Iannarelli A.M., Falasca S., Cede A., ... Casadio S. 2023. Temporal Variation of NO₂ and O₃ in Rome (Italy) from Pandora and in Situ Measurements. *Atmosphere*, 14(3): 594. <https://doi.org/10.3390/atmos14030594>.
- Donzelli G., Suarez-Varela M.M. 2024. Tropospheric Ozone: a Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects. *Atmosphere*, 15(7): 779. <https://doi.org/10.3390/atmos15070779>.
- Krupnova T.G., Rakova O.V., Plaksina A.L., Gavrilkina S.V., Baranov E.O., Abramyan A.D. 2020. Short Communication: Effect of Urban Greening and Land Use on Air Pollution in Chelyabinsk, Russia. *Biodiversitas*, 21(6): 2716–2720. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210646>.
- Krupnova T.G., Rakova O.V., Simakhina V.I., Vykhodtseva E.A., Kochegorov V.M. 2024. Surface Ozone in the Industrial City of Chelyabinsk, Russia. *Geography, Environment, Sustainability*, 17(4): 223–234. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2024-3364>.
- Lai L.W., Cheng W.L. 2009. Air Quality Influenced by Urban Heat Island Coupled with Synoptic Weather Patterns. *The Science of the Total Environment*, 407(8): 2724–2733. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.12.002>
- Moiseenko K.B., Vasileva A.V., Skorokhod A.I., Belikov I.V., Repin A.Y., Shtabkin Y.A. 2021. Regional Impact of Ozone Precursor Emissions on NO_x and O₃ Levels at ZOTTO Tall Tower in Central Siberia. *Earth and Space Science*, 8(7): e2021EA001762. <https://doi.org/10.1029/2021EA001762>.
- Mousavinezhad S., Ghahremanloo M., Choi Y., Pouyaei A., Khorshidian N., Sadeghi B. 2023. Surface Ozone Trends and Related Mortality Across the Climate Regions of the Contiguous United States During the Most Recent Climate Period, 1991–2020. *Atmospheric Environment*, 300: 119693. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119693>.
- Nguyen D.H., Lin C., Vu C., Vo T.D.H., Bui X.T. 2022. Tropospheric Ozone and NO_x: A Review of Worldwide Variation and Meteorological Influences. *Environmental Technology and Innovation*, 28(1):102809. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102809>.
- Pichelli E., Ferretti R., Cacciani M., Siani A.M., Ciardini V., Di Iorio T. 2014. The Role of Urban Boundary Layer Investigated with High-Resolution Models and Ground-Based Observations in Rome Area: a Step Towards Understanding Parameterization Potentialities. *Atmospheric Measurement Techniques*, 7(1): 315–332. <https://doi.org/10.5194/amt-7-315-2014>.
- Salonen H., Salthammer T., Morawska L. 2018. Human Exposure to Ozone in School and Office Indoor Environments. *Environment International*, 119: 503–514. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.012>.
- Stathopoulou E., Mihalakakou G., Santamouris M., Bagiorgas H.S. 2008. On the Impact of Temperature on Tropospheric Ozone Concentration Levels in Urban Environments. *Journal of Earth System Science*, 117(3): 227–236. <https://doi.org/10.1007/s12040-008-0027-9>.
- Thorp T., Arnold S.R., Pope R.J., Spracklen D.V., Conibear L., ... Petäjä T. 2021. Late-Spring and Summertime Tropospheric Ozone and NO₂ in Western Siberia and the Russian Arctic: Regional Model Evaluation and Sensitivities. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(6): 4677–4697. <https://doi.org/10.5194/acp-21-4677-2021>.
- Virolainen Y.A., Ionov D.V., Polyakov A.V. 2023. Analysis of Long-Term Measurements of Tropospheric Ozone at the St. Petersburg State University Observational Site in Peterhof. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 59(3): 287–295. <https://doi.org/10.1134/S000143382303009X>.
- Zhang J., Wei Y., Fang Z. 2019. Ozone Pollution: A Major Health Hazard Worldwide. *Frontiers in Immunology*, 10: 2518. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02518>.

*Поступила в редакцию 15.07.2025;
поступила после рецензирования 29.08.2025;
принята к публикации 02.10.2025*

*Received July 15, 2025;
Revised August 29, 2025;
Accepted October 02, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ракова Ольга Викторовна, кандидат химических наук, доцент кафедры экологии и химической технологии, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Крупнова Татьяна Георгиевна, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры экологии и химической технологии, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Стручкова Галина Прокопьевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела геоинформатики, Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, г. Якутск, Россия

Кочегоров Валерий Михайлович, начальник филиала, Челябинский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ «Уральское УГМС», г. Челябинск, Россия

Выходцева Екатерина Александровна, начальник отдела метеорологических прогнозов, Челябинский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ «Уральское УГМС», г. Челябинск, Россия

Капитонова Тамара Афанасьевна, кандидат физико-математических наук, И.о. заведующего отделом геоинформатики, Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, г. Якутск, Россия

Тихонова Сардана Алексеевна, научный сотрудник отдела геоинформатики, Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, г. Якутск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Olga V. Rakova, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Chemical Technology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Tatyana G. Krupnova, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Ecology and Chemical Technology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Galina P. Struchkova, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Department of Geoinformatics, V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia

Valeriy M. Kochegorov, Branch Manager, Chelyabinsk Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring – branch of the Ural Hydrometeorological Center, Chelyabinsk, Russia

Ekaterina A. Vykhodtseva, Head of the Meteorological Forecasting Department, Chelyabinsk Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring – branch of the Ural Hydrometeorological Center, Chelyabinsk, Russia

Tamara A. Kapitonova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Acting Head of the Department of Geoinformatics, V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia

Sardana A. Tikhonova, Researcher, Department of Geoinformatics, V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia



УДК 504.064.2
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-0
EDN RXBXS

Региональные особенности природной среды и их учёт при оценке химического загрязнения Арктики

¹Коробов В.Б., ^{1,2}Котова Е.И., ³Овсепян А.Э.

¹Институт океанологии имени П.П. Ширшова Российской Академии Наук
Россия, 117997, г. Москва, Нахимовский пр., 36

²Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
Россия, 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17

³Южный федеральный университет
Россия, 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40
szoioran@mail.ru, ecopp@yandex.ru, ovsepleat@yandex.ru

Аннотация. Все характеристики природной среды отличаются высокой пространственной изменчивостью. От этого во многом зависит скорость распространения загрязнения в геосферах и процессы восстановления экосистем. Приведены соответствующие примеры химического загрязнения прибрежных арктических территорий, где природная изменчивость особенно велика. Но это обстоятельство не принимается во внимание при разработке критериев оценки качества окружающей среды: практически для всех показателей принимаются равные значения для всей территории страны. Авторы не считают такой подход верным, и являются сторонниками разработки региональных критериев, значения которых должны подлежать регулярному пересмотру по мере изменения вызывающих их характеристик природных условий. Однако вопрос как часто необходимо переопределять эти критерии остаётся пока открытым и требует специальной дискуссии. В статье аргументированно показано, что ключевой проблемой являются не сами токсикологические нормативы, а некорректная интерпретация превышений в условиях высокой естественной изменчивости фона. Авторы предлагают дополнить систему мониторинга использованием региональных фоновых критериев, которые служат инструментом для разграничения природных и антропогенных источников загрязнения.

Ключевые слова: химическое загрязнение, пространственная изменчивость, мониторинг, предельно-допустимые концентрации (ПДК), Арктическая зона Российской Федерации

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № FMWE-2024-0020

Для цитирования: Коробов В.Б., Котова Е.И., Овсепян А.Э. 2026. Региональные особенности природной среды и их учёт при оценке химического загрязнения Арктики. Региональные геосистемы, 50 (1): 118–130. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-0 EDN: RXBXS

Regional Environmental Features and Their Consideration in Assessing Chemical Pollution in the Arctic

¹Vladimir B. Korobov, ^{1,2}Ekaterina I. Kotova, ³Asya E. Ovsepyan

¹Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences
36 Nakhimovsky Ave., Moscow, 117997, Russia

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
17 Naberezhnaya Severnoy Dviny, Arkhangelsk, 163002, Russia

³Southern Federal University
40 Zorge St., Rostov-on-Don, 344090, Russia
szoioran@mail.ru, ecopp@yandex.ru, ovsepleat@yandex.ru

Abstract. The study into the regional variability of the natural environment in the Arctic is of key importance for an accurate assessment of the impact produced by pollution, since uniform federal regulations often fail to consider natural fluctuations, resulting in errors in environmental monitoring and regulation. Addressing these gaps will allow for more effective environmental protection and sustainable management of fragile Arctic ecosystems. Currently, Russia lacks a systemic approach to the development of regionally adapted criteria for assessing chemical pollution in the Arctic, considering the high spatial and temporal variability of natural conditions and their influence on background concentrations of pollutants. Existing standards (for example, MPC) are based on national averages, which leads to a false determination of pollution levels and ineffective monitoring. The former stems from naturally high concentrations of metals or phenols in northern rivers and soils being mistakenly attributed to anthropogenic source, while the latter is linked to a sparse network of observations and ignoring the dynamics of coastal processes distort data. Another gap is the lack of a methodology for regular revision of standards, considering climatic changes and local geochemical features. The purpose of this work is to study the causes of spatial variability of characteristics using the example of Arctic coastal territories and to show their impact on the choice of criteria for assessing the quality of the natural environment. The significance of the study lies in the fact that the authors substantiate the need for regionally adapted environmental standards for the Arctic, using specific examples, and propose some algorithms for zoning territories according to the degree of natural variability of pollutants and the criteria for reviewing existing standards. The study demonstrates how natural factors, such as boggy soils and dynamic coastal processes, can lead to elevated concentrations of metals and phenols, often exceeding federal limits, without anthropogenic influence. The authors advocate for the development of region-specific environmental standards, regularly updated to reflect changing conditions. They also emphasize the need for expanded monitoring networks and interdisciplinary research to distinguish natural pollution sources from anthropogenic ones. The article concludes with recommendations for improving regulatory frameworks to better address regional environmental variability.

Keywords: chemical pollution, spatial variability, monitoring, maximum permissible concentrations (MPC), Arctic zone of the Russian Federation

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the state assignment, Topic no. FMWE-2024-0020

For citation: Korobov V.B., Kotova E.I., Ovsepyan A.E. 2026. Regional Environmental Features and Their Consideration in Assessing Chemical Pollution in the Arctic. *Regional Geosystems*, 50 (1): 118–130 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-0 EDN: RXBXSXV

Введение

Природа неоднородна. Этот факт давно известен и не подлежит обсуждению. Вопрос заключается в том, насколько пространственная изменчивость характеристик природной среды влияет на решение прикладных задач, в частности организации и проведения мониторинга.

У этой проблемы два аспекта: расположение сети наблюдений и выбор критериев контроля качества среды. Каждый из них представляет собой довольно сложную самостоятельную задачу. И если первому аспекту уделяется достаточно много внимания, то второй рассматривается глобально, т. е. применительно к территории всей страны. Но верно ли это? Ведь условия везде разные даже в пределах одной зоны, и влияние их на химические реакции и биоту различно. А значит, и критерии должны различаться, для чего необходимо установить причины, влияющие на выбор значений критериев оценки.

Цель настоящей работы – на примере арктических прибрежных территорий исследовать причины пространственной изменчивости характеристик и показать необходимость учёта региональных особенностей для идентификации источника загрязнения и применения соответствующих критериев оценки качества природной среды.

Прибрежные арктические и северные территории и акватории выбраны нами в качестве объекта исследования из-за высокой изменчивости практически всех природных характеристик, как на суше, так и на прилегающих к ней акваториях. Воздух в нижних слоях атмосферы на границе «суша – море» также отличается повышенной динамикой [Котова и др., 2024].

Предметом исследования выбрано химическое загрязнение, поскольку из всех видов загрязнения оно, как правило, в наибольшей степени влияет на общую экологическую ситуацию. Еще одна особенность химического загрязнения, которую необходимо, но сложно учитывать при оценке загрязнения – это суммарный эффект. Воздействие на окружающую среду может значительно возрасти при наличии нескольких загрязнителей, даже если их уровень относительно невелик. Так, комбинированное действие нетоксичных концентраций, соответствующих уровню ПДК для алюминия и максимально допустимой концентрации молибдена для роста распространённой на севере зелёной водоросли *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., приводит к проявлению токсического эффекта [Габдуллина, Ипатова, 2020].

Важно подчеркнуть, что предлагаемый подход не ставит под сомнение токсикологическую основу федеральных ПДК, установленных в стандартных лабораторных условиях. Однако прямое перенесение этих нормативов на всё разнообразие природных сред, без учёта местных геохимических, климатических и гидрологических факторов, приводит к их некорректной интерпретации. Введение региональных фоновых критериев рассматривается не как замена ПДК, а как диагностический критерий, позволяющий ответить на вопрос: «Связано ли наблюдаемое превышение с хозяйственной деятельностью или оно обусловлено природными процессами?».

Объекты и методы исследования

Объектом настоящего исследования является неоднородность химического состава природной среды, которая показана на примере Арктической зоны Российской Федерации.

При подготовке материала применялись теоретические методы исследования, включающие поиск и систематизацию источников информации, выявление связей между ними, сравнительный анализ федеральных нормативов (ПДК) с фоновыми значениями, приведёнными в научной литературе, оценка степени соответствия/несоответствия региональных условий унифицированным критериям, выделение опорных идей и противоречий.

Результаты и их обсуждение

Анализируя состояние вопроса, обратимся к статье 1 «Основные понятия» ФЗ-7 «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002. Там говорится о том, что воздействие рассматривается только как нечто отрицательное и определяется следующим образом: «негативное воздействие на окружающую среду – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды». Для законодательства этого понятия, возможно, будет и достаточно, т.к. здесь основная цель – предотвращение ущерба. В реальности это далеко не так. Воздействие может быть и положительным, причём совсем не обязательно, чтобы это произошло в результате целенаправленных действий в рамках компенсационных мероприятий. К положительным воздействиям человека на биосферу можно отнести воспроизводство природных ресурсов, восстановление запасов подземных вод, полезащитное лесоразведение, рекультивацию земель на месте разработок полезных ископаемых и ряд других мероприятий. Практика показывает, что некоторые положительные для природной среды следствия от деятельности

человека могут происходить и непреднамеренно, как бы сами по себе, например, тепловое воздействие трубопроводов на тундру, лесотундру и северную тайгу, увеличивающее вегетационный период, что важно при дефиците корма в холодные зимы для животных.

Поэтому большинство авторов определяют химическое загрязнение традиционно как превышение содержания химических веществ в воздухе, воде и почве выше их естественного уровня или наличия нехарактерных для природной среды веществ на данном участке. Т.е. в отличие от закона, научное сообщество учитывает региональные особенности территории.

С таким подходом, пожалуй, можно согласиться. И вот почему. Ввиду разнообразия природных условий и пространственно-временной изменчивости природных процессов химические вещества неравномерно распределяются во всех средах. При этом нередко фиксируются случаи, когда естественные концентрации химических веществ в данной местности превышают, иногда значительно, установленные для всей страны предельно допустимые концентрации.

Происходит это в силу разных причин. Если говорить об Арктике, то в тундровых почвах и реках во многих случаях встречаются более высокие концентрации соединений некоторых металлов. Вызвано это тем, что в Арктике высокий процент заболоченности территорий. А в болотах, как известно, большое количество гуминовых кислот, которые с двух- и трехвалентными катионами некоторых металлов, а именно: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} и Al^{3+} образуют соли, легко выпадающие в осадок [Попов, 2004]. Накапливаясь в воде и почвах, они и дают высокие концентрации, превышающие предельно допустимые. Поэтому у вытекающих из болот ручьёв и рек часто вода имеет коричневый цвет.

Такая же ситуация возникает и с фенолами – органическими соединениями ароматического ряда, концентрации которых в арктических озерах часто превышают допустимые нормы. Поскольку фенолы используются в производстве пластмасс, лекарств, ядохимикатов и много чего ещё, возникает естественное желание объяснить их высокие концентрации в водоёмах антропогенным влиянием. Но это бывает далеко не всегда. Фенолы могут образовываться и естественным путём в результате деструкции растительности. При этом оба этих вида фенолов – естественных и техногенных, не так-то просто различить аналитическими методами, вследствие чего возникает проблема идентификации загрязнения. Хорошо, когда явных источников нет поблизости, а если есть? Тогда приходится проводить дополнительные исследования в рамках инженерно-экологических изысканий без гарантии получить точный ответ.

Когда мы определяем загрязнение как превышение максимального (естественного) содержания, необходимо также иметь в виду следующие обстоятельства. Во-первых, существует постоянная вероятность превышения со временем любого экстремума, причём никто не может сказать, когда это произойдёт. Но если такое происходит, чему мы постоянно являемся свидетелями, например, по концентрации взвешенных веществ, то приходится корректировать базы данных в сторону уменьшения числа случаев с загрязнением.

Во-вторых, территория Арктики не то, что большая, а огромная, при этом сеть государственного мониторинга очень редкая [Котова и др., 2018]. Следовательно, возможность обнаружения высоких концентраций при более густой сети отбора проб весьма велика. Особенно это характерно для загрязнения, носящего дискретный характер. Получается, что принятые для данной территории или акватории значения нуждаются в постоянном уточнении. Это же можно сказать и о любом измеряемом параметре, не только загрязняющем природную среду. К тому же при расчёте экстремальных характеристик их значения зависят от методологии подготовки и обработки информации

и могут сильно различаться при одних и тех же исходных данных наблюдений, в частности, при выборе теоретического закона распределения для аппроксимации выборок.

В-третьих, характеристики природной среды в прибрежной зоне, как отмечено выше, отличаются высокой динамикой водных объектов и приземного слоя атмосферы, более высокой по сравнению с прилегающими акваториями и территориями, что влияет не только на пространственно-временную изменчивость течений и ветра, но и благоприятствует распространению загрязнения вдоль побережья и в устьевых участках рек [Котова, Коробов, 2023]. А чем выше градиенты течений и ветра, тем интенсивнее перенос примесей.

В-четвёртых, во время природных катастроф – извержения вулканов, землетрясений, пожаров и др., возможны мощные выбросы различных веществ, концентрации которых многократно и на длительное время будут превосходить фоновые. Попавшим в зону воздействия популяциям растений и животных может быть нанесён огромный ущерб, вплоть до полной их гибели. Может даже произойти смена типа растительности и видового состава животных. Но, тем не менее, это – природные процессы.

В качестве яркого примера многогранности и разнородности состава компонентов окружающей среды может служить ртутное загрязнение. Как известно, ртуть – металл естественного происхождения, распространённый повсеместно в природе, и составляющий, в том числе в норме от 4 до 14 мкг/л крови человека [Cornelis et al., 1996].

В то же время – это высокотоксичный элемент, который является приоритетным токсикантом современности. Осознание величины и глубины охвата проблемы привели к принятию Минаматской конвенции [2025], подписанной, в том числе Российской Федерацией 24 сентября 2014 г., согласно которой предусмотрено поэтапное строгое ограничение, сокращение и отказ от использования ртути в промышленности, медицине, быту.

Учёные выяснили, что даже удалённые от промышленных центров районы планеты загрязнены ртутью [Steenhuisen, Wilson, 2022]. Например, для Арктики уровень содержания ртути в донных отложениях и перьях птиц оказался в три раза выше, чем в доиндустриальную эпоху [Zheng, 2015]. В то же время, изучая современные уровни ртути в прибрежных средах Арктического региона, обращает на себя внимание высокая вариабельность факторов, влияющих на миграцию, распределение, трансформацию, и в итоге – определяющих концентрации ртути в компонентах окружающей среды. Так, для европейского севера России характерны низкие фоновые концентрации ртути в горных породах, почвах, донных отложениях. Однако в результате антропогенного воздействия, связанного с применением ртути на хлор-щелочных производствах при целлюлозно-бумажных комбинатах, ртуть длительное время поступала в окружающую среду, вследствие чего сформировались зоны с повышенным относительно фона содержанием ртути в донных отложениях некоторых водных объектов, почвах, биоте [Тарханов, 2011; Fedorov et al., 2019; Овсепян, 2022], однако превышения предельно-допустимых концентраций отмечались лишь в единичных случаях для воды, и не были хроническими. Сравним с другим природным объектом, также испытывающим антропогенное воздействие – рекой Дон. Водосборный бассейн этой реки расположен в зоне ртутно-рудного пояса Земли (включает участки угольного бассейна), в устье расположен крупнейший на юге России город и промышленный центр – г. Ростов-на-Дону. Концентрации ртути в почвах сопоставимы с почвами города Архангельск и прилегающих территорий (в среднем изменялись в интервале 0,04–0,20 мкг/г с.м. в случае дельты Дона [Mikhailenko et al., 2024] и 0,03–0,09 мкг/г с.м. в случае устья Северной Двины [Ovseryan et al., 2016]).

Очевидно, что к антропогенным факторам, влияющим на уровни накопления токсиканта в почвах этих двух регионов – арктического и степного, присоединяются

природные факторы и условия среды, способствующие, либо препятствующие накоплению/очищению от ртути. При этом ПДК ртути в почвах едино для всей территории России и составляет 2,1 мкг/г с.м.

Другой пример – регуляция концентраций ртути в воде и донных отложениях реки Кянда, впадающей в Онежский залив Белого моря (территория входит в Арктическую зону РФ). Это удалённая от промышленных центров территория, практически не испытывающая антропогенного воздействия. Авторами было отмечено явление, когда повышение концентраций ртути в воде устья реки происходило в результате приливной волны. Была выявлена обратная линейная связь (R от $-0,52$ до $-0,40$; $p < 0,05$) между содержанием всех форм миграции элемента и валовой ртути, с одной стороны, и значениями температуры, рН, Eh, с другой. Тесная прямая связь (R от $0,56$ до $0,64$; $p < 0,01$) установлена между солёностью и всеми формами миграции ртути и её валовым содержанием в воде, при этом с растворённой формой миграции она была наивысшей. Это свидетельствует о том, что фактор солёности оказывает доминирующее влияние на распределение всех форм миграции ртути в воде по профилю «р. Кянда – Онежский залив», в то время как температура и рН играют меньшую роль. Отметим, что для маргинального фильтра р. Северная Двина между солёностью и содержанием растворённой ртути наблюдалась обратная зависимость [Fedorov et al., 2019]. Т.е. здесь приоритетным фактором, определяющим содержание ртути в воде и верхнем горизонте донных отложений, является природный.

Исследователи, проводившие работы в Баренцевом море [Новиков, Драганов, 2018], выделили несколько зон с различными фоновыми концентрациями тяжёлых металлов в их водных массах (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Фоновые значения содержания некоторых тяжёлых металлов в воде
Баренцева моря, мкг/л (составлено с использованием данных [Новиков, Драганов, 2018])
Background values of the content of some heavy metals in the water
of the Barents Sea, µg/l (compiled using data from [Novikov, Draganov, 2018])

Вещество	Арктические воды (северная часть моря)	Атлантические и собственно баренцевоморские воды	Мурманские и норвежские прибрежные воды	Восточные прибрежные воды	ПДК, мкг/л
Hg	0,015	0,019	0,036	0,024	0,1
Zn	13,8	15,9	32	19,8	50
Pb	0,16	0,21	0,29	0,54	10
Cr	2,54	2,78	3,0	2,73	–

Как видим, фоновые значения для одних и тех же веществ отличаются в водах Баренцева моря часто в 2 и более раз в зависимости от места формирования водной массы. Это характерно для концентраций ртути, цинка, свинца. В то же время значения фоновых содержаний всех веществ находятся ниже современных ПДК, действующих в РФ (например, в 2,7 раз ниже для ртути и 18,5 раз для свинца).

Общеизвестна и закономерность, когда в условиях северной таежной зоны, на территориях с высокой заболоченностью, – даже на удалённых от населённых пунктов и промышленно-развитых районах станциях мониторинга качества вод отмечаются превышения ПДК концентраций таких элементов, как железо, цинк, медь и некоторых других (табл. 2). Связано это с природными особенностями формирования гидрохимического состава вод.

Таблица 2
Table 2Концентрации загрязняющих веществ в воде северных рек, мкг/л
Concentrations of pollutants in the water of northern rivers, µg/l

Водный объект	Al	Zn	Cu	Fe	Источник
ПДК рыбохоз	0,04	0,01	0,001	0,1	[Об утверждении ..., 2025]
Северная Двина (средние концентрации)	0,1	0,006	0,001	0,14	[Отчет о гидрохимических..., 2021]
Северная Двина, ст. Усть-Пинега	–	0,023	0,004	0,41	[Ежегодник «Качество поверхностных ..., 2024]
Онега (средние концентрации)	0,17	0,020	0,003	0,43	[Отчет о гидрохимических..., 2021]
Онега, ст. Каргополь	–	0,036	0,004	0,30	[Ежегодник «Качество поверхностных..., 2024]
Амур (средние концентрации)	–	0,019	0,006	0,58	[Махинова, Махинов, 2024]
Мезень (средние концентрации)	0,08	0,016	0,003	0,56	[Ежегодник «Качество поверхностных..., 2024]

Согласно хрономическому принципу эволюции (от греческого хорос – место), сформулированному академиком Л.С. Бергом [1922], необходимо обязательно учитывать влияние местных условий на человека. Этой же точки зрения придерживался и Л.Н. Гумилёв [2007], изучавший влияние изменения природных условий на жизнедеятельность населения, и Л.И. Мечников [2013], исследовавший влияние великих рек на развитие цивилизаций. Н.Н. Коршунова и Н.В. Швець, [2023], исследовавшие изменение норм климатических параметров с 1961 года, – показали высокую неоднородность идущих процессов на территории России и в Арктической зоне РФ. В частности, отмечено замедление процесса потепления в последние 30 лет, и региональные особенности изменения норм климатических параметров: температура воздуха, количество осадков, атмосферное давление.

Исходя из этих теорий и большой изменчивости природных условий, напрашивается вывод, что критерии загрязнения должны разрабатываться применительно к конкретной местности с учётом их региональных особенностей.

Авторы из различных регионов РФ и областей деятельности периодически отмечают недостатки существующей системы нормирования качества окружающей среды. Так, Воробьева с соавторами [2019] обращают внимание на недостаточную прогностическую ценность существующей методики разработки федеральных рыбохозяйственных нормативов, поскольку она не учитывает природные особенности территории, что особенно значимо при разработке и применении нормативов для веществ «двойного генезиса». О необходимости учитывать региональную природную неоднородность химического состава поверхностных вод суши при оценках их экологического состояния и интенсивности техногенного загрязнения посвящено исследование авторов [Янин и др., 2016]. Об особой важности разработки и обоснования региональных предельно допустимых концентраций металлов в трансграничных водных объектах рассуждают Фрумин и Негодина [2025].

Отметим также, что законодательство РФ изначально допускало возможность разработки региональных нормативов качества вод для водоёмов рыбохозяйственного значения. Примеры методики, обоснования и разработки таких нормативов имеются в научном обиходе [Венецианов и др., 2015; Возняк, Лепихин, 2018; Дрововозова, Марыгин, 2022; Лазарев и др., 2022]. Однако с 2016 до 2023 гг. этой возможностью воспользовались

лишь единожды – когда были разработаны и утверждены нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения для элемента бор реки Рудная (Приморский край). Но уже летом 2023 года с выходом Приказа Минсельхоза России от 22.08.2023 № 687 количество региональных нормативов увеличилось до 9. Так, для водных объектов в границах бассейнов р. Белая и оз. Большой Вудъявр (Мурманская область) разработаны региональные нормативы для веществ: Al, Mo (общий), фосфат-ион PO_4^{3-} . Для бассейна реки Ковдора, левый приток реки Ена Мурманской области (вместе с озером Ковдор и притоками) региональные ПДК утверждены для V (общий), Mn (II), Sr, фосфат-иона PO_4^{3-} . Отдельно также Приказом Минсельхоза России от 22.08.2023 № 687 нормируется содержание сульфат-аниона (SO_4^{2-}) для водных объектов в границах бассейна реки Кенти, Республика Карелия.

Как можем видеть, на сегодняшний день региональные нормативы качества для водоёмов рыбохозяйственного назначения разработаны только для нескольких веществ и всего для 4 водных объектов. По опасности эти вещества относятся к 3, 4 классам. Также можно предположить, что на данный момент разработкой и утверждением региональных ПДК занимаются преимущественно хозяйствующие субъекты – водопользователи, осуществляющие свою деятельность на водных объектах с относительно высоким природным фоном определённых веществ и желающие снизить выплаты за негативное воздействие на окружающую среду по выбросам характерных загрязняющих веществ. Это косвенно подтверждается, поскольку все утверждённые на сегодня региональные ПДК превышают федеральные значения. Так, для алюминия «федеральное» ПДК составляет 0,04 мг/л, региональное – 0,081 мг/л. Здесь необходимо уточнить, что для Арктического региона ПДК некоторых веществ, с большей вероятностью, необходимо снижать.

Таким образом, региональные нормативы на данный момент не являются прямой заботой государственных организаций. Имеет место и другая проблема: природные условия постоянно изменяются в пространстве и во времени, из чего следует необходимость постоянно пересчитывать фоновые характеристики применительно к данным условиям. Но тогда возникает вопрос: как часто это следует делать? Если очень часто, скажем, раз в 5 лет, то как это скажется на прогнозе экологического состояния территорий и акваторий при разработке проектной документации на строительство предприятий и осуществлении иной деятельности, связанной с опасностью загрязнения природной среды, скажем, транспортировкой нефтяных углеводородов?

Заключение

Характеристики природной среды, такие как средние и экстремальные значения, могут сильно отличаться от таких же характеристик в других зонах, и также различаться в пределах одной географической зоны. Они могут обладать изменчивостью во времени, т.е. иметь чётко выраженные тренды.

Из этого вытекает необходимость устанавливать региональные критерии качества природной среды. При этом необходимо определить – начиная с каких различий от стандартных это необходимо делать в обязательном порядке.

В условиях Арктической зоны Российской Федерации разграничение естественных и антропогенных источников загрязнения требует комплексных исследований. Высокая динамика природных процессов, редкая сеть экологического мониторинга и влияние климатических изменений усложняют оценку, что указывает на потребность в совершенствовании методологии и инструментов анализа. Учёт этих различий критически важен для точной оценки загрязнения и разработки эффективных мер охраны окружающей среды.

Существующие федеральные нормативы, такие как предельно допустимые концентрации (ПДК), часто не учитывают региональные особенности, что приводит к

необоснованным выводам о загрязнении территорий и акваторий. Например, естественные концентрации железа, меди и других металлов в арктических реках могут превышать установленные ПДК без антропогенного влияния. Таким образом, центральным становится вопрос не о пересмотре ПДК, а о корректной идентификации источника загрязнения. Федеральные ПДК, установленные по критичности воздействия на реципиентов в стандартных условиях, являются нормативом для оценки опасности. Однако в реальной практике мониторинга, особенно в таких уникальных регионах, как Арктика, необходим дополнительный диагностический уровень – региональный фоновый критерий. Его использование позволит избежать ошибочного приписывания естественных колебаний концентраций последствиям антропогенной деятельности и сконцентрировать усилия контроля на реальных, а не мнимых источниках загрязнения.

Исследования показали, что региональные нормативы, учитывающие местные фоновые концентрации, уже начали внедряться (например, для алюминия, молибдена в Мурманской области). Однако их применение остаётся ограниченным и требует расширения, особенно для Арктики, где природные условия сильно отличаются от других регионов. В настоящее время разработкой региональных нормативов занимаются преимущественно природопользователи водных объектов.

Для решения существующей проблемы необходимо:

- Разработать методики для регулярного обновления региональных нормативов с учётом изменений природных условий.
- Увеличить количество пунктов мониторинга в Арктике и других северных регионах для более точного определения фоновых концентраций.
- Проводить междисциплинарные исследования для разделения естественных и антропогенных факторов загрязнения.
- Создать законодательные механизмы, обязывающие учитывать региональные особенности при оценке экологического состояния территорий.

Таким образом, переход к регионально адаптированным критериям оценки качества окружающей среды не только повысит точность мониторинга, но и позволит более эффективно управлять экологическими рисками в условиях изменяющегося климата и растущего антропогенного давления.

Список источников

- Ежегодник «Качество поверхностных вод Российской Федерации, 2023». 2024. Ростов-на-Дону, Росгидромет, 596 с.
- Отчет о гидрохимических и экологических исследованиях, включая исследования на содержание микропластика, в устьевых участках рек Северная Двина и Онега и прибрежной территории Двинского залива Белого моря, проведенных в рамках проекта "Климатическая экспедиция". 2021. Москва, Российское экологическое общество, 40 с.
- Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Росрыболовства № 296 от 26 мая 2025 (Зарегистрирован в в Минюсте России 2.06.2025 № 82497). Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1312976080> (дата обращения 7 апреля 2025 г.).
- Минаматская конвенция о ртути. Электронный ресурс. URL: <https://mercuryconvention.org/sites/default/files/2021-06/Minamata-Convention-booklet-rus-full.pdf> (дата обращения 7 апреля 2025 г.).
- Steenhuisen F., Wilson S.J. 2022. Geospatially Distributed (Gridded) Global Mercury Emissions to Air from Anthropogenic Sources in 2015. Netherlands, University of Groningen. Electronic resource. URL: <https://dataverse.nl/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.34894/SZ2K0I> (accessed 7 April 2025)

Список литературы

- Берг Л.С. 1922. Номогенез, или эволюция на основе закономерностей. СПб., Государственное издательство, 306 с.
- Веницианов Е.В., Мирошниченко С.А., Лепихин А.П., Губернаторова Т.Н. 2015. Разработка и обоснование региональных показателей качества воды по содержанию тяжелых металлов для водных объектов бассейна Верхней Камы. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 3: 50–64.
- Возняк А.А., Лепихин А.П. 2018. Разработка региональных ПДК: необходимость, методика, пример. Географический вестник, 2(45): 103–115. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-2-103-115>
- Воробьева О.В., Филенко О.Ф., Медянкина М.В., Оганесова Е.В. 2019. Разработка региональных ПДК для воды водных объектов рыбохозяйственного значения. Экология производства, 11: 32–37.
- Габдуллина Р.И., Ипатов В.И. 2020. Оценка совместного действия двух металлов на культуру микроводоросли. Экологические системы и приборы, 8: 15–27. <https://doi.org/41.25791/esip.08.2020.1172>
- Гумилёв Л.Н. 2007. Этногенез и биосфера Земли. М., Эксмо, 736 с.
- Дротовозова Т.И., Марыгин В.О. 2022. Разработка региональных ПДК для водотоков: ерик Бешеный, река Солёная бассейна Нижнего Дона. Природообустройство, 5: 93–99. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2022-5-93-99>
- Коршунова Н.Н., Швець Н.В. 2023. Региональные особенности изменения норм основных климатических параметров на территории России. Гидрометеорологические исследования и прогнозы, 1(387): 131–147. <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-1-131-147>
- Котова Е.И., Коробов В.Б. 2023. Береговая зона Арктических морей как специальный объект экологического мониторинга. Проблемы региональной экологии, 1: 44–51. <https://www.doi.org/10.24412/1728-323X-2023-1-44-51>.
- Котова Е.И., Коробов В.Б., Павленко В.И. 2018. Экстремальные загрязнения на территории Арктической зоны Российской Федерации: случаи и анализ. Проблемы региональной экологии, 1: 67–72. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2018-11067>
- Котова Е.И., Коробов В.Б., Шевченко В.П. 2024. Экологические проблемы Российской Арктики. Архангельск, КИРА, 228 с.
- Лазарев И.С., Кочетова Ж.Ю., Бударина В.А., Косинова И.И., Маслова Н.В. 2022. Проблемы нормирования качества поверхностных вод: методики, пример. Геополитика и экогеодинамика регионов, 8(2): 107–121.
- Махинова А.Ф., Махинов А.Н. 2024. Механизмы концентрирования и условия миграции загрязняющих веществ в реке Амур. В кн.: Современные проблемы гидрометеорологии. Материалы I Белорусского географического конгресса, Минск, 08–13 апреля 2024. Минск, Изд-во БГУ: 315–319.
- Мечников Л.И. 2013. Цивилизация и великие исторические реки. Москва, Айрис-пресс, 320 с.
- Новиков М.А., Драганов Д.М. 2018. Определение фоновых значений содержания Hg, Zn, Pb и Cr в водных массах Баренцева моря. Вестник Камчатской региональной ассоциации учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле, 1(37): 72–83.
- Овсепян А.Э. 2022. Суточная динамика ртути в природных водах и факторы, её определяющие. Московский экономический журнал, 7(12): 28. https://doi.org/10.55186/2413046X_2022_7_12_738.
- Попов А.И. 2004. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование. СПб., Изд-во Санкт-Петербургского университета, 248 с.
- Тарханов С.Н. 2011. Содержание серы и тяжелых металлов в хвойных насаждениях бассейна Северной Двины при аэротехногенном загрязнении. Лесоведение, 3: 26–33.
- Фруммин Г.Т., Негодина Е.С. 2025. Обоснование региональных предельно допустимых концентраций металлов в трансграничных водных объектах. Экологическая химия, 2 (34): 87–93.
- Янин Е.П., Кузьмич В.Н., Иваницкий О.М. 2016. Региональная природная неоднородность химического состава поверхностных вод суши и необходимость ее учета при оценках их экологического состояния и интенсивности техногенного загрязнения. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 6: 3–72.

- Cornelis R., Heinzow B., Herber R.F.M., Molin Christensen J., Poulsen O.M., ... Vesterberg O. 1996. Sample Collection Guidelines for Trace Elements in Blood and Urine. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 10: 103–127.
- Fedorov Yu.A., Ovsepyan A.E., Savitsky V.A., Zimovets A.A., Dotsenko I.V. 2019. Mercury in the Water of Small Rivers of the Onega Bay Basin of the White Sea. *Doklady Earth Sciences*, 487: 804–806. <https://doi.org/10.1134/S1028334X19070109>
- Mikhailenko A.V., Fedorov Yu.A., Mikhailevich A.I., Kostenko D.F. 2024. Mercury in the Landscape Components of the Don River Delta. *E3S Web of Conferences*, 555: 01006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202455501006>.
- Ovsepyan A.E., Fedorov Yu.A., Zimovets A.A., Savitsky V.A. 2016. Estimation of Mercury Accumulation in the Objects of Animate and Inanimate Nature in the North of European Russia. In the World of Scientific Discoveries, Series B, 4(1–2): 4–16.
- Zheng J. 2015. Archives of Total Mercury Reconstructed with Ice and Snow from Greenland and the Canadian High Arctic. *The Science of the Total Environment*, 509–510: 133–144.

References

- Berg L.S. 1922. *Nomogenez, ili evoluciya na osnove zakonomernostey* [Nomogenesis, or Evolution Based on Patterns]. Sant-Peterburg, Publ. Gosudarstvennoe izdatel'stvo, 306 p.
- Venitsianov E.V., Miroshnichenko S.A., Lepikhin A.P., Gubernatorova T.N. 2015. *Razrabotka i obosnovanie regional'nykh pokazateley kachestva vody po sodержaniyu tyazhelykh metallov dlya vodnykh ob"ektov basseyna Verkhney Kamy* [Development and Substantiation of Regional Water Quality Indicators for Heavy Metal Content for Water Bodies in the Upper Kama River Basin]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, 3: 50–64.
- Wozniak A.A., Lepikhin A.P. 2018. Development of Regional MPC: Necessity, Methodology, Example. *Geographical Bulletin*, 2(45): 103–115 (in Russian). <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-2-103-115>
- Vorobeva O.V., Filenko O.F., Medyankina M.V., Oganeseva E.V. 2019. *Razrabotka regional'nykh PDK dlya vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya* [Development of Regional MPCs for the Water of Water Bodies of Fisheries Importance. Ecology of Production]. *Ekologiya proizvodstva*, 11: 32–37.
- Gabdullina R.I., Ipatova V.I. 2020. Assessment of Joint Action of Two Metals on the Microalgaculture. *Ecological Systems and Devices*, 8: 15–27 (in Russian). <https://doi.org/10.25791/esip.08.2020.1172>
- Gumilev L.N. 2007. *Etnogenez i biosfera Zemli* [Ethnogenesis and the Biosphere of the Earth]. Moscow, Publ. Eksmo, 736 p.
- Drovovozova T.I., Marygin V.O. 2022. Development of Regional MPCs for Watercourses: Erik Beshenny, Solenaya River of the Lower Don basin. *Prirodoobustrojstvo*, 5: 93–99 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2022-5-93-99>
- Korshunova N.N., Shvets N.V. 2023. Regional Features of Changes in the Normals of the Main Climatic Parameters in Russia. *Hydrometeorological Research and Forecasting*, 1(387): 131–147 (in Russian). <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-1-131-147>
- Kotova E.I., Korobov V.B. 2023. Arctic Seas Coastal Zone as a Special Object of Ecological Monitoring. *Regional Environmental Issues*, 1: 44–51 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2023-1-44-51>.
- Kotova E.I., Korobov V.B., Pavlenko V.I. 2018. Extreme Pollution in the Arctic Zone of the Russian Federation: Cases and Analysis. *Regional Environmental Issues*, 1: 67–72 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2018-11067>
- Kotova E.I., Korobov V.B., Shevchenko V.P. 2024. *Ekologicheskie problemy Rossiyskoy Arktiki* [Environmental Problems of the Russian Arctic]. Arkhangelsk, Publ. KIRA, 228 p.
- Lazarev I.S., Kochetova Zh.Yu., Budarina V.A., Kosinova I.I., Maslova N.V. 2022. Problems of Rationing the Quality of Surface Waters: Methods, Example. *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*, 8(2): 107–121 (in Russian).
- Makhinova A.F., Makhinov A.N. 2024. *Mekhanizmy kontsentrirvaniya i usloviya migratsii zagryaznyayushchikh veshchestv v reke Amur* [Mechanisms of Concentration and Conditions of Migration of Pollutants in the Amur River]. In: *Sovremennye problemy gidrometeorologii* [Modern

- Problems of Hydrometeorology]. Proceedings of the First Belarusian Geographical Congress, Minsk, 08–13 April 2024. Minsk, Publ. BSU: 315–319.
- Mechnikov L.I. 2013. Tsivilizatsiya i velikie istoricheskie reki [Civilization and the Great Historical Rivers]. Moscow, Publ. Ayris-press, 320 p.
- Novikov M.A., Draganov D.M. 2018. Estimation of Background Values of the Hg, Zn, Pb and Cr Content in the Water Masses of the Barents Sea. Bulletin of the Kamchatka regional association "Educational-scientific Center". Series: Earth Sciences, 1(37): 72–83 (in Russian).
- Ovsepyan A.E. 2022. Daily Dynamics of Mercury in Natural Waters and Factors Determining It. Moscow economic journal, 7(12): 28 (in Russian). https://doi.org/10.55186/2413046X_2022_7_12_738.
- Popov A.I. 2004. Guminovye veshchestva: svoystva, stroenie, obrazovanie [Humic Substances: Properties, Structure, and Formation]. SPb., Publ. Izd-vo Sankt-Peterburzhskogo universiteta, 248 p.
- Tarkhanov S.N. The Content of Sulfur and Heavy Metals in Soils and Needles of Coniferous Stands under Aerotechnogenic Pollution in the Severnaya Dvina River Basin. Lesovedeniye, 3: 26–33 (in Russian).
- Frumin G.T., Negodina E.S. 2025. Obosnovanie regional'nykh predel'no dopustimyykh kontsentratsiy metallov v transgranichnykh vodnykh ob'ektakh. [Substantiation of Regional Maximum Permissible Concentrations of Metals in Transboundary Water Bodies]. Ekologicheskaya khimiya, 2(34): 87–93.
- Yanin E.P., Kuzmich V.N., Ivanitskiy O.M. 2016. Regional'naya prirodnyaya neodnorodnost' khimicheskogo sostava poverkhnostnykh vod sushi i neobkhodimost' ee ucheta pri otsenkakh ikh ekologicheskogo sostoyaniya i intensivnosti tekhnogenogo zagryazneniya [Regional Natural Heterogeneity of the Chemical Composition of Land Surface Waters and the Need to Take it Into Account when Assessing Their Ecological Status and the Intensity of Anthropogenic Pollution]. Problemy okruzhayushchey sredy i prirodnykh resursov, 6: 3–72.
- Cornelis R., Heinzow B., Herber R.F.M., Molin Christensen J., Poulsen O.M., ... Vesterberg O. 1996. Sample Collection Guidelines for Trace Elements in Blood and Urine. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 10: 103–127.
- Fedorov Yu.A., Ovsepyan A.E., Savitsky V.A., Zimovets A.A., Dotsenko I.V. 2019. Mercury in the Water of Small Rivers of the Onega Bay Basin of the White Sea. Doklady Earth Sciences, 487: 804–806. <https://doi.org/10.1134/S1028334X19070109>
- Mikhailenko A.V., Fedorov Yu.A., Mikhailevich A.I., Kostenko D.F. 2024. Mercury in the Landscape Components of the Don River Delta. E3S Web of Conferences, 555: 01006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202455501006>.
- Ovsepyan A.E., Fedorov Yu.A., Zimovets A.A., Savitsky V.A. 2016. Estimation of Mercury Accumulation in the Objects of Animate and Inanimate Nature in the North of European Russia. In the World of Scientific Discoveries, Series B, 4(1–2): 4–16.
- Zheng J. 2015. Archives of Total Mercury Reconstructed with Ice and Snow from Greenland and the Canadian High Arctic. The Science of the Total Environment, 509–510: 133–144.

*Поступила в редакцию 25.07.2025;
поступила после рецензирования 06.10.2025;
принята к публикации 24.11.2025*

*Received July 25, 2025;
Revised October 06, 2025;
Accepted November 24, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Коробов Владимир Борисович, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории исследований и моделирования геоэкологических процессов Северо-Западного отделения, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vladimir B. Korobov, Doctor of Geographical Sciences, Senior Researcher at the Laboratory for Research and Modeling of Geoecological Processes of the Northwestern Branch, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia



Котова Екатерина Ильинична, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории исследований и моделирования геоэкологических процессов Северо-Западного отделения, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия; доцент кафедры транспорта, хранения нефти, газа и нефтегазопромыслового оборудования, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

Ekaterina I. Kotova, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher at the Laboratory for Research and Modeling of Geocological Processes of the Northwestern Branch, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; Associate Professor of the Department of Transport, Oil, Gas Storage and Oil and Gas Field Equipment, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Овсеян Ася Эмильевна, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры физической географии, экологии и охраны природы Института наук о Земле, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Asya E. Ovsepyan, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Geography, Ecology and Nature Protection of the Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia



УДК 631.4
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-1
EDN TIRSRO

Использование почв, погребенных под выбросами из нор животных, для палеопочвенных и палеоэкологических реконструкций

¹Чендев Ю.Г., ¹Пустовая И.А., ²Трегуб Т.Ф.

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

²Воронежский государственный университет,
Россия, 394068, г. Воронеж, Университетская пл., 1
Chendev@bsuedu.ru

Аннотация. Апробирована новая в почвенно-эволюционных исследованиях методика палеопочвенных и палеогеографических реконструкций на основе сравнительного анализа почв, погребенных под земляными выбросами из нор лесных животных, и современных (фоновых) почв, формирующихся в сходных тополитологических условиях в непосредственной близости от нор. Данную методику предложено относить к группе методов почвенных хронорядов. Исследования выполнены на территории лесостепной зоны Белгородской области. Были изучены почвы, сопряженные с выбросами из норы лисицы (участок «Должик» Белгородского района, бассейн Северского Донца) и норы барсука (участок «Роцца» Яковлевского городского округа, бассейн Ворсклы). Проведенная реконструкция экологических обстановок (участок «Должик») позволяет говорить о том, что леса докультурного периода (несколько веков назад) были более сомкнутыми, что способствовало более активному, чем в наши дни развитию подзолообразования в профилях лесных почв. В еще более ранние периоды (согласно исследованиям на участке «Роцца») климат был более засушливым по сравнению с современным, что нашло отражение в присутствии в погребенной под выбросом из норы барсука почве более ярких признаков черноземообразования по сравнению с профилем фоновой серой лесной почвы. Это позволяет предполагать исходное присутствие лугово-степных ландшафтов на месте современных лесов лесостепной зоны, и дальнейшую экспансию лесов на степи, которая происходила в позднем голоцене под влиянием изменений климата в сторону увлажнения.

Ключевые слова: Белгородская область, лесостепь, выбросы из нор животных, погребенные почвы, фоновые почвы, эволюция почв, голоцен, палеоэкологические реконструкции

Для цитирования: Чендев Ю.Г., Пустовая И.А., Трегуб Т.Ф. 2026. Использование почв, погребенных под выбросами из нор животных, для палеопочвенных и палеоэкологических реконструкций. Региональные геосистемы, 50(1): 131–148. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-1 EDN: TIRSRO

The Use of Soils Buried Under Embankments from Animal Burrows for Paleosoil and Paleoecological Reconstructions

¹Yuriy G. Chendev, ¹Irina A. Pustovaya, ²Tamara F. Tregub

¹Belgorod State National Research University,
85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

²Voronezh State University, Russian Federation
1 Universitetskaya Sq., Voronezh, 394068, Russia
Chendev@bsuedu.ru

© Чендев Ю.Г., Пустовая И.А., Трегуб Т.Ф., 2026

Abstract. A new method for paleosoil and paleogeographic reconstructions in soil evolutionary research was tested. This method compares soils buried beneath earthen embankments from forest animal burrows with modern (background) ones formed in similar topographic and lithologic conditions in immediate vicinity of the burrows. This method is proposed to be classified as a soil chronosequence method. The study was conducted in the forest-steppe zone of the Belgorod region. The authors examined the soils associated with earth embankments from a fox burrow (the "Dolzhik" site in the Belgorod district, the Seversky Donets river basin) and a badger burrow (the "Roshcha" site in the Yakovlevsky urban district, the Vorskla river basin). A reconstruction of the ecological conditions (at the "Dolzhik" site) suggests that forests of preindustrial period (several centuries ago) were more densely packed, which contributed to more active podzolization in forest soil profiles than today. In even earlier periods (according to the research at the "Roshcha" site), the climate was drier than today, which reflected in the presence of more pronounced signs of chernozem formation in the soil buried under the badger burrow deposits compared to the background gray forest soil profile. This suggests the initial presence of meadow-steppe landscapes in the place of today's broadleaved forests of the forest-steppe zone, and the subsequent expansion of forests into the steppe, which occurred in the Late Holocene under the influence of climate change toward greater humidity.

Keywords: Belgorod region, forest-steppe, animal burrow embankments, buried soils, background soils, evolution of soils, Holocene, paleoecological reconstructions

For citation: Chendev Yu.G., Pustovaya I.A., Tregub T.F. 2026. The Use of Soils Buried Under Embankments from Animal Burrows for Paleosoil and Paleoecological Reconstructions. *Regional Geosystems*, 50(1): 131–148 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-1 EDN: TIRSRO

Введение

В Российском почвоведении большое значение традиционно придается изучению направленности, стадийности и темпам изменения почв во времени [Иванов, 1992; Демкин и др., 2003; Александровский, Александровская, 2005; Чендев, 2008; и др.]. Главным трендом развития данного направления является углубление существующих представлений о развитии почв под влиянием природных (прежде всего, климатического) факторов почвообразования. Исследования проводятся в разных регионах России и на разных пространственных уровнях изучения проблемы, причем в большинстве работ исследования не ограничиваются только рассмотрением теоретических вопросов почвообразования и эволюции почв. Почвы стали важным объектом для проведения биоклиматических реконструкций состояния природной среды и, следовательно, объектом экологического мониторинга [Александровский, 1988; Александровский, Александровская, 2005; Демкин и др., 2003; Чендев, Иванов, 2021]. Наряду с изучением природной эволюции почв в последнее время все больше внимания также уделяется вопросам систематики, классификации и антропогенной эволюции почв [Герасимова и др., 2003; Евсева, Шпанский, 2011]. Начали появляться работы, совмещающие изучение как природной эволюции почв, так и их антропогенных изменений во времени, причем в этих работах, как правило, расширяется набор применяемых методов исследования [Александровский, Александровская, 2005; Чендев, 2008; Chendev et al., 2018].

Накопленный опыт по изучению природной и антропогенной эволюции почв, палеопочвенным и палеоэкологическим реконструкциям, заставляет искать новые пути и способы теоретического и прикладного приложения результатов исследований, особенно в регионах, где сохраняются дискуссионные вопросы генезиса, географии и эволюции почв. Одним из таких регионов является лесостепь центра Восточно-Европейской равнины [Александровский, Александровская, 2005; Чендев, 2008]. В данном регионе сохраняется проблематичность таких вопросов, как возраст лесостепного почвообразования, вопрос о первичности лесов или степей, почв лесного или степного генезиса, вопрос о вкладе хозяйственной деятельности в свойства и географию современных почв и др.

При изучении эволюции почв традиционными объектами исследований являются фоновые и разновозрастные почвы, законсервированные под искусственными земляными насы-

пиями памятников археологии – курганами или оборонительными валами городищ [Александровский, 1988; Иванов, 1992; Hejzman et al., 2013]. Метод, который при этом используется, получил название метода почвенных хронорядов [Иванов, 1992; Александровский, Александровская, 2005; Евсеева, Шпанский, 2011]. Суть метода заключается в сравнительном анализе фоновых и разновозрастных почв, которые начали развиваться одновременно в идентичных условиях материнских пород и рельефа, но затем в разное время «выключались» из почвообразовательного процесса путем захоронения под земляными насыпями археологических памятников. Фоновые (современные) почвы характеризуются максимальной длительностью почвообразования и отражают современную комбинацию факторов среды. Сравнение почв хронорядов дает ценную информацию о происходивших изменениях в почвообразовании под влиянием смен во времени климата, растительности, способов и интенсивности антропогенных воздействий на почвы [Иванов, 1992; Демкин и др., 2003; Rusakov et al, 2019].

Наряду с исследованием хронорядов погребенных почв, теоретический и прикладной интерес представляют работы по изучению почвообразования на поверхности разновозрастных земляных насыпей – с помощью метода хронорядов дневных почв [Геннадиев, 1978; Голеусов, Лисецкий, 2009; Лисецкий и др., 2024]. Этим методом, в частности, устанавливают темпы формирования гумусовых горизонтов и гумусированной части профилей почв в разных биоклиматических обстановках, что важно для разработки методики педогенного датирования насыпных субстратов, расчетов допустимых эрозионных потерь почв, а также для развития общей теории почвообразования [Голеусов, Лисецкий, 2009; Лисецкий и др., 2024].

Объекты исследования, привлекаемые при использовании метода почвенных хронорядов, самые разнообразные: это моренные отложения разных стадий отступления горных ледников [Геннадиев, 1978], разновозрастные почвы в днищах балок [Борисов и др., 2025], разновозрастные земляные насыпи памятников археологии и погребенные под ними почвы [Иванов, 1992; Александровский, Александровская, 2005], серии разновозрастных культурных слоев и пахотных горизонтов почв на территории старых городов [Гольева и др., 2025], наваловки, сопряженные с межевыми рвами, брустверы окопов времен Великой отечественной войны, отвалы вскрышных пород карьеров [Голеусов, Лисецкий, 2009], почвы разновозрастных пашен [Бек, 2022], залежные почвы разных сроков постагрогенного самовосстановления [Мальшев, 2021]. Дополнением к приводимому списку также могут быть земляные выбросы из нор диких животных (лисиц, барсуков и других), которые широко встречаются в ландшафтах разных природных зон.

Палеогеографическое и палеоэкологическое значение вещественного состава и конструкции нор животных и земляных выбросов из нор впервые отметил Л.Г. Динесман, изучавший данные объекты в разных природно-климатических обстановках Восточно-Европейской равнины и в других регионах Евразии [Динесман, 1968; Динесман и др., 1989]. Автор отмечал, что норы животных могут иметь очень длительную (до нескольких тысячелетий) историю функционирования, на протяжении которой происходит чередование периодов обживания нор и периодов их запустения, причем, как правило, новые поселяющиеся животные обновляют и углубляют старые норы, что сопровождается формированием рядом с норами высоких земляных выбросов – арены молодого почвообразования и надежного экрана, консервирующего под выбросами погребенные почвы [Динесман, 1968; 1977].

Авторы статьи выполнили первые исследования почв, сопряженных с норами лесных животных, в лесостепной зоне центра Восточно-Европейской равнины. Краткая характеристика полученных результатов изложена в настоящей статье.

Цель исследования – сравнительный анализ свойств фоновых и погребенных под выбросами из нор лесных животных почв, палеопочвенные и палеоэкологические реконструкции, выполненные на основе этого анализа для территории лесостепи центра Восточно-Европейской равнины.

Объекты и методы исследования

Участки исследований находятся на юге лесостепи Среднерусской возвышенности и в административном отношении соответствуют территории Белгородской области.

Участок «Должник» относится к Белгородскому лесничеству и расположен в одноименном урочище в западной части Белгородского района. Урочище представляет собой верховье разветвленной балки, поросшей естественным широколиственным лесом. Данная балка является частью водосборного бассейна реки Везелка – правостороннего притока Северского Донца. Изученный выброс является одним из нескольких выбросов из лисьих нор, расположенных на выположенном (крутизной 3–4°) участке крутого (10–15°) балочного склона северной экспозиции, на высоте 30 м от поверхности корытообразного днища балки. В составе лесной растительности произрастают дуб и липа с примесью клена татарского и остролиственно-го. Жизненность древостоя хорошая. Средний диаметр деревьев составляет 25–30 см, средняя высота деревьев – 25–27 м. В кустарниковом ярусе встречаются редкие экземпляры лещины и бересклета. Проективное покрытие поверхности почвы травами составляет 15–20 %. Встречены такие травы как сныть, звездчатка, ветреница дубравная. Почвенный разрез был заложен через центральную часть достаточно мощного (более 1 м) выброса из норы лисицы и вскрыл всю насыпь, а также верхнюю часть профиля погребенной почвы – до уровня надежной идентификации ее классификационного статуса. Фоновая почва была изучена в керне из скважины, пробуренной ручным буром в 3 м от основания выброса из норы и в 5 м от разреза насыпи и погребенной почвы.

Участок «Роща» расположен на территории лесничества Яковлевского городского округа Белгородской области. Выброс из норы барсука находится в верховьях протяженной (2,5–3 км) балки, выходящей в долину реки Ворскла. В месте исследований форму мезорельефа правильнее назвать ложиной. Крутизна поверхности склона северной экспозиции в месте исследований – 5–6°. Нора барсука находится в центральной части склона ложины, глубина которой оценивается в 6–7 м (верхняя часть балочного водосбора). Изучаемый водосбор полностью облесен. В составе древостоя присутствуют дуб, клен татарский и реже встречающаяся липа. Жизненность древостоя хорошая. Средний диаметр деревьев – 30–35 см, средняя высота деревьев – 25–30 м. Подлесок представлен кленом татарским и дикой грушей. Редкий кустарниковый ярус состоит из бересклета бородавчатого и крушины ломкой. Проективное покрытие поверхности почвы лесным разнотравьем (фиалка лесная, гравилат городской, осока лесная) составляет 10–15 %. Глубокий почвенный разрез был заложен через центральную часть выброса из норы барсука и вскрыл профиль почвы насыпи мощностью более 1 м, а также почти полный профиль погребенной под насыпью почвы. Фоновая почва была изучена в полнопрофильном разрезе, в 7 м к востоку от разреза насыпи и в 4-х м от основания склона выброса из норы в сходных с погребенной почвой тополитологических условиях.

В полевых условиях был использован метод почвенных хронорядов, название которого предлагается использовать в более широкой трактовке, и включать в него не только сравнительный анализ фоновых почв и почв, погребенных под земляными насыпями археологических памятников, но и сравнение почв, погребенных под выбросами из нор животных, и современных почв рядом с выбросами. Вторым важным методом полевого исследования почв был метод морфологического анализа почвенного профиля.

Лабораторные анализы почв выполнялись в ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский», а также в лаборатории Института наук о Земле НИУ «БелГУ». Плотность сложения определялась гравиметрическим методом с помощью стальных колец в 3-кратной повторности для каждого слоя. Гранулометрический состав почв определялся по методу пипетки Качинского [ГОСТ 12536-2014], pH водной суспензии потенциометрическим методом [ГОСТ 26423-85], содержание углекислоты карбонатов ацидиметрическим методом, содержание Сорг почв определялось методом мокрого сжигания [ГОСТ 26213-91].

Спорово-пыльцевой анализ почвенных проб был выполнен в лаборатории Воронежского государственного университета одним из авторов статьи (Т.Ф. Трегуб). Анализ подготовленных препаратов выполнялся с помощью микроскопа с увеличением $450\times$ – $600\times$ на наличие спор и пыльцы растений. Репрезентативные палиноспектры подвергались статистической обработке с оформлением результатов в табличной форме.

Результаты и их обсуждение

Дадим краткую характеристику изученных на ключевых участках почв.

Выброс из норы лисицы на участке «Должик» сложен среднесуглинистым материалом материнской породы почв, слабо вскипающим при взаимодействии с 10 % раствором HCl. На вертикальной зачистке разреза хорошо заметна неоднородность материала выброса из норы общей мощностью 105 см по чередованию относительно темных и более светлых участков (рис. 1). Данные участки представляют собой серию молодых почв, формирование которых на насыпи выброса происходило в периоды запустения норы. Весьма приблизительно (по мощности гумусовых горизонтов сформированных на насыпи неполноразвитых почв) возраст бунтаны определяется в 200–300 лет.

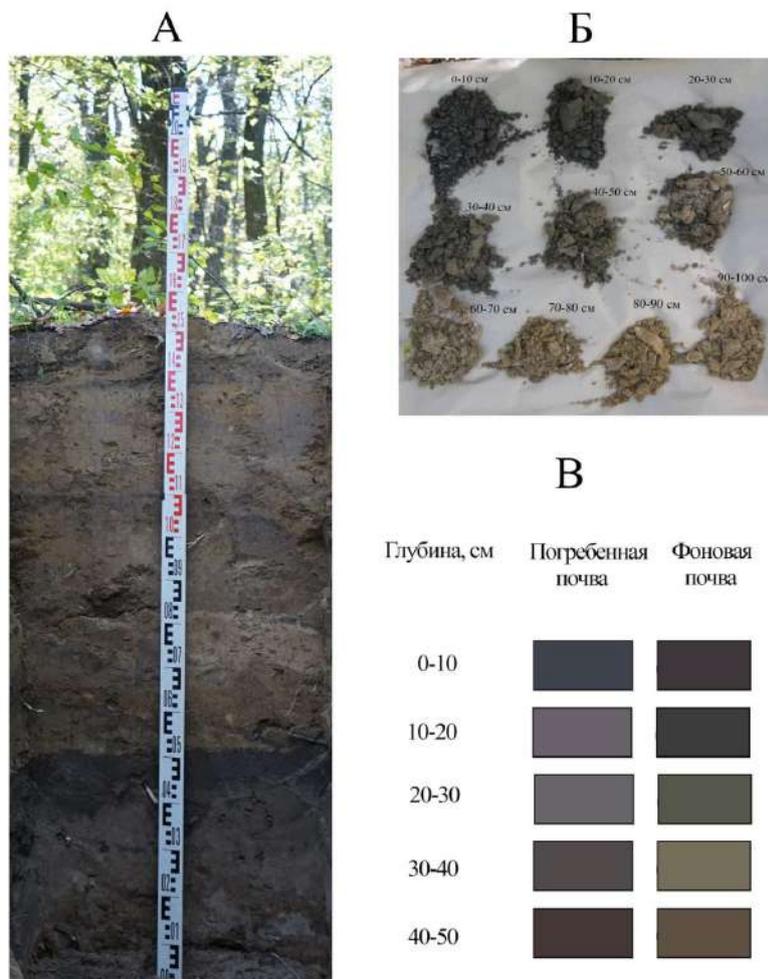


Рис. 1 Строение выброса из норы лисицы и погребенной почвы (А), фоновой почвы (Б, пробы отобраны ручным буром), цветовые различия слоев верхней части профилей погребенной и фоновой почв (В) на участке «Должик»
Fig. 1 Structure of the fox burrow ejecta and the buried soil (A), background soil (B, samples collected with a hand auger), and color differences in the upper layers of the buried and background soil profiles (B) at the “Dolzhik” site

Темноцветная почва, погребенная под выбросом (рис. 1А) хорошо сохранилась и отлично фиксировалась по четкому контакту ее поверхности с более светлым субстратом насыпи выброса. Профиль погребенной почвы был исследован до глубины 50 см. Он состоял из темно-серого гумусового горизонта [A1] мощностью 15 см, залегающего ниже серовато-светло-бурого с белесоватостью горизонта [A1A2] мощностью 12 см, белесовато-светло-бурого горизонта [A2Bt] мощностью 13 см (на глубине 27–40 см от поверхности погребенной почвы); глубже залегал бурый иллювиальный горизонт [Bt] тяжелосуглинистого гранулометрического состава (состав вышележащих горизонтов – среднесуглинистый).

Погребенная почва была отнесена к подтипу серой лесной среднесуглинистой, сформированной на делювиальном среднем суглинке.

Фоновая почва (рис. 1Б) характеризуется следующим строением профиля. Темно-серый среднесуглинистый горизонт A1 имеет мощность 25 см, белесовато-серый с буроватостью среднесуглинистый горизонт A1A2 мощностью 30 см имеет постепенный переход к тяжелосуглинистому горизонту A2Bt белесовато-бурого цвета мощностью 20 см; светло-бурый тяжелосуглинистый горизонт Bt имеет мощность 20–25 см.

Фоновая почва была идентифицирована как темно-серая лесная среднесуглинистая на делювиальном среднем суглинке.

Различия верхних частей профилей погребенной и фоновой почв на участке «Должик» также хорошо определяются по цвету идентичных по глубине слоев (рис. 1В). Оподзоленность погребенной почвы выражена ярче, а мощность гумусированной части профиля меньше, чем в фоновой почве.

Сравнение погребенной и рядом расположенной фоновой почв позволяет сделать вывод, согласно которому гумусированная часть профиля в современной почве (сумма горизонтов A1 и A1A2) заметно больше по мощности, чем в профиле погребенной почвы, что, по нашему мнению может свидетельствовать об усилении гумусообразования в период осветления лесов выборочными рубками на протяжении последних столетий. Осветление лесов сопровождалось более интенсивным поступлением солнечного света и тепла на поверхность лесных почв, что могло отразиться на усилении роли лесных трав в почвообразовательном процессе.

Более детальный сравнительный анализ фоновой и погребенной почв был выполнен на участке «Роща», который стал базовым при проведении палеопочвенных исследований и реконструкций.

Материал выброса из норы барсука сложен средним слабокарбонатным суглинком материнской породы. В месте исследования выброс имел мощность более метра и был неоднороден из-за наличия почв, сформированных на выбросе в разные периоды его существования (рис. 2).

Поверхность насыпи бутаны барсука перекрыта маломощным (13 см) слабо переработанным почвообразованием материалом выброса из норы, что характеризует современный этап ее функционирования. Ниже этого наноса залегает профиль верхней почвы насыпи общей мощностью 12 см (горизонт A1 – 6–7 см; горизонт A1B – 5–6 см). Глубже залегает профиль средней погребенной почвы (см. рис. 2), серый гумусовый горизонт, которой имеет мощность 10–12 см, а на склоне – до 15 см; ниже располагается светло-бурый с сероватостью горизонт A1B, мощность которого составляет 5 см. На глубине 63 см от поверхности выброса была идентифицирована третья, наиболее развитая почва насыпи бутаны, серый гумусовый горизонт которой имел мощность 13–14 см, а переходный серовато-светло-бурый горизонт A1B – 6–7 см. Глубже, до поверхности погребенной почвы отмечался заметно более светлый желтовато-палевый слабокарбонатный средний суглинок, являющийся самым древним выбросом материала материнской породы почвы из норы в начальный период функционирования жилища барсука.



Рис. 2. Почвы, сформированные на выбросе из норы барсука на участке «Роща»
Fig. 2. Soils formed on the ejecta of a badger burrow at the “Roshcha” site

Таким образом, на основании исследования стратиграфии земляного выброса, можно заключить, что в истории функционирования норы было три этапа ее запустения, соответствовавшие периодам формирования трех почвенных профилей. С учетом мощности гумусовых горизонтов почв, сформированных на материале выброса из норы барсука, мы предполагаем, что общая длительность существования норы с выбросом составляет не менее тысячи лет.

Профиль погребенной под выбросом почвы четко определялся по резкой границе с насыпью, более темному цвету, особенностям структуры и более тяжелому гранулометрическому составу (рис. 3Б). Данная почва имеет явные признаки черноземообразования, что, в первую очередь, определялось по достаточно большой мощности гумусированной части профиля. На основании выполненного морфологического анализа данная почва была идентифицирована как чернозем оподзоленный, переходный к темно-серой лесной почве (рис. 3Б). В профиле погребенной почвы выявлена следующая система почвенных горизонтов: [A1]-[A1Vt]-[VtA1]-[Vt]-[VSc]. В профиле погребенной почвы более выразительно сохранились признаки степной стадии почвообразования, которая по нашему мнению предшествовала покрытию лесами изучаемой территории. Такими признаками являются включения палеослепешин, заполненные темным гумусированным материалом в профиле погребенного чернозема, встречающиеся на глубинах 40–100 см (рис. 4).

Фоновая почва была изучена в 7 м к западу от разреза бутаны барсука и погребенной почвы в сходных условиях рельефа (нижняя часть склона ложины крутизной около 6 %). Ее профиль состоит из следующей системы горизонтов: A0-A1-A1A2-A2Vt-V1t-V2t-VtC-C. Фоновая почва идентифицирована как темно-серая лесная (рис. 3А).



Рис. 3. Профили фоновой (А) и погребенной (Б) почв на участке «Роща»
Fig. 3. Profiles of the background (A) and buried (B) soils at the “Roshcha” site



Рис. 4. Включения гумусированных палеослепышин – индикаторов степного почвообразования, в средней части профиля погребенной почвы
Fig. 4. Humus-enriched paleo-mole rat (*Spalax*) burrow infillings – indicators of steppe pedogenesis – within the middle horizon of the buried soil profile

Палеослепышины в профиле фоновой почвы были уже почти не заметными и отмечались в виде редких серых «облаков» в слое 40–60 см – ниже гумусированной части профиля почвы.

Результаты лабораторного анализа ряда признаков изученных почв представлены в табл. 1, 2. Графики профильного распределения содержания фракций ила и физической глины в сравниваемых почвах представлены на рис. 5.

Таблица 1
Table 1

Гранулометрический состав почв, изученных на участке «Роща»
Granulometric composition of soils at the “Roshcha” study site

Глубина, см	% от абсолютно сухой почвы						Содержание физической глины (частиц < 0,01 мм)	Грануло- метрический состав (*)
	круп- ный песок 1–0,25	мелкий песок 0,25–0,05	крупная пыль 0,05– 0,01	средняя пыль 0,01– 0,005	мелкая пыль 0,005– 0,001	ил < 0,001		
мм								
Фоновая почва								
0–10	1,17	7,63	42,31	13,75	9,84	25,30	48,88	т/сг
10–20	0,63	7,04	45,25	11,10	9,54	26,44	47,07	т/сг
20–30	0,70	8,47	43,85	11,98	8,36	26,64	46,98	т/сг
30–40	0,74	5,34	43,76	11,17	9,31	29,68	50,15	т/сг
40–60	0,37	1,51	41,14	8,80	7,03	41,15	56,97	т/сг
60–80	0,45	1,54	40,84	8,80	6,67	41,70	57,17	т/сг
80–100	0,54	8,32	38,20	7,29	5,97	39,67	52,93	т/сг
100–120	0,95	31,60	24,51	5,43	7,52	29,99	42,93	с/сг
120–140	0,28	45,78	17,42	2,23	7,95	26,34	36,52	с/сг
140–160	1,62	49,80	16,58	1,01	7,33	23,66	32,00	с/сг
160–180	13,00	43,05	10,80	2,32	8,88	21,95	33,15	с/сг
180–200	16,62	38,40	12,66	1,22	9,37	21,73	32,31	с/сг
Почва выброса из норы								
0–7	7,76	39,01	15,97	4,46	7,25	25,55	37,26	с/сг
7–13	6,14	34,81	19,53	3,90	9,21	26,41	39,52	с/сг
13–28	3,66	25,82	25,55	3,85	11,76	29,36	44,97	с/сг
28–45	5,28	33,34	20,85	5,26	9,26	26,01	40,53	с/сг
45–60	7,79	40,35	16,14	5,75	6,81	23,16	35,72	с/сг
60–76	3,58	30,88	26,62	4,76	6,43	27,73	38,91	с/сг
76–85	3,36	37,43	20,41	3,91	6,58	28,31	38,80	с/сг
85–104	5,02	44,73	16,02	4,15	7,84	22,24	34,22	с/сг
104–120	3,07	33,29	21,48	6,22	9,05	26,89	42,16	с/сг
Погребенная под выбросом почва								
0–10	0,99	12,26	42,41	9,86	10,82	23,66	44,33	с/сг
10–20	1,03	12,70	40,97	10,39	11,01	23,90	45,30	т/сг
20–30	0,79	12,20	41,24	11,23	9,82	24,72	45,77	т/сг
30–40	0,76	8,99	39,45	9,84	10,29	30,67	50,80	т/сг
40–60	0,66	10,29	35,71	6,33	9,98	37,03	53,33	т/сг
60–80	0,53	5,57	38,09	9,93	6,58	39,30	55,82	т/сг
80–100	0,98	3,37	37,87	4,99	8,25	44,54	57,77	т/сг
100–120	1,12	15,05	28,61	6,41	6,82	41,99	55,23	т/сг
120–140	1,17	19,40	26,09	6,50	7,31	39,53	53,34	т/сг
140–160	1,29	33,89	25,05	0,81	6,02	32,94	39,77	с/сг
160–180	5,66	39,64	17,95	3,44	5,81	27,50	36,75	с/сг
180–200	18,57	41,24	10,21	2,74	5,96	21,28	29,98	л/сг

Примечание: (*) гранулометрический состав т/сг – тяжелосуглинистый, с/сг – среднесуглинистый, л/сг – легкосуглинистый.

Таблица 2
Table 2Некоторые свойства почв, изученных на участке «Рошча»
Some properties of the soils studied at the “Roshcha” site

Глубина, см	Массовая доля органического вещества % ГОСТ 26213-2021	Массовая доля углекислоты карбонатов, % Му по определению углекислоты карбонатов, 1984	Гигроскопическая влажность, % ГОСТ 28268-89	pH водной вытяжки, ед. pH ГОСТ 26423-85
Фоновая почва				
0–10	6,03	0	1,11	7,48
10–20	4,26	0	0,91	6,83
20–30	3,38	0	0,73	6,21
30–40	2,01	0	0,62	6,08
40–60	1,30	0	1,09	6,05
60–80	0,83	0	1,07	6,12
80–100	0,72	0	1,17	6,33
100–120	0,64	0	1,46	6,58
120–140	0,61	0	1,32	6,70
140–160	0,60	0	1,09	6,70
160–180	0,56	0	0,93	6,72
180–200	0,52	0	1,30	6,76
Почва выброса из норы				
0–7	1,61	0	1,38	8,05
7–13	1,14	0	1,22	8,27
13–28	1,82	0	1,44	7,89
28–45	1,04	0,30	1,24	8,11
45–60	1,61	0,50	0,95	8,12
60–76	1,56	1,20	1,17	7,95
76–85	1,14	0,70	1,30	7,99
85–104	1,14	1,30	1,13	7,94
104–120	1,40	1,40	1,13	8,03
Погребенная под выбросом почва				
0–10	3,95	0	1,05	7,60
10–20	1,66	0	0,93	7,47
20–30	1,61	0	1,73	7,46
30–40	1,35	0	0,89	7,31
40–60	1,00	0	1,26	6,52
60–80	0,90	0	1,32	6,30
80–100	1,09	0	1,81	6,62
100–120	0,94	1,00	1,81	7,51
120–140	0,78	0,30	1,54	7,44
140–160	0,60	0,30	1,24	7,10
160–180	0,57	0,30	1,05	7,80
180–200	0,50	0,70	1,07	8,24

Если в погребенной почве только намечается формирование зоны выноса тонкодисперсных фракций в слое 20–30 см, а в более глубоких слоях наблюдается постепенный рост их содержания, то в фоновой почве уже достаточно четко выделяются слой обеднения (20–30 см) и слой накопления (50–80 см) данных фракций (см. рис. 5).

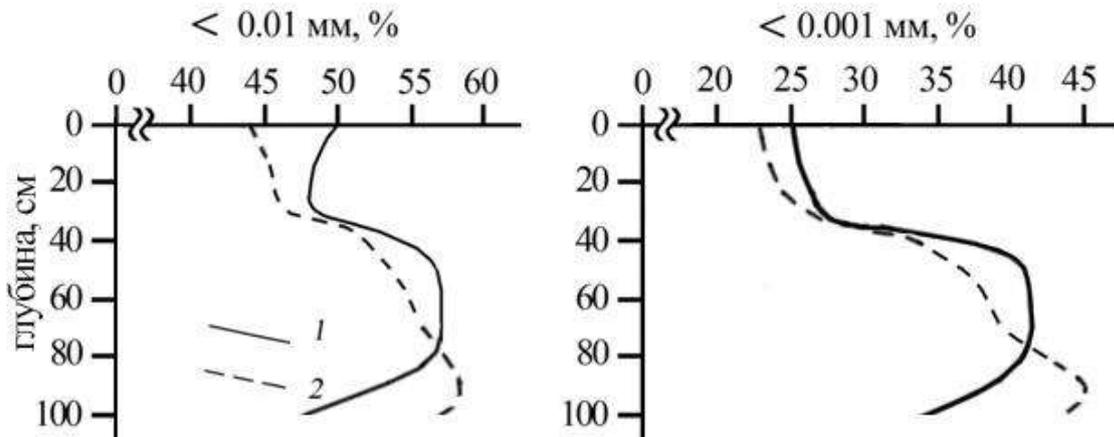


Рис. 5. Распределение содержания гранулометрических фракций физической глины (< 0,01 мм) и ила (< 0,01 мм) в профилях фоновой почвы (1) и почвы, погребенной под земляным выбросом из норы барсука (2) на участке «Роща»
Fig. 5. Distribution of granulometric fractions – physical clay (<0.01 mm) and silt (<0.01 mm) – in profiles of the background soil (1) and the soil buried under badger mound ejecta (2) at the “Roshcha” site

Плотность погребенной почвы изменяется менее резко с глубиной по сравнению с фоновой почвой (рис. 6). Выявленные различия могут свидетельствовать о том, что в предыдущие эпохи почва на уровне иллювиальной части профиля была не в такой степени уплотнена, что в большей степени характерно для черноземов, чем для серых лесных почв.

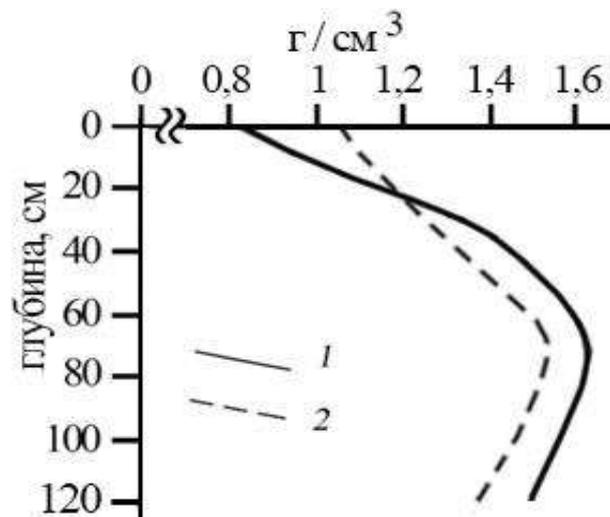


Рис 6. Плотность сложения фоновой и погребенной почв, участок «Роща».
Условные обозначения те же, что на рис. 5
Fig. 6. Bulk density of the background and buried soils, the “Roshcha” site.
Designations are the same as in Fig. 5

Для фоновой и погребенной под буганой барсука почв рассчитаны запасы ила (гранулометрическая фракция < 0,001 мм) (данные представлены на рис. 7). В целом, можно говорить о том, что как в погребенной, так и в фоновой почвах запасы ила возрастают с глубиной. Вместе с тем данный показатель в фоновой почве, начиная с глубины 20 см, становится выше, чем в погребенной почве, причем наибольшие отличия характерны для слоя 40–80 см, т.е. там, где формируется иллювиальная часть профиля современной почвы с горизонтами A2Bt, B1t и B2t.

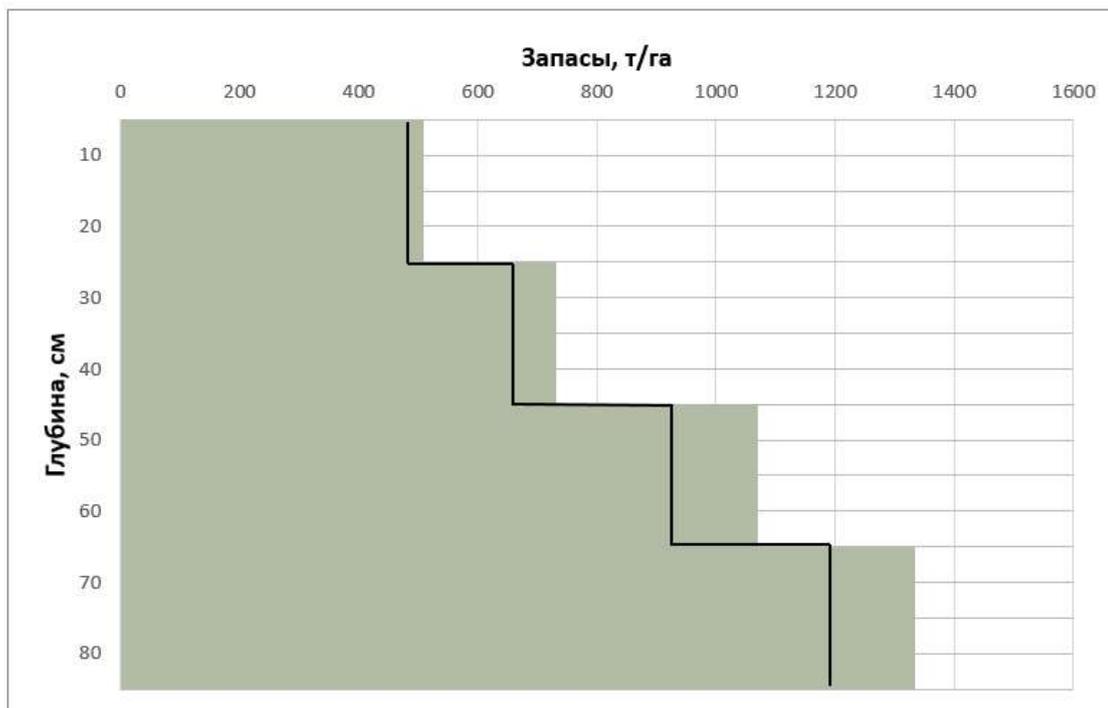


Рис. 7. Распределение запасов ила (гранулометрическая фракция $< 0,001$ мм) в профилях изученных почв на участке «Роща». На графике фоновой почвы контуром изображено распределение показателя в погребенной почве

Fig. 7. Distribution of silt reserves (particle-size fraction < 0.001 mm) in the studied soil profiles at the “Roshcha” site. The background soil graph outlines the distribution of this parameter in the buried soil

В погребенной почве в нижней части профиля выявлены карбонаты (см. табл. 2), в отличие от фоновой почвы, где они не обнаружены, что указывает на более ксерофитный характер растительности в предыдущие эпохи (наличие лугово-степных растительных формаций).

Результаты почвенного исследования участка «Роща» дополняются результатами спорово-пыльцевого анализа проб изученных почв (табл. 3). Пробы отобраны из погребенной почвы под выбросом – черноземного облика, а так же из фоновой почвы рядом с выбросом – темно-серой лесной. Всего по данному объекту было отобрано 5 проб. В пробе [A1] 120–125 см отмечена обильная углистая органика, спор и пыльцы не встречено. В пробах Фон 0–10 см и [A1^h] 13–18 см при просмотре всего обогащенного осадка были зафиксированы единичные зерна. В пробе [A1^h] 13–18 см встречено 30 зерен спор и пыльцы, а в пробе Фон 0–10 см – 9 зерен. В мацерате проб [A1^h] 60–65 см (проба из самой нижней и наиболее сформированной почвы в материале выброса из норы) и ПП Слепышина 46–55 см (проба гумусированного материала слепышины в погребенном под выбросом барсука черноземе) были получены спорово-пыльцевые спектры достаточной насыщенности для восстановления типа и флористического состава растительности.

Из отложений пробы ПП Слепышина 46–55 см был получен спорово-пыльцевой спектр достаточной насыщенности. Состав спектра отразил лесной тип растительности со своеобразным флористическим составом. Здесь преобладает пыльца древесных пород, где доминирует береза (*Betula*) и ольха (*Alnus*) с включением пыльцы осины (*Populus*) и ясеня (*Fraxinus*). Пыльца травянистых растений представлена слабо. Основная роль отведена астровым (*Asteraceae*) и злаковым (*Poaceae*), с участием рогозовых (*Typhaceae*) и бобовых (*Fabaceae*).

Таблица 3
Table 3

Данные спорово-пыльцевого анализа проб почв участка «Роща»
Results of spore-pollen analysis of soil samples from the “Roshcha” site

Состав растительности	Обр. Б-2022 ПП Слепы- шина 46–55 см	Обр. Б- 2022 [Al ¹¹ H] 60–65 см	Обр. Б- 2022 [Al ¹¹ H] 13–28 см	Обр. Б-2022 Ф 0–10 см
Всего пыльцы древесной растительности	78,6	65,0	13*	5*
Всего пыльцы травянистой растительности	13,2	16,8	6*	–
Всего спор	8,2	18,2	13*	4*
Всего насчитано зерен	159 шт.	143 шт.	32 шт.	9 шт.
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	–	4,3	–	1*
<i>P. sylvestris</i> L.	8,8	48,4	5*	2*
<i>Juniperus communis</i> L.	–	3,2	2*	–
Всего пыльцы голосеменных растений	8,8	55,9	7*	3*
<i>Betula sect. Albae et sect. Fruticosa</i>	48,8	5,4	–	1*
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	25,6	6,5	–	–
<i>Corylus avellana</i> L.	4,8	2,2	–	–
<i>Tilia cordata</i>	2,4	7,5	–	–
<i>Ulmus laevis</i> Pall. et <i>U. glabra</i> Huds.	4,0	13,9	3*	1*
<i>Quercus robur</i> L.	–	–	1*	–
<i>Acer tataricum</i> L.	–	–	1*	–
<i>Populus nigra</i> L.	3,2	8,9	1*	–
<i>Fraxinus oxycarpa</i> Willd.	2,4	–	–	–
Всего пыльцы покрытосеменных древесных растений	91,2	44,1	6*	2*
<i>Chenopodiaceae</i>	–	2,0	1*	–
<i>Asteraceae</i>	26,6	–	–	–
<i>Cichoriaceae</i>	–	2,0	1*	–
<i>Polygonaceae</i>	–	–	1*	–
<i>Polygonum aviculare</i> L.	–	–	–	–
<i>Poaceae</i>	17,6	6,0	3*	–
<i>Poa sibirica</i> Roschev.	–	–	–	–
<i>Vacciniaceae</i>	–	2,0	–	–
<i>Rosaceae</i>	–	14,0	–	–
<i>Portulacaceae</i>	–	2,0	–	–
<i>Cyperaceae</i>	–	2,0	–	–
<i>Liliaceae</i>	–	2,0	–	–
<i>Typhaceae</i>	11,8	–	–	–
Всего пыльцы трав и кустарничков	61,8	48,0	6*	–
<i>Polypodiaceae</i>	5,8	28,0	7*	2*
<i>Lycopodiella inundata</i> (L.) Holub.	8,8	4,0	2*	1*
<i>Lycopodium</i> sp.	2,9	–	2*	–
<i>Hypolepidaceae</i>	–	10,0	2*	–
<i>Ophioglossaceae</i>	–	2,0	–	1*
<i>Selaginella selaginoides</i> (L.) Link	6,0	–	–	–
<i>Bryales</i>	11,8	8,0	–	–
Всего спор	38,2	52,0	13*	4*

Примечание: * – абсолютное количество пыльцы и спор (шт.).

Споры слагаются в основном зернами: бриевых мхов (*Bryales*), ликоподиеллой заливаемой (*Lycopodiella inundata*), плаунка плауновидного (*Selaginella selaginoides*), многоножковых (*Polypodiaceae*) и в меньшей степени – плауновых (*Lycopodiaceae*) и уховника обыкновенного (*Ophiglossum vulgatum*).

Состав спектра отразил существование небольших сосновых куртин на низких речных террасах. Широкое распространение на данном этапе получили березовые леса с небольшой примесью вяза, липы, ясеня, осины и лещины (*Betula, Ulmus, Tilia, Fraxinus, Populus, Corylus*). На данном этапе были развиты обширные заводы, которые обрастали ольшаниками. Такая реконструкция подтверждается значительным участием в составе травянистой растительности рогозовых (*Typhaceae*), а так же преобладанием в составе спор таких представителей как: ликоподиеллы заливаемой, плаунка палуновидного и бриевых мхов.

Климат данного этапа был прохладным и в значительной степени сухим. Проба с указанным выше палинологическим спектром отобрана из темноцветного материала заполнения слепышины. Известно, что слепыш обитает на открытой местности и не встречается в лесах. Вместе с тем, в материале слепышины установлено присутствие пыльцы древесной растительности. Поэтому можно высказать предположение, согласно которому изучаемая почва периода формирования слепышины могла находиться в пограничном пространстве между степью и лесом, например, поблизости от опушки леса.

Проба Б 2022 [A1¹⁴C] 60–65 см (первые столетия после образования норы и погребения чернозема под выбросом из норы) содержит палиноспектр, который отразил лесной тип растительности. Содержание пыльцы в первой группе фиксирует примерно равное количество пыльцы голосеменных пород и покрытосеменных древесных с небольшим преобладанием голосеменных. Среди хвойных пород преобладающим компонентом являлась сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) при незначительном участии ели (*Picea*), а также можжевельника (*Juniperus*).

Вторая группа состоит из равного количества широколиственных и мелколиственных пород. В составе мелколиственных пород были выявлены береза, ольха и осина (*Betula, Alnus, Populus*), а в составе широколиственных пород присутствовали вяз, липа и лещина (*Ulmus, Tilia, Corylus*).

Нижний ярус растительности слагается пыльцой 9 семейств травянистых растений и 5 семейств – споровых. В составе травянистых растений преобладает пыльца семейств розоцветных (*Rosaceae*) и бобовых (*Fabaceae*). Кроме этого, в небольшом количестве отмечены представители семейств: злаковых, портулаковых, маревых, лилейных, осоковых, цикориевых и брусничных (клюква – *Oxycoccus microcarpus*; черника – *Vaccinium myrtillus*).

Состав спор слагается зернами многоножковых (*Polypodiaceae*), гиполеписовых (*Hypolepidaceae*) и в меньшей степени ликоподиеллой заливаемой (*Lycopodiella inundata*), уховниковых (*Ophiglossaceae*), бриевыми мхами (*Bryales*).

Во время накопления изучаемых отложений на прилегающей территории были развиты леса (пыльцы древесных – 65 %). Боровая ассоциация (*Pinus sylvestris*) занимала площадки низких террас, где отмечена в качестве единичных особей ель (*Picea*) и можжевельник (*Juniperus*). Галерейные леса вдоль речной долины слагались липой, вязом, осинкой с включением лещины (*Tilia, Ulmus, Populus, Corylus*), и возможно занимали частично междуречные пространства. Затоны и заводы обрастали ольшаниками (*Alnus*). Травянистый покров формировался в основном луговым разнотравьем, покрывавшим пойменные площадки. Споровые растения расселялись либо по сырым полянам в лесной формации – орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum*), по заливаемым песчаным отмелям и заболоченным лугам – ликоподиелла заливаемая (*Lycopodiella inundata*), по суходольным лугам, сырым лесным полянам, на поймах среди кустарниковых зарослей – уховник обыкновенный (*Ophiglossum vulgatum*) и по периодически подтопляемым грунтам – многоножковые (*Polypodiaceae*).

Климатические условия накопления отложений данной пробы были относительно прохладными и влажными (клюква и черника в лесах).

Заключение

Погребенная под выбросом из норы барсука почва сохранила ряд признаков степного почвообразования, хотя уже находилась под лесом в ареале обитания барсука. Реликтовые черты степного почвообразования в погребенной почве определялись по следующим признакам: более насыщенный темный цвет верхней части профиля, более мощный гумусированный слой с элементами зернистой структуры, наличие включений палеослепышин, меньшая плотность иллювиальных горизонтов, менее выраженная вертикальная дифференциация профиля по содержанию и запасам илистой фракции. Многие реликтовые признаки потом исчезли и не сохранились в современных лесных почвах под влиянием длительного лесного почвообразования.

Лесной характер почвообразования, существовавший во время появления норы барсука (около 1000 лет назад) подтверждается закономерностями хода с глубиной рН водного (с минимумом значений в средней части профиля (см. табл. 2)), а также характером вертикального распределения ила и уже заметным его выносом в среднюю часть профиля. На продвинутой стадии лесного почвообразования (в современной фоновой почве) эти признаки еще более усилились.

Говоря о реконструкциях природных обстановок, выполненных на основе исследования почв, погребенных под выбросами из норы барсука в Яковлевском лесничестве, можно предполагать, что ранее характер растительности на данной территории характеризовался как мезофтно-ксерофитный (степной), а климат был более аридным; после же смены основных климатических трендов в сторону более влажных и более холодных условий произошла смена степей на облесенные участки в результате позднеголоценовой экспансии леса на степь, что, вероятно, было характерной особенностью формирования лесостепных ландшафтов на больших пространствах Белгородской области.

Несколько столетий назад в первобытных широколиственных лесах региона микроклиматические условия были более прохладными и влажными по сравнению с современными характеристиками. По нашему мнению, это было обусловлено высокой густотой древостоев и сильной затененностью лесов, под пологом которых активнее, чем в наши дни, развивался подзолообразовательный процесс (реконструирован на участке «Должик») и существовали благоприятные условия для произрастания клюквы и черники (согласно спорово-пыльцевому анализу почвы на выбросе из норы барсука, участок «Роща»). На протяжении последних столетий леса претерпели антропогенную трансформацию. Они стали более редкостойными и осветленными, что могло способствовать понижению уровня грунтовых вод и исчезновению ряда северных видов растений, произраставших ранее под их пологом. Весьма вероятным также было усиление роли трав в почвообразовательном процессе под лесами.

Список источников

- Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. 2003. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск, Изд-во Ойкумена, 268 с.
- ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. 2015. М., Стандартинформ, 18 с.
- ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. 1992. М., Государственный комитет стандартизации и метрологии, 6 с.
- ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. 2011. М., Стандартинформ, 4 с.

Список литературы

- Александровский А.Л. 1988. Эволюция почв Восточной Европы на границе между лесом и степью. В кн.: Естественная и антропогенная эволюция почв. М., Наука: 82–94.
- Александровский А.Л., Александровская Е.И. 2005. Эволюция почв и географическая среда. М., Наука, 223 с.
- Бек А.Н. 2022. Исследование гумусированности почв в агрохронориях с использованием наземных средств и данных дистанционного зондирования Земли. Региональные геосистемы, 46(2): 210–222. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-2-210-222>
- Борисов А.В., Пинской В.Н., Кривошеев М.В. 2025. Динамика почвообразования и осадконакопления в балках Восточно-Донской гряды за последние 3000 лет. Региональные геосистемы, 49(4): 684–695. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-4-684-695>
- Геннадиев А.Н. 1978. Изучение почвообразования методом хронорядов. Почвоведение, 12: 33–43.
- Голеусов П.В., Лисецкий Ф.Н. 2009. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи. М., ГЕОС, 210 с.
- Гольева А.А., Хохлова О.С., Энговатова А.В. 2025. Погребенные пахотные почвы и культурные слои древнего Ярославля как отражение природных и антропогенных процессов. Почвоведение, 3: 347–359. <https://doi.org/10.31857/S0032180X25030025>
- Демкин В.А., Демкина Т.С., Борисов А.В. 2003. Палеопочвоведение и археология: Итоги и перспективы интеграции. В кн.: Экология древних и современных обществ. Доклады конференции, Тюмень, 18–22 ноября 2003. Тюмень, Изд-во ИПОС СО РАН, Вып. 2: 33–37.
- Динесман Л.Г. 1968. Изучение истории биогеоценозов по норам животных. М., Наука, 100 с.
- Динесман Л.Г. 1977. Биогеоценозы степей в голоцене. М., Наука, 160 с.
- Динесман Л.Г., Киселева Н.К., Князев А.В. 1989. История степных экосистем Монгольской народной республики. М., Наука, 215 с.
- Евсеева Н.С., Шпанский А.В. 2011. Методы палеогеографических исследований. Томск, ТГУ, 253 с.
- Иванов И.В. 1992. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М., Наука, 141 с.
- Лисецкий Ф.Н., Голеусов П.В., Буряк Ж.А. 2024. Допустимые эрозионные потери почвы и скорости почвообразования в контексте регулирования углеродного баланса. Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение, 3: 139–151. <https://doi.org/10.55959/MSU0137-0944-17-2024-79-3-139-151>
- Мальшев А.В. 2021. Особенности воспроизводства почв на залежах в различных физико-географических условиях Белгородской области. Региональные геосистемы, 45(1): 40–50. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-1-40-50>
- Чендев Ю.Г. 2008. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. М., ГЕОС, 212 с.
- Чендев Ю.Г., Иванов И.В. 2021. Палеопочвенные реконструкции в археологических ландшафтах речных пойм лесостепи. В кн.: Почвы – стратегический ресурс России. Тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв, Сыктывкар, 2020–2022. Москва-Сыктывкар, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН: 789–790.
- Chendev Yu., Khokhlova O., Ponomarenko E., Ershova E., Alexandrovskiy A., Myakshina T. 2018. Holocene Environmental and Anthropogenic Changes of Soils and Vegetation in the Central Russian Upland: The Case Study in the “Belogorie” Natural Reserve. Geosciences, 8(12): 473. <https://doi.org/10.3390/geosciences8120473>
- Hejzman M., Součková K., Křišťuf P., Peška J. 2013. What Questions can be Answered by Chemical Analysis of Recent and Paleosols from the Bell Beaker Barrow (2500–2200 BC), Central Moravia, Czech Republic? Quaternary International, 316: 179–189. <https://doi.org/10.1016/J.QUAINT.2013.06.014>
- Rusakov A., Makeev A., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva M., ... Puzanova T. 2019. Paleoenvironmental Reconstruction Based on Soils Buried Under Scythian Fortification in the Southern Forest-Steppe Area of the East European Plain. Quaternary International, 502: 197–217. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.016>

References

- Aleksandrovskiy A.L. 1988. Evolyutsiya pochv Vostochnoy Evropy na granitse mezhdru lesom i step'yu [Soil Evolution in Eastern Europe at the Forest-Steppe Boundary]. In: Estestvennaya i antropogennaya evolyutsiya pochv [Natural and Anthropogenic Soil Evolution]. Moscow, Publ. Nauka: 82–94.
- Aleksandrovskiy A.L., Aleksandrovskaya E.I. 2005. Evolyutsiya pochv i geograficheskaya sreda [Soil Evolution and Geographical Environment]. Moscow, Publ. Nauka, 223 p.
- Bek A.N. 2022. The Study of Soil Humus Content in Agrochronological Series Using Ground-Based Tools and Remote Sensing Data. *Regional Geosystems*, 46(2): 210–222 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-2-210-222>
- Borisov A.V., Pinskoy V.N., Krivosheev M.V. 2025. Dynamics of Soil Formation and Sedimentation in the Ravines of the East Don Ridge over the Past Three Thousand Years. *Regional Geosystems*, 49(4): 684–695 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-4-684-695>
- Gennadiev A.N. 1978. Izuchenie pochvoobrazovaniya metodom hronoryadov [Study of soil formation by the method of chronosequences (by the example of soils in the Elbrus Region)]. *Pochvovedenie*, 12: 33–43.
- Goleusov P.V., Lisetskii F.N. 2009. Regeneration of Soils in Anthropogenically Disturbed Landscapes of Foreststeppe Zone. Moscow, Publ. GEOS, 209 p. (in Russian).
- Golyeva A.A., Khokhlova O.S., Engovatova A.V. 2025. Buried Arable Soils and Cultural Layers of Ancient Yaroslavl as a Record of Natural and Anthropogenic Processes. *Eurasian Soil Science*, 58(3): 1–11. <https://doi.org/10.1134/S1064229324604037>
- Demkin V.A., Demkina T.S., Borisov A.V. 2003. Paleopochvovedeniye i arkhologiya: Itogi i perspektivy integratsii [Paleopedology and Archaeology: Results and Integration Prospects]. In: *Ekologiya drevnykh i sovremennykh obshchestv* [Ecology of ancient and modern societies]. Conference reports, Tyumen, 18–22 November 2003. Tyumen, Publ. IPOS SO RAN, Vol. 2: 33–37.
- Dinesman L.G. 1968. Izuchenie istorii biogeotsenozov po noram zhivotnykh [Studying Biogeocenosis History Through Animal Burrows]. Moscow, Publ. Nauka, 100 p.
- Dinesman L.G. 1977. Biogeotsenozy stepey v golotsene [Biogeocenoses of Steepes in the Holocene]. Moscow, Publ. Nauka, 160 p.
- Dinesman L.G., Kiseleva N.K., Knyazev A.V. 1989. Istoriya stepnykh ekosistem Mongolskoy narodnoy respubliki [History of Steppe Ecosystems of the Mongolia People Republic]. Moscow, Publ. Nauka, 215 p.
- Evseyeva N.S., Shpanskiy A.V. 2011. Metody paleogeograficheskikh issledovaniy [Methods of Paleogeographic Research]. Tomsk, Publ. TGU, 253 p.
- Ivanov I.V. 1992. Evolyutsiya pochv stepnoy zony v golotsene [Holocene evolution of steppe zone soils]. Moscow, Publ. Nauka, 143 p.
- Lisetskii F.N., Goleusov P.V., Buryak Zh.A. 2024. Tolerable Soils Erosion Losses and Soil Formation Rates in the Context of Carbon Balance Regulation. *Lomonosov Soil Science Journal*, 79(3): 336–348 (in Russian). <https://doi.org/10.3103/S014768742470025X>
- Malyshev A.V. 2021. Peculiar Properties of Soil Reproduction on Fallow Lands in various Physical and Geographical Conditions of the Belgorod Region. *Regional Geosystems*, 45(1): 40–50 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-1-40-50>
- Chendev Yu.G. 2008. Evolyutsiya lesostepnykh pochv Srednerusskoy vozvysheynosti v golotsene [Evolution of Forest-Steppe Soils of the Central Russian Upland in the Holocene]. Moscow, Publ. GEOS, 212 p.
- Chendev Yu.G., Ivanov I.V. 2021. Paleopochvennye rekonstruktsii v arheologicheskikh landshaftah rechnykh poim lesostepi [Paleosol Reconstructions in Archaeological Landscapes of Forest-Steppe Zone Floodplains]. In: *Pochvi – strategicheskii resurs Rossii* [Soils as Russia's Strategic Resource]. Abstracts of the VIII Congress of the V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists and the School of Young Scientists on Soil Morphology and Classification, Syktyvkar, 2020–2022. Moscow-Syktyvkar, Publ. Institut biologii Komi nauchnogo tsentra Uralskogo otdeleniya: 789–790.
- Chendev Yu., Khokhlova O., Ponomarenko E., Ershova E., Alexandrovskiy A., Myakshina T. 2018. Holocene Environmental and Anthropogenic Changes of Soils and Vegetation in the Central



- Russian Upland: The Case Study in the “Belogorie” Natural Reserve. *Geosciences*, 8(12): 473. <https://doi.org/10.3390/geosciences8120473>
- Hejzman M., Součková K., Křišťuf P., Peška J. 2013. What Questions can be Answered by Chemical Analysis of Recent and Paleosols from the Bell Beaker Barrow (2500–2200 BC), Central Moravia, Czech Republic? *Quaternary International*, 316: 179–189. <https://doi.org/10.1016/J.QUAINT.2013.06.014>
- Rusakov A., Makeev A., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva M., ... Puzanova T. 2019. Paleoenvironmental Reconstruction Based on Soils Buried Under Scythian Fortification in the Southern Forest-Steppe Area of the East European Plain. *Quaternary International*, 502: 197–217. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.016>

Поступила в редакцию 17.07.2025;
поступила после рецензирования 02.12.2025;
принята к публикации 11.02.2026

Received July 17, 2025;
Revised December 02, 2025;
Accepted February 11, 2026

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чендев Юрий Георгиевич, доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Пустовая Ирина Александровна, аспирант кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Трегуб Тамара Федоровна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории биостратиграфии геологического факультета, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yuri G. Chendev, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Nature Management and Land Cadastre, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Irina A. Pustovaya, Postgraduate Student of the Department of Geography, Geocology and Life Safety, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Tamara F. Tregub, Candidate of Geographical Sciences, Chief Researcher, Laboratory of Biostratigraphy, Faculty of Geology, Voronezh State University, Voronezh, Russia



Социально-экономические компоненты геосистем Socio-Economic Components of Geosystems

УДК 911.5/9
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-2
EDN UTTMGQ

Анализ факторов, влияющих на показатель внешней торговли Сибири со странами мира

Шерин Е.А.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
Россия, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
egor-sherin@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена выявлению факторов (группы факторов), оказывающих влияние на величину внешнего товарооборота конкретной страны (региона), в данном случае – Сибири. Обобщив предыдущие исследования, выдвигается гипотеза, что величина совместного товарооборота конкретной страны (региона) прямо пропорциональна величинам валового внутреннего продукта (ВВП) всех стран-контрагентов и обратно пропорциональна расстоянию по ортодромии между демографическими центрами стран-контрагентов и искомой страны (региона). Для обнаружения тесноты связи между показателями использован метод корреляционного анализа. С его помощью определена сила корреляционных связей между величиной внешнеторгового оборота Сибири и величинами ВВП стран-контрагентов, показателями географического расстояния до них, а также с обоими последними показателями вкуче. Наиболее высокую силу связи с величиной внешнеторгового оборота Сибири продемонстрировал показатель, равный отношению величины ВВП стран-контрагентов к близости их демографических центров к сибирскому.

Ключевые слова: внешняя торговля, демографические центры, ортодромия, географическая близость, ВВП, Сибирь

Благодарности: Исследование выполнено при поддержке проекта РНФ № 23-77-10048.

Для цитирования: Шерин Е.А. 2026. Анализ факторов, влияющих на показатель внешней торговли Сибири со странами мира. Региональные геосистемы, 50(1): 149–158. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-2 EDN: UTTMGQ

Analysis of Factors Influencing the Indicator of Siberia's Trade with Foreign Countries

Egor A. Sherin

V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences
1 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia,
egor-sherin@mail.ru

Abstract. The article is devoted to identifying factors (or a group of factors) that influence the value of foreign trade turnover of a specific country (or region), in particular, Siberia. Approaches to determining the geographical proximity of countries are considered. Summarizing previous studies, the author puts forward a

hypothesis that the value of the joint trade turnover of a specific country (or region) is directly proportional to the values of the gross domestic product (GDP) of all counterparty countries and inversely proportional to the orthodromic distance between the demographic centers of the counterparty countries and the desired country (or region). To detect the closeness of the relationship between the indicators, the method of correlation analysis was used, which allowed determining the strength of the correlation between the value of Siberia's foreign trade turnover and the values of the GDP of the counterparty countries, their remoteness, as well as with both of the latter indicators together. The highest strength of the relationship with the value of Siberia's foreign trade turnover was demonstrated by the ratio of the GDP of the counterparty countries to the proximity of their demographic centers to the Siberian one.

Keywords: foreign trade, demographic centers, orthodromy, geographic proximity, GDP, Siberia

Acknowledgements: The study has been supported by the Russian Science Foundation, project No. 23-77-10048.

For citation: Sherin E.A. 2026. Analysis of Factors Influencing the Indicator of Siberia's Trade with Foreign Countries. *Regional Geosystems*, 50(1): 149–158 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-2 EDN: UTTMGQ

Введение

Сибирь занимает огромное (9,69 млн км², более половины территории России) как внутриконтинентальное, так и приморское пространство Северной Азии и имеет протяжённую границу с Тихоокеанской Россией, Европейской Россией и Уралом, а также с зарубежными государствами (сибирский участок государственной границы составляет более трети российской сухопутной границы): Монголией (3 485 км), Казахстаном (2 875 км) и Китаем (1 120 км). Сибирские регионы дают не менее 20 % валового регионального продукта (ВРП) России и с 2022 г. более половины всех поступлений налогов и сборов в федеральный бюджет [Шерин, 2023а, b; 2024].

Сибирь нами рассматривается не в политико-административном толковании, а в русле принятого общегеографического подхода – от Тюменской области (с округами) на западе до Республики Якутия и Забайкальского края на востоке включительно [Безруков, Корытный, 2009]. В связи с практической невозможностью в настоящее время выполнить количественную оценку структуры внешней торговли Сибири из-за закрытия с февраля 2022 г. официальных данных Федеральной таможенной службы России по экспорту и импорту в разрезе стран и отсутствия регионального уровня России в статистических базах стран – торговых партнёров, анализ в работе сделан за 2021 г.

На основе анализа данных таможенных управлений федеральных округов нами определено, что в последние годы на долю Сибири приходится около 1/8 российского внешнеторгового оборота: её удельный вес составлял от 11,23 % в 2020 г. до 12,33 % в 2017 г. Стоимостные показатели внешнего товарооборота сибирских регионов колебались от 63,95 млрд долл. в 2020 г. до 89,14 в 2021 г. Структура товарооборота характеризуется положительным сальдо торгового баланса – доля экспорта в среднем за 5 лет (2017–2021 гг.) составила 82,35 %. Однако необходимо учитывать, что данные показатели занижены, вследствие «прописки» значительной части штаб-квартир вертикально-интегрированных компаний, контролирующих предприятия Сибири, за её пределами (например, в Москве и Санкт-Петербурге) [Безруков, 2018].

Объекты и методы исследования

Первый закон географии гласит: «Всё связано со всем остальным, но близкие вещи связаны больше, чем отдалённые» [Tobler, 1970]. Применительно к внешнеторговому обороту стран и регионов это предопределяет, что географически близкие страны будут

иметь большую величину товарооборота, нежели чем отдалённые. В то же время, закон всемирного тяготения Ньютона гласит: «два тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними» [Newton, 1687]. Применительно к мировой внешней торговле, под аналогом массы тел следует понимать величину валового внутреннего продукта (ВВП) стран. В таком случае, величина внешнеторгового оборота какой-либо страны (региона) должна коррелировать с отношением (математическим делением) величины ВВП страны-контрагента к географическому расстоянию до неё.

Данная формула оказывается близка к гравитационной модели внешней торговли: «при прочих равных условиях внешнеторговый оборот между двумя национальными экономиками тем выше, чем больше их валовый выпуск, и тем ниже, чем больше расстояние между странами» [Tinbergen, 1962]. Принимая во внимание вышеизложенное, мы можем проверить действие данных показателей на примере интенсивности внешней торговли Сибири со странами мира. Говоря иначе, провести анализ зависимости величины совместного товарооборота Сибири и всех стран-контрагентов от отношения величин их ВВП к географическому расстоянию до них. Таким образом, целью работы является анализ факторов, влияющих на показатель внешней торговли Сибири со странами мира, и дальнейший выбор показателя, зависимость величины товарооборота Сибири от которого показала бы самую высокую тесноту связи.

Для обнаружения тесноты связи между показателями использован метод корреляционного анализа. С его помощью определена сила корреляционных связей между величиной внешнеторгового оборота Сибири и величинами ВВП стран-контрагентов, показателями географического расстояния до них, а также с обоими последними показателями вкуче. Кроме того, в рамках работы рассмотрены подходы к определению географической близости стран, в том числе авторский. Для выполнения поставленных задач и цели была составлена база данных из 8 925 перекрёстных показателей сибирских регионов с одной стороны, и стран мира с другой, в трёх разрезах: экспорта, импорта и товарооборота.

Для определения расстояний между территориями использовался центрографический метод, вошедший в науку трудом русского учёного Д.И. Менделеева [Johnston, 1979], а именно метод расчёта демографических центров Сибири и каждой из стран мира. Между существующими формулами подсчёта демографических центров [Менделеев, 1906; Вейнберг, 1915] была выбрана формула Менделеева. Данный метод был выбран, поскольку он оптимально в сравнении с другими показывает расстояния между субъектами.

Так, методы подсчёта расстояний «от границы до границы» или «между пограничными пунктами пропусков», по сути, не позволяют видеть (игнорируют) размеры стран. Например, расстояние между Сибирью (как и Россией) и Китаем при подсчёте такими методами будет равняться нулю (общая граница, смежные пограничные пункты пропуска). Однако данные страны имеют большие площади территорий и их экспортируемые товары не производятся непосредственно у государственных границ. Так, протяжённость поставки самого массового груза железных дорог Сибири – кузнецких углей – наиболее часто используемым железнодорожным маршрутом в место их большего потребления (промышленный пригород Пекина Тяньцзинь) составляет около 5370 км [Шерин, 2024]. Получается, что данные методы игнорируют огромную разницу между 0 и более 5000 км.

Расстояния между столицами стран также зачастую не совпадают с расстояниями между их географическими центрами производства большей части экспортируемой и импортируемой продукции. Расстояния по путям сообщений также большей частью не показательны, так как существующие кратчайшие дороги не всегда массово используются для товарооборота между странами. Кроме того, протяжённые морские пути, вследствие

более дешёвой перевозки товаров морем, чем сушей, используются чаще пусть и более коротких, но затратных сухопутных путей. Например, в случае с Пакистаном, товары из Сибири доставляются не более короткой сухопутной дорогой в столицу Исламабад, а протяжённым морским путём в порт Карачи.

Учёт соседского положения в порядковых рангах представляется наиболее искажающим реальность вследствие кратно различающихся размеров стран, форм их территорий и количества соседствующих государств. К примеру, для России, несмотря на географическую близость, Армения и Республика Корея являются соседями второго порядка, Сербия и Австрия – третьего. При этом, соседями второго порядка будут считаться такие удалённые страны как Вьетнам, Мьянма и, при подсчёте через морских соседей – Мексика.

Выбрав методику, были подсчитаны демографические центры Сибири (определён в пределах Кемеровской области близ границы с Новосибирской областью) и каждой страны мира (рис. 1). Далее методом ортодромии были высчитаны расстояния между демографическим центром Сибири и демографическими центрами каждой из стран мира с ненулевым показателем совместного с регионами Сибири товарооборота в 2021 г.

Методика учёта географической близости между странами (регионами) путём определения их демографических центров и вычислением расстояний между ними методом ортодромии не была встречена в научной литературе (кроме одного случая, где речь идёт о демозкономических центрах [Фартышев, 2016]). В то же время настоящая работа не претендует на совершенствование или уточнение гравитационной модели внешней торговли, этому посвящён огромный пласт зарубежных [Anderson, 1979; Anderson, Wincoop, 2003; Bergstrand, 1985; Baier, Bergstrand, 2009; Deardorff, 1998; Krugman, 1980] и отечественных [Каукин, Идрисов, 2013; Шумилов, 2017] исследований.



Рис. 1. Демографические центры Сибири (выделена зелёным) и стран-контрагентов в 2021 г.
Fig. 1. Demographic centers of Siberia (highlighted in green) and partner countries in 2021

Результаты и их обсуждение

Таким образом, обобщив предыдущие исследования, выдвигается гипотеза, что величина совместного товарооборота конкретной страны (региона) прямо пропорциональна величинам ВВП всех стран-контрагентов и обратно пропорциональна расстоянию по ортодромии между демографическими центрами стран-контрагентов и искомой страны (региона). Для подтверждения или опровержения поставленной гипотезы составлены четыре различные зависимости данных с последующим применением метода корреляционного анализа по отношению к ним.

1. Зависимость величины внешнего товарооборота Сибири от географической близости стран мира, выраженной в расстояниях между демографическими центрами. На первый взгляд, на графике видна отрицательная теснота связи – с уменьшением географической близости падает и величина товарооборота (рис. 2). Так, из 19 стран, совместный с Сибирью товарооборот которых в 2021 г. превышал 1 млрд долл., демографические центры всех (кроме США) находятся в пределах 5,6 млн км от демографического центра Сибири (при максимуме в 16,9 млн км (Чили)). Страны с крайне низкой величиной совместного с Сибирью товарооборота распределены на всём отрезке расстояний от неё, однако страны с высокой величиной товарооборота находятся ближе к Сибири. Тем не менее, произведённые расчёты не показали чёткой корреляции (коэффициент корреляции равен $-0,18$). Исключение из ряда данных значений, близких к нулю, как и учёт лишь стран-лидеров совместного товарооборота, существенно не меняет значение коэффициента корреляции.

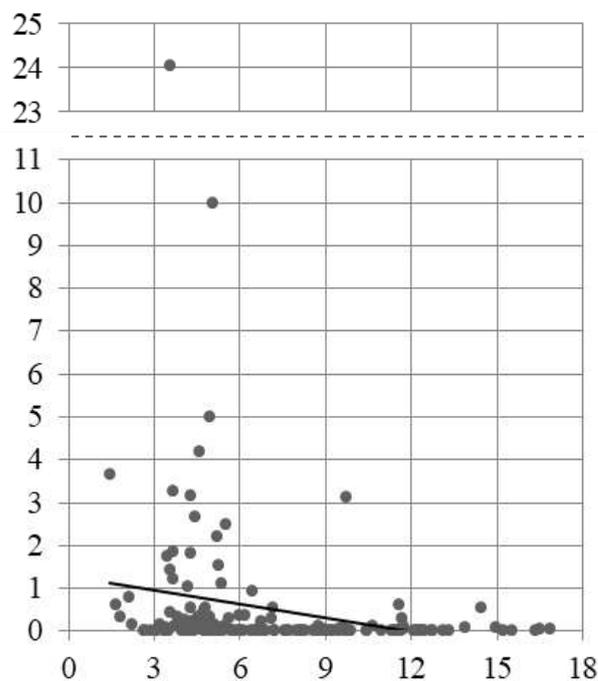


Рис. 2. Зависимость величины товарооборота Сибири и стран мира (млрд долл., ось y) от близости их демографических центров к сибирскому (млн км, ось x)

Fig. 2. Dependence of the value of trade turnover between Siberia and foreign countries (billion dollars, y-axis) on the proximity of their demographic centers to Siberia (million km, x-axis)

2. Зависимость величины товарооборота Сибири и стран мира от близости их демографических центров к сибирскому, сгруппированных по километровым зонам. Группировка стран-контрагентов производилась по километровым зонам близости их демографических центров к сибирскому, то есть в первую группу попали страны с удалённостью от 1 000 до 2 000 км, во вторую – от 2 000 до 3 000 км, и так далее. В итоге были построены две зависимости данных: по суммарным величинам совместного товарооборота в пределах километровых зон и по средним значениям. Корреляционный анализ показал среднюю отрицательную силу взаимосвязи между показателями: коэффициент корреляции по суммарным величинам равен $-0,53$, по средним значениям – $-0,67$ (рис. 3). Таким образом, зонирование стран-контрагентов позволило увидеть большую силу взаимосвязи между показателями по сравнению с анализом всех стран вкуче.

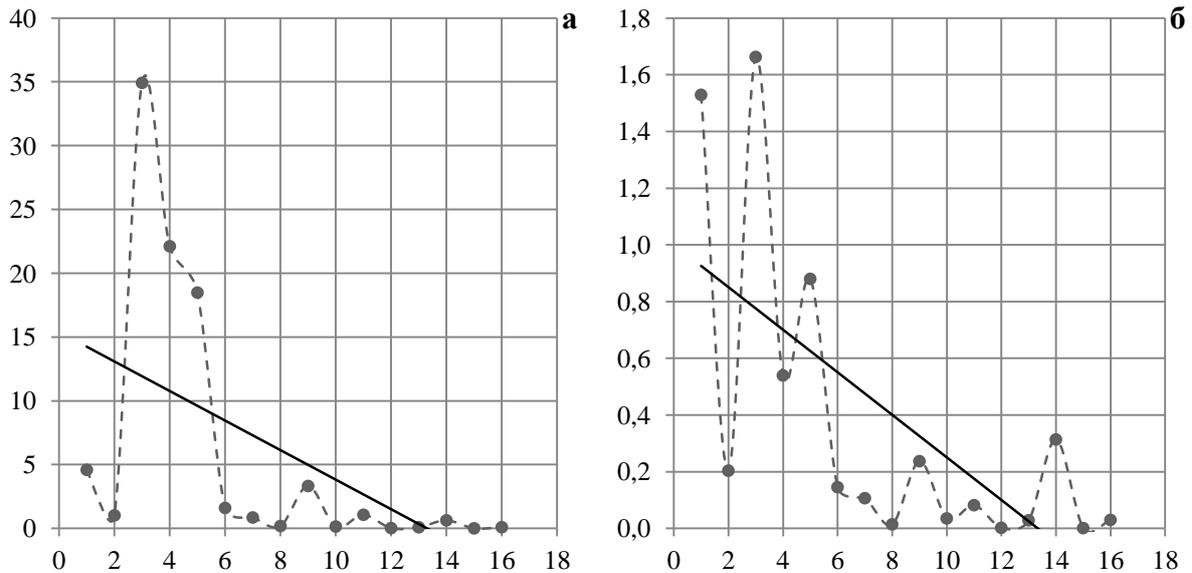


Рис. 3. Зависимость величины товарооборота Сибири и стран мира (млрд долл., ось y) от близости их демографических центров к сибирскому, сгруппированных по километровым зонам (млн км, ось x) (а – суммарные величины, б – средние значения)

Fig. 3. Dependence of the value of trade turnover between Siberia and foreign countries (billion dollars, y -axis) on the proximity of their demographic centers to Siberia, grouped by kilometer zones (million km, x -axis) (a – total values, б – average values).

3. Зависимость величины товарооборота Сибири и стран мира от величины их ВВП. Как и в случае с географической близостью, утверждение, что чем выше показатель ВВП стран-контрагентов, тем выше показатель совместного товарооборота кажется справедливым, однако это нуждается в проверке расчётами. За показатель ВВП стран мира был принят ВВП по номинальному значению (ближе всего к ньютоновскому понятию массы тел, по мнению автора), за источник – расчёты Международного валютного фонда (МВФ), год учитывался тот же, что и для показателей товарооборота – 2021. Однако в результате проведённых расчётов коэффициент корреляции говорит о средней положительной связи – 0,65 (рис. 4).

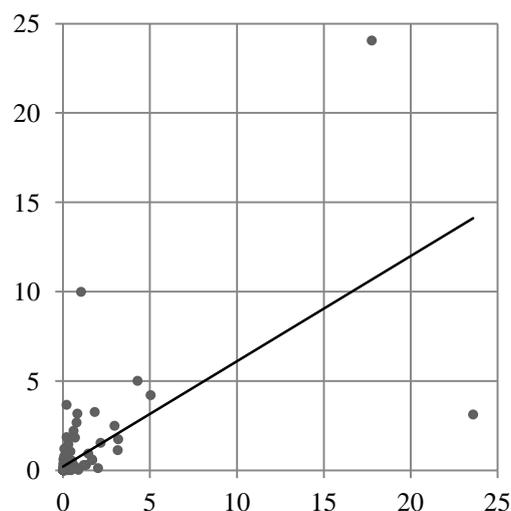


Рис. 4. Зависимость величины товарооборота Сибири и стран мира (млрд долл., ось y) от величины их ВВП (трлн долл., ось x)

Fig. 4. Dependence of the value of trade turnover between Siberia and foreign countries (billion dollars, y -axis) on the value of their GDP (trillion dollars, x -axis)

4. Зависимость величины товарооборота Сибири и стран мира от отношения величины их ВВП к близости их демографических центров к сибирскому. Приведённые выше расчёты выявили средний коэффициент корреляции между величиной внешнего товарооборота Сибири, как с зонами близости демографических центров, так и с величиной ВВП стран-контрагентов. При этом логический анализ подсказывает, что среди некоторых географически близких по отношению к Сибири стран величина совместного товарооборота «проседает» у стран с низким показателем ВВП, в то же время среди географически удалённых – «возрастает» у стран с высоким показателем ВВП. Выполненные расчёты корреляционного анализа исходя из найденного выше принципа математического деления величины ВВП стран-контрагентов на расстояние по ортодромии до их демографических центров выявили наличие высокой тесноты положительной связи между показателями – 0,87 (рис. 5).

Применив в расчётах более простую формулу (отношение величины ВВП стран-контрагентов к их расстоянию до Сибири), далее была опробована формула, приближенная к ньютоновской в виде отношения (математического деления) произведения величин ВВП стран-контрагентов и суммарного ВВП Сибири в числителе с квадратом их расстояния до Сибири в знаменателе. Проведённые расчёты выявили наличие высокой тесноты положительной связи между показателями, коэффициент корреляции оказался равен 0,91. Это самый высокий коэффициент из приведённых в рамках работы расчётов. Таким образом, в обеих формулах получен высокий показатель коэффициента корреляции.

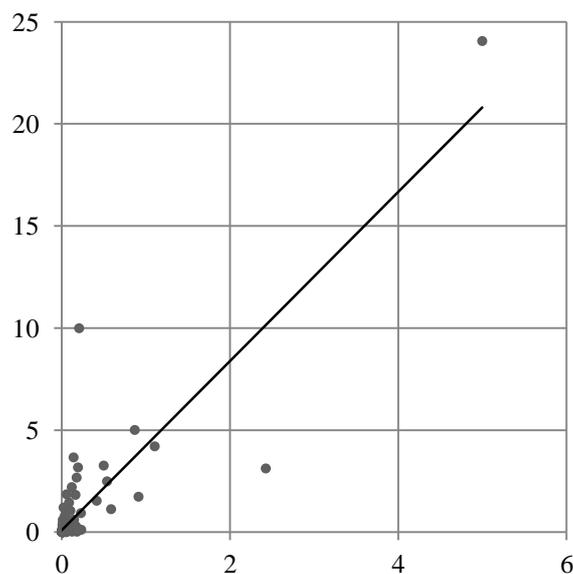


Рис. 5. Зависимость величины товарооборота Сибири и стран мира (млрд долл., ось y) от отношения величины их ВВП к близости их демографических центров к сибирскому (млн долл./км, ось x)

Fig. 5. Dependence of the value of trade turnover between Siberia and foreign countries (billion dollars, y -axis) on the ratio of the value of their GDP to the proximity of their demographic centers to Siberia (million dollars/km, x -axis).

Каждый показанный выше анализ зависимостей данных был построен не только по отношению к внешнему товарообороту Сибири в целом, но также к экспорту и импорту в частности. Однако во всех случаях величина коэффициента корреляции и экспорта и импорта оказалась близка к исходной величине коэффициента товарооборота.

Заключение

Таким образом, основным выводом исследования является то, что величина товарооборота Сибири со странами мира показывает среднюю тесноту связи как с зонами близости демографических центров, так и с величиной ВВП стран-контрагентов, и при этом высокую – с отношением величины ВВП стран-контрагентов к близости их демографических центров к сибирскому.

Безусловно, существует множество прочих факторов, влияющих на величину внешнего товарооборота страны (региона). Например, участие стран в одних и тех же международных интеграционных объединениях (зонах свободной торговли, таможенных союзах), политическая дружелюбность или враждебность стран, наличие общей границы и приграничной торговли, владение населением стран одним и тем же языком делового общения, наличие или отсутствие барьеров для обмена информацией, использование в странах одной и той же валюты, наличие или отсутствие выхода к морю, этническая и культурная близость населения стран либо наличие на их территории диаспор из стран-партнёров, историческая общность стран (нахождение в прошлом в составе одного государства), качество институциональной среды рыночной экономики в анализируемых странах (включая эффективность государственного регулирования, величину транзакционных издержек, политическую стабильность, распространённость коррупции) и прочее. Часть из них можно определить как геополитический фактор.

Применительно к Сибири мы можем констатировать, что геополитический фактор не играл в 2021 г. ведущей роли в её внешней торговле. С мая 2021 г. по октябрь 2022 г. правительством России был сформирован список недружественных государств и территорий. Проанализировав внешнеторговые потоки 16 сибирских регионов с одной стороны и 173 стран-контрагентов в 2021 г. с другой, мы обнаружили, что на страны-контрагенты из списка недружественных государств и территорий в 2021 г. пришлось 52,53 % совместно с Сибирью товарооборота, то есть на 4,5 млрд долл. больше чем на остальные страны. С получением свежих данных после открытия официальных данных Федеральной таможенной службы России по экспорту и импорту в разрезе стран за последние годы, используя показанную в работе формулу, мы сможем проанализировать, насколько геополитический фактор приобрёл вес в показателе внешней торговли Сибири.

Список литературы

- Безруков Л.А. 2018. Институциональный фактор межрегиональных диспропорций в России (на примере Сибири). Региональные исследования, 2(60): 79–89.
- Безруков Л.А., Корытный Л.М. 2009. Роль территории Сибири в экономическом развитии России. География и природные ресурсы, 3: 22–30.
- Вейнберг Б.П. 1915. Положения центра поверхности России от начала княжества Московского до настоящего времени: положения центра населённости России с 1613 по 1913 г. Петроград, Типография М.М. Стасюлевича, 44 с.
- Каукин А., Идрисов Г. 2013. Гравитационная модель внешней торговли России: случай большой по площади страны с протяжённой границей. Экономическая политика, 4: 133–154.
- Менделеев Д.И. 1906. К познанию России. СПб., Изд-во Суворина, 156 с.
- Фартышев А.Н. 2016. Удалённость демографических и экономических центров от соседей как критерий их геополитического положения (на примере России и Сибири). Интернет-журнал «Науковедение», 8(5): 1–14.
- Шерин Е.А. 2023а. Внешнеторговое сотрудничество Монголии и сибирских регионов. Географический вестник, 1(64): 44–51. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2023-1-44-51>
- Шерин Е.А. 2023б. Внешнеторговое сотрудничество Казахстана и сибирских регионов. ЭКО, 6(588): 137–151. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2023-6-137-151>

- Шерин Е.А. 2024. Внешнеторговое сотрудничество Китая и сибирских регионов. *Мировая экономика и международные отношения*, 68(5): 81–90. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2024-68-5-81-90>
- Шумилов А.В. 2017. Оценивание гравитационных моделей международной торговли: обзор основных подходов. *Экономический журнал Высшей школы экономики*, 2(21): 224–250.
- Anderson J.E. 1979. A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. *American Economic Review*, 69(1): 106–116.
- Anderson J.E., van Wincoop E. 2003. Gravity with Gravitas: a Solution to the Border Puzzle. *American Economic Review*, 93(1): 170–192. <https://doi.org/10.1257/000282803321455214>
- Baier S., Bergstrand J. 2009. Bonus Vetus OLS: a Simple Method for Approximating International Trade-Cost Effects. *Journal of International Economics*, 77(1): 77–85.
- Bergstrand J.H. 1985. The Gravity Equation in International Trade: Some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence. *Review of Economics and Statistics*, 67(3): 474–481.
- Deardorff A.V. 1998. Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neoclassical World? In: *The regionalization of the world economy*. University of Chicago Press: 7–32.
- Johnston R.J. 1979. *Geography and Geographers: Anglo-American Human Geography Since 1945*. London, Edward Arnold, 357 p.
- Krugman P. 1980. Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade. *The American Economic Review*, 70(5): 950–959.
- Newton I. 1687. *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. London, Jussu Societatis Regiæ ac typis Josephi Streater, 590 p.
- Tinbergen J. 1962. *Shaping the World Economy*. New York, Twentieth Century Fund, 330 p.
- Tobler W.R. 1970. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 46: 234–240.

References

- Bezrukov L.A. 2018. Institutional Factor of Interregional Imbalances in Russia (Through the Example of Siberia). *Regional'nye issledovaniya*, 2(60): 79–89 (in Russian).
- Bezrukov L.A., Korytny L.M. 2009. Role of Siberia's Territories in the Economic Development of Russia. *Geography and Natural Resources*, 30(3): 229–235 (in Russian). <https://doi.org/10.1016/j.gnr.2009.09.005>.
- Weinberg B.P. 1915. *Polozheniya tzentra poverhnosty Rossii ot nachala knyazhestva Moskovskogo do nastoyazhego vremeni: polozhenie tzentra naseleynosti Rossii s 1613 po 1913 g.* [Positions of the Center of the Surface of Russia from the Beginning of the Moscow Principality to the Present Time: Positions of the Center of Population of Russia from 1613 to 1913]. Petrograd, Publ. M.M. Stasyulevich's, 44 p.
- Kaukin A., Idrisov G. 2013. Gravitatsionnaya model vneshney torgovli Rossii: sluchay bolshoy po ploshchadi strany s protyazhennoy granitsey [The gravity model of Russian foreign trade: case of a country with large area and long border]. *Economic Policy*, 4: 133–154.
- Mendelev D.I. 1906. *K poznaniyu Rossii* [Towards the knowledge of Russia]. St. Petersburg, Publ. Suvorina, 156 p.
- Fartyshev A.N. 2016. Remoteness of Demographical and Economical Centers to Neighbours as Criteria of Its Geopolitical Position in Example of Russia and Siberia. *Internet magazine "Naukovedenie"*, 8(5): 1–14 (in Russian).
- Sherin E.A. 2023a. Foreign Trade Cooperation between Mongolia and Siberian Regions. *Geographical Bulletin*, 1(64): 44–51 (in Russian). <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2023-1-44-51>
- Sherin E.A. 2023b. Foreign trade cooperation between Kazakhstan and Siberian regions. *ECO*, 6(588): 137–151 (in Russian). <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2023-6-137-151>
- Sherin E.A. 2024. Foreign trade cooperation between China and Siberian regions. *World Economy and International Relations*, 68(5): 81–90 (in Russian). <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2024-68-5-81-90>
- Shumilov A.V. 2017. Estimating Gravity Models of International Trade: a Survey of Methods. *The HSE Economic Journal*, 2(21): 224–250 (in Russian).
- Anderson J.E. 1979. A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. *American Economic Review*, 69(1): 106–116.



- Anderson J.E., van Wincoop E. 2003. Gravity with Gravitas: a Solution to the Border Puzzle. *American Economic Review*, 93(1): 170–192. <https://doi.org/10.1257/000282803321455214>
- Baier S., Bergstrand J. 2009. Bonus Vetus OLS: a Simple Method for Approximating International Trade-Cost Effects. *Journal of International Economics*, 77(1): 77–85.
- Bergstrand J.H. 1985. The Gravity Equation in International Trade: Some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence. *Review of Economics and Statistics*, 67(3): 474–481.
- Deardorff A.V. 1998. Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neoclassical World? In: *The regionalization of the world economy*. University of Chicago Press: 7–32.
- Johnston R.J. 1979. *Geography and Geographers: Anglo-American Human Geography Since 1945*. London, Edward Arnold, 357 p.
- Krugman P. 1980. Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade. *The American Economic Review*, 70(5): 950–959.
- Newton I. 1687. *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. London, Jussu Societatis Regiæ ac typis Josephi Streater, 590 p.
- Tinbergen J. 1962. *Shaping the World Economy*. New York, Twentieth Century Fund, 330 p.
- Tobler W.R. 1970. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 46: 234–240.

*Поступила в редакцию 10.04.2025;
поступила после рецензирования 04.06.2025;
принята к публикации 21.09.2025*

*Received April 10, 2025;
Revised June 04, 2025;
Accepted September 21, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Шерин Егор Александрович, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории георесурсоведения и политической географии, Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Egor A. Sherin, Candidate of Geographical Sciences, Researcher, Laboratory of Georesources Science and Political Geography, V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia



УДК 550.4:911.8(470.19)
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-3
EDN UZCOMF

Региональная геоэкологическая оценка территории Брянской области для развития лечебно-оздоровительного туризма

Кузьмин В.О., Москаленко О.П.

Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского,
Россия, 241036, Брянск, ул. Бежицкая, 14
kuporod@yandex.ru, asik54@mail.ru

Аннотация. Развитие лечебно-оздоровительного туризма в регионах направлено на решение сформулированных в Государственной программе РФ «Развитие туризма» задач повышения доступности туристского продукта, создания условий для отдыха и оздоровления всех категорий граждан. Опыт организации сети санаторно-оздоровительных учреждений в Брянской области, природные богатства региона и возрастающий спрос на услуги данного профиля выступают фактором дальнейшего развития индустрии лечебно-оздоровительного туризма (ЛОТ) на Брянщине. В научной литературе представлены многочисленные примеры комплексных геоэкологических оценок территории, их субъектность вариативна, однако имеют место лишь единичные примеры комплексных оценок, выполненных с позиции развития ЛОТ. Целью данной работы является обоснование авторского подхода к методике геоэкологической оценки и выполнение интегральной геоэкологической оценки территории Брянской области для развития ЛОТ. В работе использован картографо-статистический метод с учётом авторского подхода к расчёту балльной оценки. В результате дано обоснование методики оценки, выполнена интегральная геоэкологическая оценка территории Брянской области, выявлены наиболее перспективные районы для развития ЛОТ. Вклад в науку состоит в развитии региональных геоэкологических исследований с учётом обоснования авторского подхода к методике геоэкологической оценки территории для развития ЛОТ на примере Брянской области.

Ключевые слова: геоэкологическая оценка, лечебно-оздоровительный туризм, компоненты геосреды, экологическая ситуация, Брянская область

Для цитирования: Кузьмин В.О., Москаленко О.П. 2026. Региональная геоэкологическая оценка территории Брянской области для развития лечебно-оздоровительного туризма. Региональные геосистемы, 50(1): 159–171. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-3 EDN: UZCOMF

Regional Geoecological Assessment of the Bryansk Region for the Development of Health and Wellness Tourism

Valentin O. Kuzmin, Olga P. Moskalenko

Bryansk State Academician I.G. Petrovski University,
14 Bezhitskaya St., Bryansk, 241036, Russia
kuporod@yandex.ru, asik54@mail.ru

Abstract. The development of health and wellness tourism in regions is aimed at improving the accessibility of tourism products and creating conditions for recreation and health improvement for all categories of citizens, as outlined in the “Tourism Development” State Program of the Russian Federation. The experience of organizing a network of health and wellness facilities in the Bryansk region, the region's natural resources, and the growing demand for these services are driving the further development of the health and wellness tourism (HWT) industry in the territory under study. The

scientific literature provides numerous examples of comprehensive geoecological assessments of territories. Their subjectivity varies; however, there are only a few examples of comprehensive assessments conducted from the perspective of HWT development. The aim of this paper is to substantiate the authors' approach to the geoecological assessment methodology and to provide an integrated geoecological assessment of the territory of the Bryansk region for HWT development. The study utilized a cartographic and statistical method, taking into account the authors' approach to calculating the scoring system. As a result, the assessment methodology was substantiated, an integrated geoecological assessment of the Bryansk region was provided, and the most promising areas for HWT development were identified. This contribution to science consists in advancing regional geoecological research, taking into account the authors' rationale for the methodology of geoecological assessment of the territory for HWT development, using the Bryansk region as an example.

Keywords: geoecological assessment, health and wellness tourism, components of the geo-environment, ecological situation, Bryansk region

For citation: Kuzmin V.O., Moskalenko O.P. 2026. Regional Geoecological Assessment of the Bryansk Region for the Development of Health and Wellness Tourism. *Regional Geosystems*, 50(1): 159–171 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-3 EDN: UZCOMF

Введение

С середины прошлого века проблемы экологического состояния среды вышли за пределы естественно-научных исследований, стали объектом пристального внимания не только географов, экологов, но и экономистов, политиков, общественных деятелей. Широкое использование термина «геоэкология» привело к тому, что В.Т. Трофимов [2009] назвал «многоликость понимания содержания геоэкологии», в числе выделенных шести парадоксов современной экологии он отмечает «различные взгляды на проблему изучения воздействия природных и антропогенных факторов на экосистемы». Рассматривая геоэкологию как науку о современном и будущем состоянии окружающей среды, Л.Л. Розанов [2015] подчёркивает многовариативность субъекта от уровня всего человечества до объектов производственной деятельности. В данном случае в качестве субъекта выступает лечебно-оздоровительный туризм (ЛОТ) на региональном уровне.

Развитие туризма является одним из факторов современной трансформации территориальной и отраслевой структуры регионов. Выраженной тенденцией к росту отличается востребованность получения лечебно-оздоровительных услуг. В решении этой проблемы определённая роль отводится развитию ЛОТ регионов в соответствии с Государственной программой РФ «Развитие туризма» [Государственная программа..., 2021].

В отечественной и зарубежной научной литературе имеет место широкий спектр исследований теоретических и методологических проблем лечебно-оздоровительного туризма. Поездки, основной целью которых являются любые формы улучшения здоровья в сочетании с отдыхом и развлечением, рассматриваются как ЛОТ [Ветитнев и др., 2012]. В.С. Орлова и А.А. Щербакова [2014] указывают на неразработанность типологии ЛОТ, отмечая, что лечение и оздоровление определяют разновидности ЛОТ: медицинский и санаторно-курортный. С.Л. Мазокина [2014] в структуре ЛОТ выделяет лечебный и оздоровительный туризм в зависимости от доли лечебной составляющей программы. В зарубежной литературе рассматривается индустрия медицинского туризма, представляющая новый вид деятельности, где сочетаются медицина и туризм [Sun, 2018]. В сложившейся ситуации многие страны разрабатывают национальную модель оздоровительного туризма [Feng et al., 2021].

Анализ литературных источников показывает, что многообразие формулировок понятий («оздоровительный туризм», «лечебный туризм», «санаторно-курортный туризм», «холистический туризм», «медицинский туризм», «велнес-туризм», «медицинский клинический туризм», «медицинский курортный туризм», «лечебно-оздоровительный туризм» и др.) отражает приоритетные направления исследований в каждом конкретном случае. При всём многообразии подходов к определению ЛОТ объединяющим является пребывание рекреантов за пределами мест проживания, получение комплекса услуг, отвечающим целям поездки, в сочетании с предоставлением дополнительных рекреационных услуг, в т. ч. экскурсионного обслуживания.

Условия реализации этих функций необходимо учитывать при оценке территории для развития ЛОТ. Туристская привлекательность региона, результативность в достижении целей лечебно-оздоровительного туризма в большой степени предопределяются геоэкологической ситуацией территории. Целью нашей работы является обоснование методики и выполнение геоэкологической оценки территории Брянской области для развития ЛОТ.

Объекты и методы исследования

Объект данного исследования – Брянская область. Предмет – региональная геоэкологическая оценка территории области для развития ЛОТ. Брянская область относится к старопромышленным регионам, территория которой обладает рекреационным потенциалом и наличием лечебно-оздоровительных организаций [Официальный туристический портал ..., 2025]. В 2023 г. Брянщина занимала седьмое место в ЦФО по числу мест в санаторно-курортных организациях. Но в последние годы в туристическом рейтинге России область потеряла семь позиций, переместившись на 61 место [Национальный туристический..., 2024], что в немалой степени связано с проблемами приграничных территорий. В перспективе роль местных лечебно-оздоровительных учреждений будет возрастать в связи с потребностями реабилитации и оздоровления.

Аналитический обзор литературы показал многообразие подходов к определению параметров и методики геоэкологической оценки с применением качественных и количественных характеристик.

Использование балльных оценок комфортности среды имеет достаточно широкое распространение. Шкала баллов при оценке отдельных компонентов отражает дифференциацию признака. Например, для эколого-геоморфологической оценки территории Ю.О. Кочеткова [2010] использовала шкалу отношений, сущность которой состоит в наличии «твёрдо фиксированного нуля, который означает полное отсутствие или экстремальное проявление какого-либо свойства или признака». В оценочной шкале балл может задаваться как процент от максимального значения. Выбор шкалы определяется в зависимости от цели оценки [Середовских, Исыпов, 2024].

Для оценки степени климатического комфорта может использоваться медицинская классификация погод [Оборин и др., 2014]. Количественные оценки комфортности климата выражаются различными индексами. Например, индекс температуры и влажности, рассчитанный по данным средних значений за определённый период, индекс энергоэффективности, который учитывает среднесуточные значения температуры, скорости ветра и продолжительности солнечного сияния [Yuan et al., 2021].

В числе критериев при выборе показателей, по которым следует оценивать экологическую ситуацию, С.Ф. Табаров [2022] наряду с научной обоснованностью

отмечает простоту истолкования, доступность. При этом используемые индикаторы объединяются в итоговый индекс.

Изучение и обобщение опыта региональных исследований направлено на формирование авторского подхода определения и обоснования параметров геоэкологической оценки территории для развития ЛОТ. Оценка всегда имеет объективно-субъективный характер. Поэтому определяющее значение при разработке параметров критериев оценки имеет её целевое назначение, направленное на обеспечение медико-социальных функций ЛОТ.

В данной работе метод балльных оценок использован для определения пространственных характеристик нозологической и экологической ситуаций. Результаты оценки компонентов, формирующих ландшафтную привлекательность, отражены на картосхемах, построенных на основе картометрических работ с применением ГИС-технологий.

Информационную базу для биоклиматического районирования области составляют материалы электронного научно-прикладного справочника «Климат России» (технология управления данными АИСОРИ-М). Обобщённая характеристика погодно-климатических условий представлена определением медицинских типов погод по методике, разработанной И.И. Григорьевым [2000].

В основе предлагаемой авторами методики геоэкологической оценки региона лежит представление о геоэкологической ситуации как результате сочетания качеств природных компонентов (климатических условий, особенностей рельефа, залесённости территории, ландшафтного разнообразия) и результатов антропогенного воздействия на компоненты природной среды.

Эстетический потенциал ландшафта рассматривается как рекреационный ресурс территории. Наиболее важным фактором, определяющим пейзажную выразительность, является характер рельефа. Образ территории, её привлекательность формируются сочетанием орографических особенностей, наличием лесных массивов, ландшафтным разнообразием [Кочуров, Бучацкая, 2007]. На первом этапе выполняется балльная оценка природных компонентов на основании ранжирования территориальных единиц по показателям лесистости, вертикальной расчленённости рельефа, пестроты ландшафтной структуры. Величины балльных оценок прямо пропорциональны значениям этих показателей как определяющих степень привлекательности местности, выражающуюся в разнообразии природных условий.

Для оценки территориального сочетания этих элементов использован показатель ландшафтной привлекательности. Оценка ландшафтной привлекательности территории района (LPT_n) не является простой суммой балльных оценок отдельных компонентов. Это связано с грубым приближением балльных оценок на базе ранжирования территории по конкретному показателю. При ранжировании все значения разбиваются на определённые интервалы, но достаточно часто значения, входящие в один интервал, различаются между собой больше, чем со значением соседнего интервала. В первую очередь это касается значений, расположенных вблизи границ интервалов.

Поэтому целесообразно ввести поправочный коэффициент, назовём его коэффициентом концентрации явления (K_{i_n}), который вычисляется как отношение плотности i -го явления в отдельном контуре к среднеобластному показателю плотности этого явления:

$$K_{i_n} = P_{i_n} / P_{i_{cp}} \quad (1)$$

где K_{i_n} – коэффициент концентрации i -го явления в n -ом контуре; P_{i_n} – плотность (интенсивность) i -го явления в n -ом контуре; $P_{i_{cp}}$ – среднеобластной показатель плотности (интенсивность) i -го явления.

В районах, где $K_{i_n} > 1$, исследуемое явление более выражено, и в результате умножения рангового балла на коэффициент концентрации i -го явления в n -ом контуре районы из одного ранжированного интервала будут количественно различимы.

Расчёт показателя ландшафтной привлекательности территории в районе ($ЛПТ_n$) учитывает оценку рельефа, лесистости и контрастность ландшафтов:

$$ЛПТ_n = B_p \times K_p + B_l \times K_l + B_d \times K_d \quad (2)$$

где B_p – балл оценки вертикального расчленения рельефа по результатам ранжирования в n -ном контуре; K_p – коэффициент концентрации вертикального расчленения рельефа в n -ном контуре; B_l – балл оценки лесистости по результатам ранжирования в n -ном контуре; K_l – коэффициент концентрации лесистости в n -ном контуре; B_d – балл оценки пестроты ландшафта по результатам ранжирования в n -ном контуре; K_d – коэффициент концентрации пестроты ландшафтной структуры в n -ном контуре.

Оценка экологического состояния ($ОЭС_n$) учитывает показатели загрязнения водных объектов, радиационного фона. Показатели детской заболеваемости учитываются как один из приоритетных критериев, характеризующих напряжённость медико-демографической ситуации [Куролап и др., 2019]. В качестве компонентов $ОЭС_n$ территориальной единицы рассматриваются значения концентраций химического и микробиологического загрязнения водоёмов. Балльная оценка территориальных единиц отражает уровни концентрации поллютантов.

Одним из базовых индексов антропогенной нагрузки является общая детская заболеваемость [Межова и др., 2021]. Для ранжирования муниципальных районов по степени напряжённости медико-экологической ситуации и распределения баллов используются среднегодовые показатели детской заболеваемости за пять лет.

Лимитирующим фактором рекреационной привлекательности территории является радиационное загрязнение в результате аварии на ЧАЭС.

$ОЭС_n$ вычисляем, умножая балл оценки района по результатам ранжирования на величину обратную коэффициенту концентрации по формуле (3):

$$ОЭС_n = 1 / K_x \times B_x + 1 / K_m \times B_m + 1 / K_z \times B_z \quad (3)$$

где K_x – коэффициент концентрации химического загрязнения водоёмов в n -ном контуре; B_x – балл оценки концентрации химического загрязнения водоёмов по результатам ранжирования в n -ном контуре; K_m – коэффициент концентрации микробиологического загрязнения водоёмов в n -ном контуре; B_m – балл оценки концентрации микробиологического загрязнения водоёмов по результатам ранжирования в n -ном контуре; K_z – коэффициент концентрации заболеваемости детского населения в n -ном контуре; B_z – балл оценки концентрации заболеваемости детского населения по результатам ранжирования в n -ном контуре.

Интегральная геоэкологическая оценка территории для развития ЛОТ представляет собой совокупность благоприятствующих и лимитирующих факторов. Интегральная геоэкологическая оценка n -го района ($Игэо$) является суммой оценок ландшафтной привлекательности ($ЛПТ_n$) и экологического состояния ($ОЭС_n$) с учётом наличия природного лечебного фактора ($Блф_n$) и радиационного загрязнения ($Брз_n$) и вычисляется по формуле (4):

$$Игэо = ЛПТ_n + ОЭС_n + Блф_n - Брз_n \quad (4)$$

Картосхемы, отражающие распределение покомпонентных и интегральных оценок геоэкологической ситуации для развития ЛОТ, построены средствами приложения *QGIS*.

Результаты и их обсуждение

Предложенный вариант авторской методики геоэкологической оценки территории региона для развития ЛОТ использован при оценке территории Брянской области.

Комфортность погодных условий определена с учётом суточной амплитуды атмосферного давления, суточной амплитуды температуры воздуха, средней минимальной относительной влажности воздуха, средней максимальной суточной скорости ветра и годовой суммы осадков [Научно-прикладной справочник..., 2025]. С учётом среднепороговой метеочувствительности человека территория Брянщины относится к биоклиматическому району относительно благоприятных погод.

Особенности рельефа предопределяют пейзажное разнообразие и одновременно формируют ресурсную базу для развития ЛОТ [Кузьмин, Москаленко, 2024]. Брянская область расположена в месте сочленения четырёх крупных орографических структур: Приднепровской и Полесской низменностей, Среднерусской и Смоленско-Московской возвышенностей. В качестве параметра для оценки рельефа используется степень расчленённости, вычисленная по результатам картометрических работ. Полученные значения ранжированы с интервалом $0,25 \text{ км}^2$. Таким образом, выделены шесть градаций балльной оценки (рис. 1).

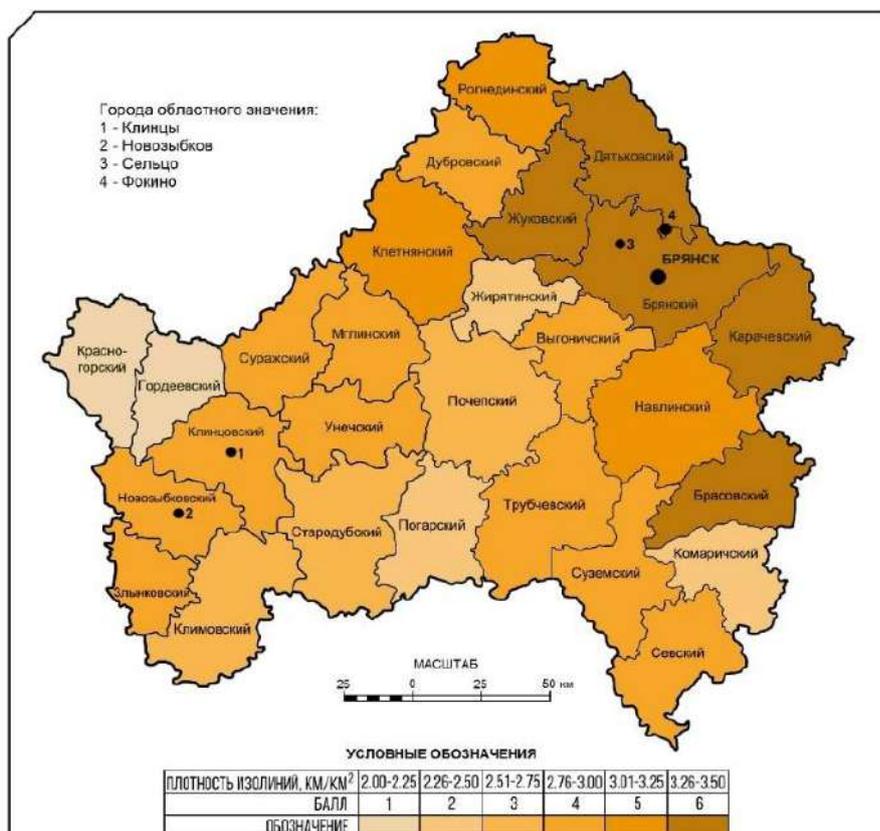


Рис. 1. Дифференциация вертикального расчленения рельефа на территории Брянской области
Fig. 1. Differentiation of vertical dissection of relief in the Bryansk region

Формирование благоприятного микро- и мезоклимата в большой степени обусловлено наличием лесов. В качестве параметра оценки лесных массивов использованы данные лесистости районов: отношения площади леса к общей площади территориальной единицы. При ранжировании результатов с интервалом 20 % выделены четыре градации балльной оценки (рис. 2).

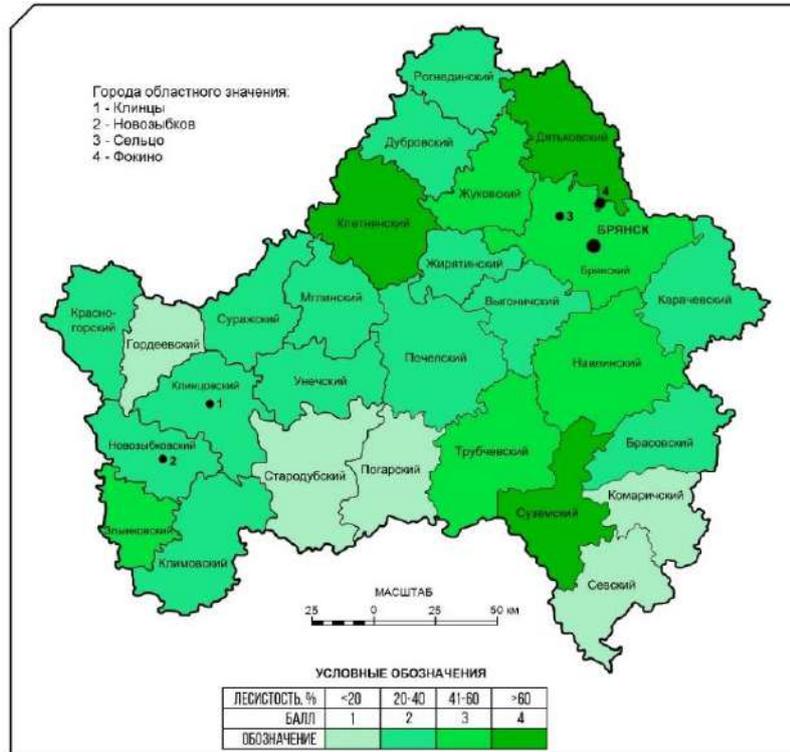


Рис. 2. Дифференциация лесистости территории Брянской области
 Fig. 2. Differentiation of forest covers in the Bryansk region

Для рекреантов первостепенное значение имеет эстетическая форма восприятия ландшафта, наиболее привлекательные местности, отличающиеся пейзажным разнообразием. В большой степени смену пейзажей на площадях в пределах пешеходной доступности создаёт речная сеть. Поэтому контрастность ландшафтной структуры выражена показателем доли речных долин в общей площади района (рис. 3).

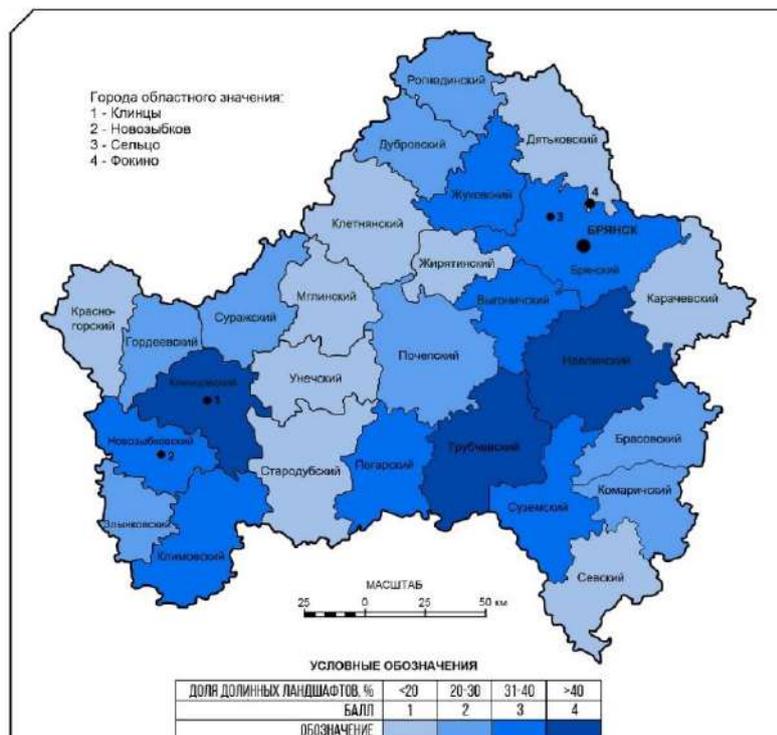


Рис. 3. Доля долинных ландшафтов в площади муниципальных районов
 Fig. 3. The share of valley landscapes in the area of municipal districts

Результаты вычисления показателей, определяющих ландшафтную привлекательность территории для каждого муниципального района, представлены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Вычисление показателей, определяющих ландшафтную привлекательность территории в муниципальных районах Брянской области
Calculation of indicators determining the landscape attractiveness of the territory in municipal districts of the Bryansk region

Район	Лесистость			Рельеф			Ландшафтная пестрота		
	балл B_l	K_l	$B_l \times K_l$	балл B_p	K_p	$B_p \times K_p$	балл B_o	K_o	$B_o \times K_o$
Брасовский	2	0,8	1,6	6	1,2	7,2	2	0,9	1,8
Брянский	3	1,6	4,8	6	1,1	6,6	3	1,2	3,6
Выгоничский	2	1,1	2,2	5	1,1	5,5	3	1,2	3,6
Гордеевский	1	0,2	0,2	1	0,7	0,7	2	1,1	2,2
Дубровский	2	0,8	1,6	4	1,0	4,0	2	0,8	1,6
Дятьковский	4	2,0	8,0	6	1,2	7,2	1	0,7	0,7
Жирятинский	2	0,7	1,4	2	0,8	1,6	1	0,7	0,7
Жуковский	3	1,5	4,5	6	1,2	7,2	3	1,1	3,3
Злынковский	3	1,2	3,6	4	1,0	4,0	2	0,9	1,8
Карачевский	2	1,1	2,2	6	1,1	6,6	1	0,5	0,5
Клетнянский	4	1,9	7,6	5	1,1	5,5	1	0,8	0,8
Климовский	2	0,8	1,6	2	0,9	1,8	3	1,2	3,6
Клинцовский	2	0,9	1,8	4	1,0	4,0	4	1,6	6,4
Комаричский	1	0,3	0,3	2	0,9	1,8	2	1,1	2,2
Красногорский	2	0,7	1,4	1	0,8	0,8	1	0,7	0,7
Мглинский	2	1,0	2,0	4	1,0	4,0	1	0,7	0,7
Навлинский	3	1,7	5,1	5	1,1	5,5	4	1,6	6,4
Новозыбковский	2	0,7	1,4	4	1,0	4,0	3	1,2	3,6
Погарский	1	0,4	0,4	2	0,8	1,6	3	1,2	3,6
Почепский	2	0,7	1,4	3	0,9	2,7	2	0,9	1,8
Рогнединский	2	1,0	2,0	5	1,1	5,5	2	1,0	2,0
Севский	1	0,5	0,5	4	1,0	4,0	1	0,7	0,7
Стародубский	1	0,5	0,5	3	0,9	2,7	1	0,6	0,6
Суземский	4	1,7	6,8	4	1,0	4,0	3	1,2	3,6
Суражский	2	0,7	1,4	4	1,0	4,0	2	1,1	2,2
Трубчевский	3	1,3	3,9	4	1,0	4,0	4	1,8	7,2
Унечский	2	1,1	2,2	4	1,0	4,0	1	0,6	0,6

Интегральная геоэкологическая оценка территории Брянской области для развития ЛОТ включает значения ландшафтной привлекательности (ЛПТ), вычисленные по формуле 2, и оценки экологического состояния ($ОЭС_n$), вычисленные по формуле 3.

На заключительном этапе использования предложенной методики геоэкологической оценки территории для развития ЛОТ вводятся дополнительные баллы при наличии природных лечебных ресурсов, в данном случае учитывается наличие источников минеральных вод и их дебит ($Блф_i$). Баллы рассчитываются прямо пропорционально суммарному дебиту источников. На конечную оценку влияет радиационная составляющая качества среды в районе ($Брз_i$) [Природные ресурсы..., 2025]. Интегральная геоэкологическая оценка территории ($Игэо$) вычислена по формуле 4. Результаты вычисления $Игэо$ территории каждого муниципального района представлены в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Вычисление интегральной геоэкологической оценки территории Брянской области
для развития ЛОТ
Calculation of the integrated geoeological assessment of the territory of the Bryansk region
for the development of HWT

Район	<i>ЛПТ</i>	<i>ОЭС</i>	<i>Блф_i</i>	<i>Брз_i-</i>	<i>Игэо</i>
Брасовский	10,6	8,2	–	–	18,8
Брянский	15,0	4,7	3	–	22,7
Выгоничский	11,3	7,2	–	–	18,5
Гордеевский	3,1	8,4	–	–2	9,5
Дубровский	7,2	6,2	–	–	13,4
Дятьковский	15,9	6,4	–	–	22,3
Жирятинский	3,7	6,1	–	–	9,8
Жуковский	15,0	6,1	0,1	–	21,2
Злынковский	9,4	5,2	–	–3	11,6
Карачевский	9,3	5,7	–	–	15,0
Клетнянский	13,9	5,7	–	–	19,6
Климовский	7,0	4,2	–	–	11,2
Клинцовский	12,2	6,9	1,8	–2	18,9
Комаричский	4,3	6,4	–	–	10,7
Красногорский	2,9	6,2	–	–3	6,1
Мглинский	6,7	8,0	–	–	14,7
Навлинский	17,0	6,4	0,1	–	23,5
Новozyбковский	9,0	7,4	–	–3	13,4
Погарский	5,6	7,0	–	–	12,6
Почепский	5,9	5,4	0,6	–	11,9
Рогнединский	9,5	6,8	–	–	16,3
Севский	5,2	6,0	–	–	11,2
Стародубский	3,8	8,0	–	–	11,8
Суземский	14,4	3,2	–	–	17,5
Суражский	7,6	8,0	1,2	–	16,8
Трубчевский	15,1	3,4	–	–	18,5
Унечский	6,8	7,0	1,0	–	14,8

Целью геоэкологического подхода оценки туристско-рекреационного потенциала региона по определению Е.О. Ушаковой и М.Е. Цой [2017] является геоэкологическое зонирование и мониторинг загрязнения среды. В зависимости от вида ресурса определяются методы его оценки и характеристики. В нашей работе территориальная дифференциация геоэкологической ситуации представлена картограммой интегральной геоэкологической оценки (рис. 4).

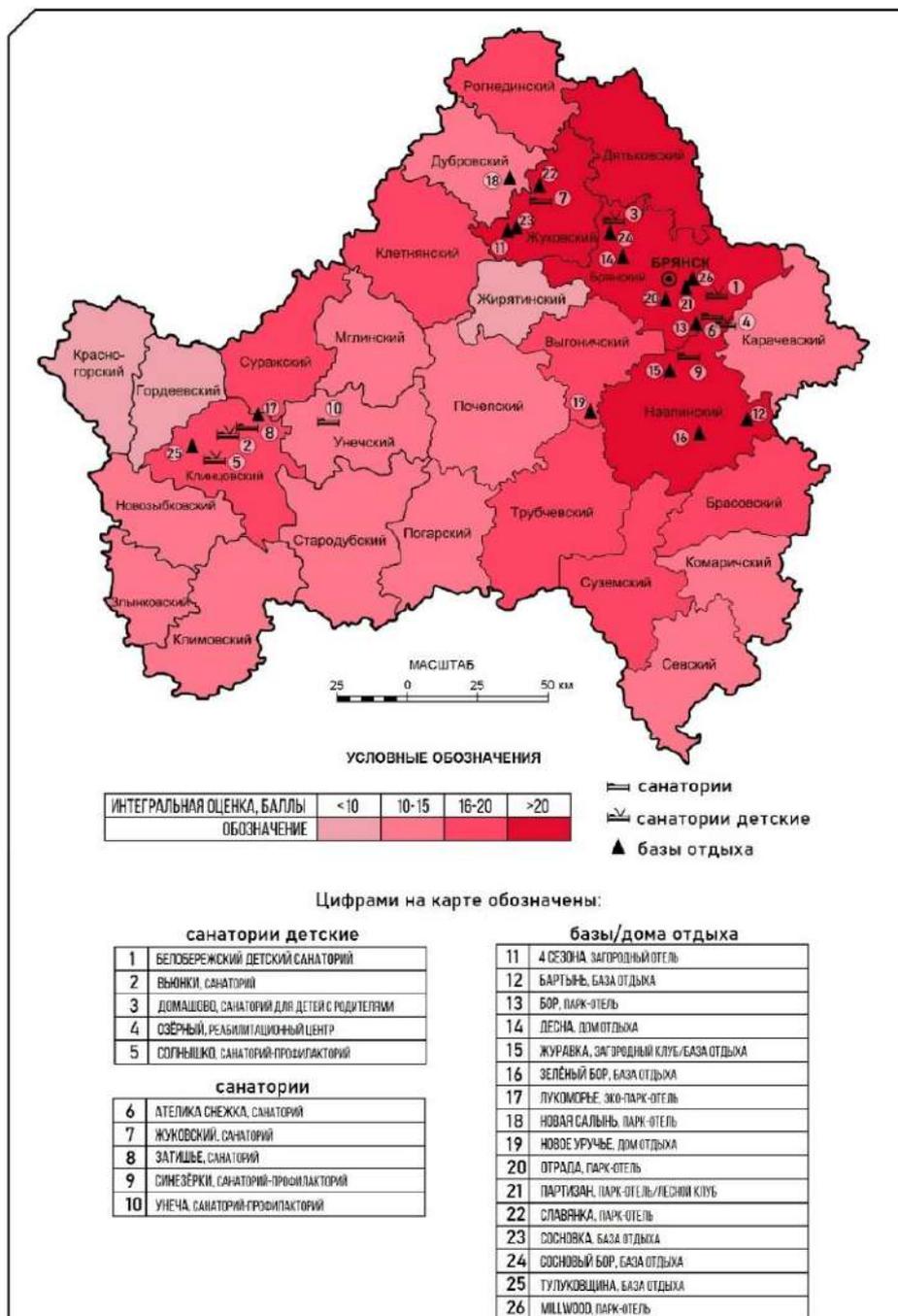


Рис. 4. Интегральная геоэкологическая оценка территории Брянской области для развития ЛОТ

Fig. 4. Integral geoeological assessment of the territory of the Bryansk region for the development of HWT

В настоящее время размещение учреждений отдыха и оздоровления на территории области имеет выраженный очаговый характер.

Заключение

Результаты использования авторской методики геоэкологической оценки территории Брянской области для развития лечебно-оздоровительного туризма показывают, что вариационный размах значений геоэкологической оценки территории муниципальных районов достигает 17,4 балла при среднем значении 15,3. Коэффициент

вариации составляет 29,4 %, что свидетельствует о значительной степени дифференциации.

Район с максимальной геоэкологической привлекательностью для развития ЛОТ составляют компактно расположенные муниципальные образования с оценками от 21,2 до 23,5 баллов. В районе средний балл интегральной геоэкологической оценки территории для развития ЛОТ составляет 22,4. К этому району примыкают территории с оценками в интервале 16–20 баллов, которые могут рассматриваться как потенциально привлекательные. Средние показатели ландшафтной привлекательности на остальной территории повлияли на снижение интегральной геоэкологической оценки. В Клинцовском районе при достаточно высоком потенциале на снижение интегральной оценки влияет наличие участка с высоким уровнем гамма-фона. Последствия чернобыльской катастрофы прослеживаются в юго-западных районах, что является фактором понижения геоэкологической оценки территории.

Сопоставление результатов интегральной геоэкологической оценки территории и современного размещения санаторно-курортной инфраструктуры показывает, что в настоящее время предприятия ЛОТ занимают ограниченную часть максимально благоприятных территорий. Следовательно, в области имеются существенные площади резервных территорий для развития ЛОТ.

Список источников

- Государственная программа Российской Федерации «Развитие туризма»: утверждена постановлением Правительства Российской Федерации № 2439 от 24.12.2021 г. Электронный ресурс. URL: <http://government.ru/docs/all/138661/?page=2> (дата обращения: 21.05.2025).
- Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области. Годовые доклады об экологической ситуации в Брянской области (2015–2023). Электронный ресурс. URL: <https://kpl32.ru/?page=316> (дата обращения: 12.04.2025).
- Научно-прикладной справочник «Климат России». Электронный ресурс. URL: <https://www.aisorim.meteo.ru/climspn> (дата обращения: 10.03.2025).
- Национальный туристический рейтинг (Итоги 2024 года). Журнал «Отдых в России». Электронный ресурс. URL: https://rustur.ru/nacionalnyj-turisticheskij-rejting-2023?roistat_visit=1553819 (дата обращения: 21.05.2025).
- Официальный туристический портал Брянской области. Электронный ресурс. URL: <https://turizm-bryansk.ru/vidy-turizma-bryanskoj-oblasti/2535> (дата обращения: 19.05.2025).
- Середовских Б.А., Исыпов В.А. 2024. Исследование геоэкологического состояния территории на основе ландшафтно-гидрологического анализа. Нижневартовск, Издательство Нижневартовского государственного университета, 88 с.

Список литературы

- Ветитнев А.М., Дзюбина А.В., Торгашева А.А. 2012. Лечебно-оздоровительный туризм: вопросы терминологии и типологии. Вестник Сочинского государственного университета туризма и курортного дела, 2(20): 50–56.
- Григорьев И.И. Медико-погодный прогноз – важнейшее научное направление медицинской керосологии (итоги 40-летней практической работы). В кн.: Биометеорология человека. Тезисы докладов Международного Конгресса, Санкт-Петербург, 18–22 сентября 2000. Санкт-Петербург, Гидрометеоиздат: 58–59.
- Кочеткова Ю.О. 2010. Теоретико-методологические и методические аспекты эколого-геоморфологической оценки территории. Вестник Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина, 3(28): 106–116.
- Кочуров Б.И., Бучацкая Н.В. 2007. Оценка эстетического потенциала ландшафтов. Юг России: экология, развитие, 2(4): 25–34.
- Кузьмин В.О., Москаленко О.П. Оценка рельефа как условия развития лечебно-оздоровительного туризма Брянской области. В кн.: География, экология, туризм: новые

- горизонты исследований. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Воронеж, 10–12 октября 2024. Воронеж, Издательский дом ВГУ: 274–277.
- Куролап С.А., Яковенко Н.В., Федотов В.И., Михно В.Б., Костылева Л.Н. 2019. Геоэкологическая диагностика субъектов Центрального Черноземья. Юг России: экология, развитие, 14(1): 67–80. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-1-67-80>.
- Межова Л.А., Кульнев В.В., Луговской А.М. 2021. Региональный геоэкологический анализ качества среды обитания и её влияние на здоровье населения. Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки, 15(3): 80–91. <https://doi.org/10.31161/1995-0675-2021-15-3-80-91>.
- Мозокина С.Л. 2014. Тенденции развития лечебно-оздоровительного и медицинского туризма. Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета, 5(89): 42–46.
- Оборин М.С., Ермакова Л.Н., Баталова А.Г. 2014. Оценка степени благоприятности погодных условий Приволжского федерального округа для целей рекреации и санаторно-курортного лечения. Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле», 2: 162–170.
- Орлова В.С., Щербакова А.А. 2014. Перспективы развития лечебно-оздоровительного туризма в регионе. Проблемы развития территории, 4(72): 34–45.
- Розанов Л.Л. 2015. Современное геоэкологическое ведение. Научный диалог, 2(38): 21–40.
- Табаров С.Ф. 2022. Методология отбора экологических показателей для оценки качества окружающей среды в регионах РФ. Геополитика и экогеодинамика регионов, 8(4): 13–21.
- Трофимов В.Т. 2009. Парадоксы современной геоэкологии. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, 4: 3–13.
- Ушакова Е.О., Цой М.Е. 2017. Разработка методического подхода к оценке туристско-рекреационного потенциала региона. Сервис в России и за рубежом, 11(4(74)): 18–34. <https://doi.org/10.22412/1995-042X-11-4-2>.
- Feng Ch., Li H., Feng L., Yu M., Zhang H., ... Zhang Zh. 2021. Study on Current Status, Problems and Countermeasures of Countryside Health and Wellness Tourism in China. Open Journal of Social Sciences, 09(04): 212–221. <https://doi.org/10.4236/jss.2021.94016>.
- Sun X. 2018. Research on the Model of Cross-Border Medical Tourism Decision-Making under the Background of Globalization. Open Journal of Social Sciences, 06(09): 230–246. <https://doi.org/10.4236/jss.2018.69016>.
- Yuan M., Liu X., Guo J., Huang Y., Song W. 2021. Analysis of Eco-Tourism Climate Resources in Xingwen, China Based on the Comfort Index and the Negative Air (Oxygen) Ion. Journal of Geoscience and Environmental Protection, 09(03): 154–163. <https://doi.org/10.4236/gep.2021.93009>.

References

- Vetitnev A.M., Dzubina A.V., Torgasheva A.A. 2012. Lechebno-ozdorovitelnyy turizm: voprosy terminologii i tipologii [Medical and Wellness Tourism: Issues of Terminology and Typology]. Sochi Journal of Economy, 2(20): 50–56.
- Grigoriev I.I. 2000. Medical Weather Forecast is the Most Important Scientific Field of Medical Kerosology (Results of 40 Years of Practical Work). In: Human Biometeorology. Abstracts of the International Congress, St. Petersburg, 18–22 September 2000. St. Petersburg, Publ. Hydrometeorological Unit: 58–59 (in Russian).
- Kochetkova Yu.O. 2010. Theoretical and Methodological Aspects of Ecological and Geomorphological Territory Assessment. The Bulletin of the Ryazan State University named for S.A. Yesenin, 3(28): 106–116 (in Russian).
- Kochurov B.I., Buchatskaya N.V. 2007. Assessment of the Aesthetic Potential of Landscapes. South of Russia: ecology, development, 2(4): 25–34 (in Russian).
- Kuzmin V.O., Moskalenko O.P. Assessment of the Relief as a Condition for the Development of Health Tourism in the Bryansk Region. In: Geography, Ecology, Tourism: New Horizons of Research. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Voronezh, 10–12 October 2024. Voronezh, Publ. VSU: 274–277 (in Russian).
- Kurolap S.A., Yakovenko N.V., Fedotov V.I., Mikhno V.B., Kostyleva L.N. 2019. Geoecological Diagnostics of the Regions in the Centralblack Region. South of Russia: ecology, development, 14(1): 67–80 (in Russian). <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-1-67-80>.

- Mezhova L.A., Kul'nev V.V., Lugovskoy A.M. 2021. Regional Geoecological Analysis of the Habitat Quality and Its Impact on the Population Health. Dagestan state pedagogical university journal. Natural and Exact Sciences, 15(3): 80–91 (in Russian). <https://doi.org/10.31161/1995-0675-2021-15-3-80-91>.
- Mozokina S.L. 2014. Trends in Health and Fitness and Medical Tourism. Izvestiya St. Petersburg State University of Economics, 5(89): 42–46 (in Russian).
- Oborin M.S., Ermakova L.N., Batalova A.G. 2014. Assessment of the Degree of Favorable Weather Conditions in the Volga Federal District for the Purposes of Recreation and Sanatorium Treatment. Bulletin of the Udmurt University. Series "Biology. Earth Sciences", 2: 162–170 (in Russian).
- Orlova V.S., Shcherbakova A.A. 2014. Prospects of Health and Recreation Tourism Development in the Region. Problems of Territorial Development, 4(72): 34–45 (in Russian).
- RozaNov L.L. 2015. Sovremennoye geoekologovedeniye [Modern Geoecological Science]. Scientific Dialogue, 2(38): 21–40.
- Tabarov S.F. 2022. Methodology for Selecting Environmental Indicators for Assessing the Quality of the Environment in the Russian Federation Regions. Geopolitics and Ecogeodynamics of regions, 8(4): 13–21 (in Russian).
- Trofimov V.T. 2009. Paradoxes of modern geoecology. Bulletin of the Moscow University. Series 4. Geologiya, 4: 3–13 (in Russian).
- Ushakova E.O., Tsoi M.E. 2017. Assessing the Tourism and Recreational Potential of the Region: a Methodological Approach. Service in Russia and Abroad, 11(4(74)): 18–34 (in Russian). <https://doi.org/10.22412/1995-042X-11-4-2>
- Feng Ch., Li H., Feng L., Yu M., Zhang H., ... Zhang Zh. 2021. Study on Current Status, Problems and Countermeasures of Countryside Health and Wellness Tourism in China. Open Journal of Social Sciences, 09(04): 212–221. <https://doi.org/10.4236/jss.2021.94016>.
- Sun X. 2018. Research on the Model of Cross-Border Medical Tourism Decision-Making under the Background of Globalization. Open Journal of Social Sciences, 06(09): 230–246. <https://doi.org/10.4236/jss.2018.69016>.
- Yuan M., Liu X., Guo J., Huang Y., Song W. 2021. Analysis of Eco-Tourism Climate Resources in Xingwen, China Based on the Comfort Index and the Negative Air (Oxygen) Ion. Journal of Geoscience and Environmental Protection, 09(03): 154–163. <https://doi.org/10.4236/gep.2021.93009>.

*Поступила в редакцию 19.06.2025;
поступила после рецензирования 11.11.2025;
принята к публикации 07.12.2025*

*Received June 19, 2025;
Revised November 11, 2025;
Accepted December 07, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузьмин Валентин Олегович, аспирант кафедры географии, экологии и землеустройства, Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского, Брянск, Россия

Москаленко Ольга Павловна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, экологии и землеустройства, Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского, Брянск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Valentin O. Kuzmin, Postgraduate student of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State Academician I.G. Petrovski University, Bryansk, Russia

Olga P. Moskalenko, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State Academician I.G. Petrovski University, Bryansk, Russia



УДК 314.116.3+911.37+912.43
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-4
EDN WMEEQE

Карта населения Российской Федерации по данным переписи 2021 г.

Григорьев В.А.

Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств им. А.Д. Крячкова
Россия, 630099, г. Новосибирск, Красный проспект, 38
arh-sib@rambler.ru

Аннотация. В основу разработки представленной карты населения Российской Федерации легли результаты всероссийской переписи населения 2021 года. Карта выполнена в обзорном масштабе с использованием метода изолиний, отображающих плотность населения территорий. Учтены данные о людности и размещении всех населенных мест страны. Подобные данные характеризуются разрывностью своего распределения в пространстве, потому определенная на их основе плотность населения участков территории была усреднена с использованием метода «скользящего окна». Для разделения способов графического отображения картографической информации обосновано применение порогового значения людности населенных мест в размере 20 000 жителей. Выполнено сравнение полученной карты с известным аналогом, разработанным ранее. Показано изменение ситуации с наблюдаемыми формами расселения, характерными для некоторых территорий Российского Севера.

Ключевые слова: расселение, формы расселения, карта населения, плотность населения, локальное усреднение данных, метод изолиний, метод «скользящего окна»

Для цитирования: Григорьев В.А. 2026. Карта населения Российской Федерации по данным переписи 2021 г. Региональные геосистемы, 50(1): 172–183. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-4
EDN: WMEEQE

Population Map of the Russian Federation According to the 2021 Census

Vladimir A. Grigoriev

A.D. Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts
38 Krasny Ave., Novosibirsk, 630099, Russia
arh-sib@rambler.ru

Abstract. The current Population Map of the Russian Federation is based on the results of the 2021 All-Russian Population Census. The map is presented on a review scale using the method of isolines that depict the population density of the territories. It takes into account data on the population size and location of all settlements in the country. These data are characterized by their discontinuous distribution in space, so the population density of the calculated areas is averaged using the “sliding window” method. To separate the methods of graphical display of cartographic information, the application of a threshold value of the population density of settlements in the amount of 20,000 inhabitants is substantiated. This threshold takes into account the statistical distribution of the country's settlements based on their population size. The map obtained is compared with a known previously developed analogue. The study findings show the change in the situation with the observed forms of settlement that are characteristic of some territories in the Russian North.



Keywords: settlement, settlement forms, population map, population density, local data averaging, choropleth method, moving window method

For citation: Grigoriev V.A. 2026. Population Map of the Russian Federation According to the 2021 Census. *Regional Geosystems*, 50(1): 172–183 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-4 EDN: WMEEQE

Введение

Карты размещения населения относятся к одним из самых распространенных видов картографической продукции, применяемой в различных отраслях народного хозяйства, в образовательных, исследовательских, проектных и других целях. В своих разнообразных формах они широко используются в различных научных и прикладных дисциплинах таких как социально-экономическая география и ее специализированный раздел – география населения, в научных направлениях, изучающих функционирование пространственной и региональной экономики, в некоторых разделах градостроительных наук, таких как территориальное планирование и районная планировка [Баширов, 2017].

Карты плотности населения дают наглядную и обобщенную информацию о распределении населения по территории [Социально-экономическая..., 2013]. К одним из наиболее информативных видов карт населения относятся карты, выполняемые методом изолиний (в зарубежной картографии называемых изоплетами). Они показывают распределение плотности населения в виде непрерывного поля расселения. Первые примеры выполнения подобных карт известны с середины XIX века. В 1857 году Н. Равн, используя метод изолиний, показал размещение населения в датском королевстве. Э. Ромером в 1915 году были созданы аналогичные карты для населения Польши [Мельниченко и др., 2003]. Метод изолиний получил дальнейшее развитие в дазиметрических картах Европейской России, выполненных под редакцией В.П. Семенова-Тян-Шанского в 1922–1925 годах, где впервые для изображения плотности населения был применен так называемый метод пятен – ареалов расселения [Кушнырь, 2015]. Обзорное картографирование населения СССР получило наибольшее развитие в работах Института этнографии АН СССР (выполнение карт населения СССР в масштабе 1 : 5 000 000, карт населения мира в масштабе 1 : 15 000 000, Атлас народов мира, 1964 год). Комплексные региональные атласы и тематические серии карт в советское время выполнялись специалистами Московского государственного университета (МГУ), Института географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР и другими специализированными учреждениями [Карты населения..., 2024].

Современный этап картографирования населения тесно связан с использованием компьютерных технологий и геоинформационных систем (ГИС) [Шихов и др., 2017; Грекусис, 2021]. Применение компьютерных методов обработки информации позволяет использовать все более широкий и подробный объем исходных данных, относящихся к статистической информации (о демографии и движении населения), географической информации (включая данные дистанционного зондирования Земли), земельно-кадастровым данным (о границах административно-территориального деления территории и отдельных землепользований). Активно создаются региональные и глобальные интерактивные карты населения высокого разрешения. К последним можно отнести, например, мультимасштабную интерактивную карту Мировой плотности населения, выполненную с пространственным разрешением ячейки до 250 м [World Population Density, 2025]. В качестве исходных данных здесь используется

Глобальная база данных населения населенных пунктов (*GHSL*), подготовленная Объединенным исследовательским советом Европейской комиссии, данные о населении, собранные Центром международной информационной сети по наукам о Земле (*CIESIN*) Колумбийского университета и сгруппированные для нескольких моментов времени (1975, 1990, 2000 и 2015 годы) [Freire et al., 2016; Pesaresi et al., 2016; Duncan, 2017]. В других работах подобного рода, выполняемых, в частности, для крупных регионов планеты, данные о численности населения различных административно-территориальных образований подвергаются дальнейшей обработке и детализации с учетом различных видов землепользования (застроенных, сельских территорий и т.д.), что позволяет добиться высокого разрешения получаемой карты плотности населения, как это было сделано, например, для европейского макрорегиона [Batista e Silva et al., 2013; Gaughan et al., 2013]. Но высокая детализация подобных карт зачастую достигается в ущерб их наглядности, особенно актуальной в случае использования мелкого масштаба отображения при составлении, например, обзорных карт территории государства. С другой стороны, некоторые известные обзорные карты населения нашей страны, например карта Население Российской Федерации, М 1 : 7 500 000, выполненная в 2014 г. на географическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова, показывает часть элементов расселения (плотность сельского населения) настолько обобщенно, что это затрудняет использование показанных данных в исследовательской и проектной деятельности.

В научной литературе не получил своего исчерпывающего освещения вопрос картографического отображения новейших данных о населении России. Это касается, во-первых, использования результатов проведения Всероссийской переписи населения 2020–2021 гг., во-вторых, данных о населенности новых регионов страны – Донецкой и Луганской Народных Республик, Запорожской и Херсонской областей. Сведения о населенности новых регионов страны пока не освещаются и в открытых данных Росстата.

Эти и другие вопросы побудили к разработке Карты населения Российской Федерации, опираясь на доступные актуальные сведения, что и рассматривается далее.

Объекты и методы исследования

Для составления карты использованы данные о населенности и пространственном положении населенных мест России, полученные из открытой базы данных Минздрава РФ [Населенные пункты России..., 2021]. База содержит сведения о всех населенных пунктах, расположенных в 85 субъектах Российской Федерации, и их людности, согласно данным всероссийской переписи населения 2021 г.

В справочных целях на карте также приведены сведения о населенности новых регионов страны, вошедших в ее состав в 2022 году – Донецкой и Луганской Народных Республиках, Запорожской и Херсонской областях. Сведения о людности и размещении населенных мест в этом случае приняты по данным веб-сервисов *OpenStreetMap* и *РУВИКИ*. Данные сведения в настоящее время не могут быть в полной мере верифицированы в связи с идущими в указанных регионах военными действиями, вызвавшими усиленное движение населения. Веб-сервисы отображают данные текущего статистического учета о людности населенных мест новых регионов, относящиеся к периоду 2011–2021 гг. Поскольку Росстат публикует ограниченные сведения о населенности данных территорий и, вероятно, будет поступать аналогичным образом в ходе ведения специальной военной операции, можно полагать, что данные, относящиеся к указанному периоду времени, могут использоваться для оценки не только бывшей, но и, в определенной мере, перспективной населенности данных территорий, характерной для условий мирного времени.

Расчет плотности населения проведен в пространственных ячейках размером 7 на 7 км, образующих регулярную пространственную сетку, покрывающую всю анализируемую территорию. Полученные при этом значения отличаются чрезвычайной контрастностью, достигающей 6–7 порядков, а также прерывистостью своего распределения в анализируемом пространстве. Это обусловило необходимость их локального усреднения, для чего был использован метод «скользящего окна» с линейным взвешиванием данных. Известны также и другие варианты наименований данного метода, как «метод движущегося окна», или «*moving window*» [Mitchell, 1999; Демьянов, Савельева, 2010; Кулаковский, Поросенков, 2014]. После проведения такого усреднения расчетные данные становятся пригодны для своего картографического отображения методом псевдоизолиний – широко применяемым способом картографирования, используемым для показа распределенных в пространстве дискретных признаков, объектов или явлений.

Учтено 156 007 населенных мест всех видов и размеров. Расчеты проведены в программной среде *Python*. Построение изолиний и оформление карты выполнено инструментами ГИС *MapInfo Pro* и *Аксиома*.

В работе использованы расчетные, расчетно-графические, статистические, геоинформационные методы, сравнительные, аналитические, методы математико-картографического моделирования распределения пространственных данных.

Результаты и их обсуждение

Разработанная Карта населения Российской Федерации представлена на рис. 1.

Карта выполнена в масштабе 1 : 30 000 000, в пределах государственных границ актуальных по состоянию на конец 2022 года, в конической равнопромежуточной проекции Каврайского. Разработана для целей обеспечения научных и проектно-исследовательских работ по тематике пространственного развития территории страны. Это обусловило выбранный масштаб и способ отображения основного рассматриваемого показателя – плотности населения. Значения полученных величин плотности населения, даже подвергнутые локальному усреднению, также характеризуются значительным контрастом, достигающим 4-х порядков. При этом возможности отображения визуальной информации измеряются лишь 2-мя порядками воспринимаемых человеческим глазом различных тонов или оттенков цвета. Поэтому показатели плотности населения на карте показаны двумя графическими способами:

- пунсонами черного цвета, площадь которых пропорциональна людности населенных пунктов, превышающей 20 000 жителей;
- изолиниями плотности населения для населенных мест, людность которых меньше 20 000 жителей.

Выбранный размер пунсонов на карте соответствует плотности населения, превышающей 350 чел./ км². В случае пространственного наложения пунсонов друг на друга они дополнительно разделяются тонким белым контуром. Цветовые градации показанных на карте изолиний отображают значения плотности населения, лежащие в пределах 1–350 чел./ км². На карте подписаны только центры федеральных округов страны. Дана «сетка» границ субъектов Российской Федерации, выделены новые регионы страны, вошедшие в ее состав в 2022 году, показаны крупные объекты гидрографии.

Выбранные способы отображения информации на карте, оставаясь достаточно традиционными, требуют, тем не менее, некоторого обсуждения особенностей их использования.

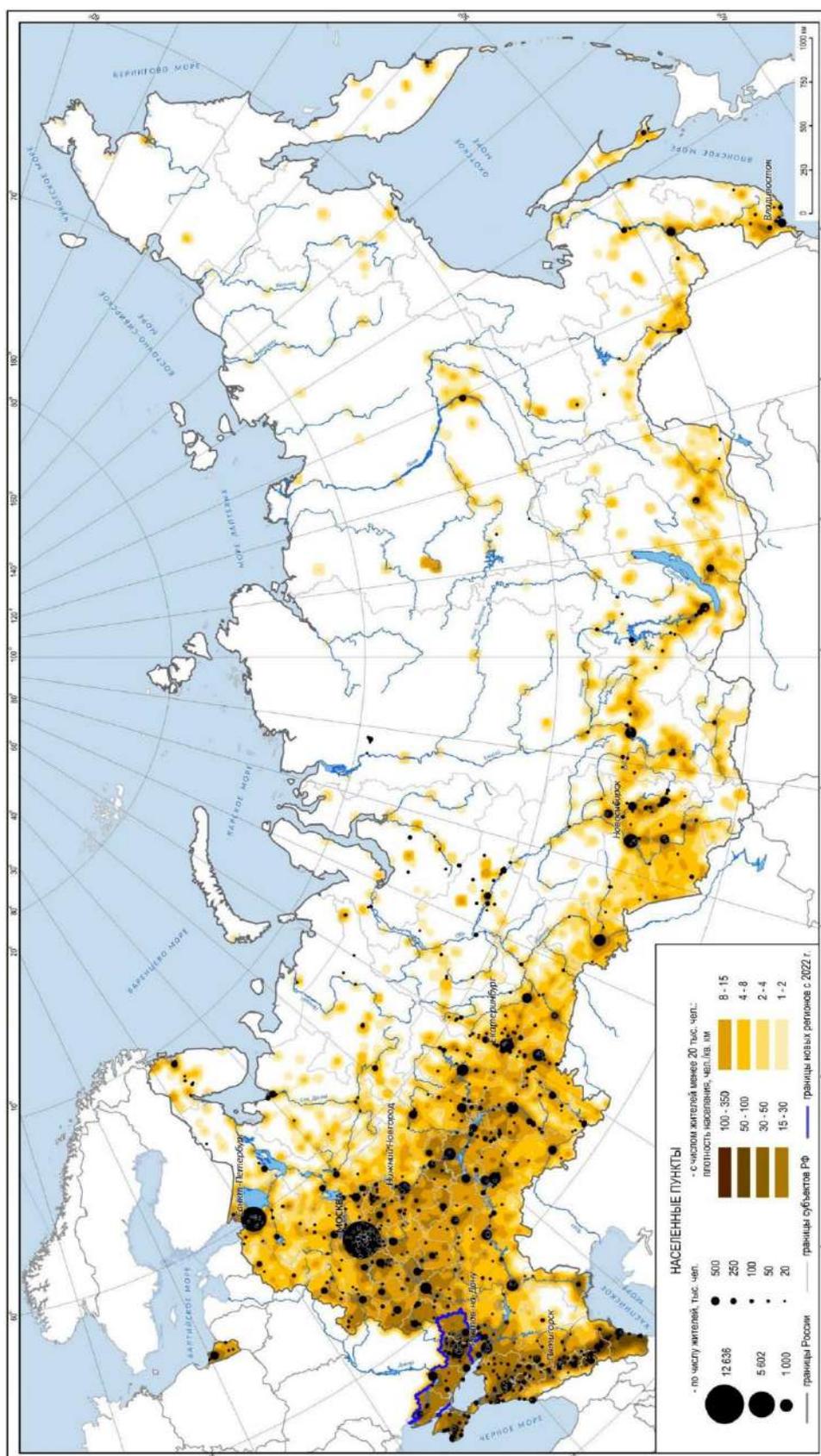


Рис. 1. Карта населения Российской Федерации по данным переписи 2021 г. (население новых регионов по данным 2011–2021 гг.), выполнена В.А. Григорьевым
Fig. 1. Population map of the Russian Federation based on the 2021 census data (population of the New Regions, 2011–2021), compiled by V.A. Grigoriev

В отечественной и зарубежной картографии известны следующие основные методы отображения распределения населения по территории [Баширов, 2017]:

– метод картограммы, когда распределение показателя (плотности населения) показывается по границам известных статистических единиц (регионов, муниципальных образований и т.д.);

– точечный метод, когда распределение населения показывается на карте точками, каждая из которых приравнена к выбранной численности населения. Плотность населения передается при этом сгущением или разрежением таких точек;

– метод ареалов, когда плотность рассчитывается для «пятен», обведенных вокруг населенных мест на определенном расстоянии от их границ (3–10 км или другие расстояния, обоснованные целями картографирования). Этот метод получил также дальнейшее развитие при составлении дазиметрических карт населения;

– метод изолиний, основанный на условном распределении населения, как непрерывной статистической поверхности.

Сравнивая данные методы, можно отметить следующие важные отличия между ними и особенности их применения.

Метод картограммы (метод хороплет или «прерывистых карт» в зарубежной литературе) наиболее прост в исполнении, так как не требует выполнения сложных расчетов для исходных данных, уже привязанных к существующим административным границам. Карты, выполненные таким способом, наиболее распространены в информационной, образовательной и прочих сферах деятельности. Метод дает удовлетворительные результаты при отображении плотнозаселенных районов, например расположенных в пределах основной полосы расселения европейской части России, большинства европейских стран. Но его использование для малозаселенных территорий делает его малоинформативным. Чем малолюднее административно-территориальное образование (АТО), тем рассчитанный показатель становится все менее репрезентативным, поскольку его население обычно концентрируется лишь на небольших площадях. Чем дальше на север и на восток нашей страны перемещается внимание исследователя, тем подобное «размазывание» малочисленного населения по крупным и крупнейшим территориям расположенных здесь АТО (Красноярский край, Республика Саха (Якутия) и др.) становится все менее релевантным реальной картине расселения.

Точечный метод требует проведения заметно большего объема расчетов, по сравнению с методом картограмм. И он более наглядно показывает плотность исследуемых явлений, приближая их к физическому размещению на карте, но четкость в передаче плотностей величин при этом теряется [Мельниченко и др., 2003].

Метод ареалов еще более трудоемок и затратен с вычислительной точки зрения. Он достаточно наглядно показывает распределение показателя плотности населения, но применим, в основном, для средне- и крупномасштабных карт [Кушнырь, 2015]. В зарубежных работах аналогичный подход часто называют дазиметрическим методом, который заключается, в этом случае, в распределении доступных статистических данных по анализируемым видам землепользования, или территориям с различными покрытиями, яркостью ночного освещения и т.д., но в локациях, занимающих меньшую площадь, чем учетные единицы статистики (метод пространственной дезагрегации статистических данных) [Goerlich, Cantarino, 2013; Litaο et al., 2018].

Метод изолиний (метод изоплет в зарубежной литературе) относится к наиболее трудозатратным методам построения тематических карт, требующим проведения большего объема вычислений и применения специальных методов усреднения в случае использования разрывных пространственных данных, к которым относится людность населенных мест или плотность населения, вычисленная на их основе. Однако использование изолиний на карте делает ее наиболее информативной, позволяющей, в частности:

- снимать количественную информацию в любой ее точке с детальностью, обусловленной разрешением полученного изображения;
- придать карте наглядность и упростить получение по ней пространственных статистик расчетно-графическим способом, минуя трудоемкие процессы измерительных и вычислительных работ [Червяков, 2011].

По мнению исследователей изолинии – единственный способ, который лучше других способов передает свойство плавности, постепенности изменения плотности населения [Мельниченко и др., 2003]. Метод также широко применяется при составлении тематических карт в самых различных отраслях: в метеорологии, разделах физической географии и, в частности, орографии, геологии, геохимии, экологических дисциплинах и т.д. С внедрением компьютерных средств вычислений и построения карт, применение данного метода в картографии населения значительно облегчилось и позволяет теперь наиболее полно учитывать большие объемы исходных данных, содержащих сведения о сотнях тысяч и миллионах населенных мест.

Для проектных практик карта, построенная методом изолиний, также является наиболее информативной. Так, в архитектурно-строительном проектировании широко используются инженерно-топографические планы, рельеф поверхности земли на которых показан изогипсами. Это позволяет вести необходимые графоаналитические расчеты для целей размещения и проектирования объектов капитального строительства с учетом особенностей рельефа местности. При переходе к территориальному планированию и районной планировке меняется масштаб проектных работ и в этом случае на первое место по важности выходит уже показатель населенности территории. Наиболее информативными в этом случае становятся карты, показывающие распределение населения по территории, выполненные методом изолиний. В данных направлениях градостроительного проектирования численность и распределение населения по территории являются ключевыми показателями, необходимыми для проведения соответствующих расчетов и выработки проектных решений.

На картах населения информацию о плотности сельского населения и о местах размещения и населенности городов обычно принято показывать различными способами. Это обусловлено трудностью единообразной передачи всего диапазона величин, охватывающего плотность сельского и городского населения одновременно.

Однако деление на сельские и городские населенные пункты в определенной мере можно считать условным. Людность населенных мест, нередко используемая для проведения такого разделения, не всегда играет определяющую роль. Высказываются мнения о необходимости корректировки принципа деления населения на городское и сельское с учетом континуальности сельско-городского пространства [Антонов, Махрова, 2019]. В России критерии отнесения населенного пункта к городскому или сельскому типу существенно разнятся в зависимости от того или иного региона, они нормируются в этом случае региональным или местным законодательством. Кроме того, людность прямо не определяет главные показатели, характеризующие состояние городской среды и образ жизни населения, такие как, уровень благоустройства территории, или несельскохозяйственную сферу занятости, преобладающую у местного населения. В России немало городов, для которых характерно наличие сельской среды проживания, а именно, низкого уровня благоустроенности территории, отсутствия централизованной канализации, преобладания жилья, ориентированного на ведение личного подсобного хозяйства. Много малолюдных городов, имеющих меньше 12 000 жителей – порога отнесения населенного пункта к городскому типу, используемого у нас во многих случаях. Город Чекалин Тульской области, например, имел всего 935 жителей в 2021 г. Городков с одной или двумя тысячами жителей в стране не так уж мало. С другой стороны, есть сельские населенные пункты гораздо более людные, чем малые и даже средние города – станица Орджоникидзевская в Республике

Ингушетия с населением 66 047 жителей, например. Многочисленных сел и станиц довольно много на юге России – в Краснодарском и в Ставропольском краях, в республиках Северного Кавказа. И третья категория населенных пунктов – поселки городского типа – тоже встречаются самой различной населенности, начиная от 25 жителей, проживающих в поселке Кунерма Иркутской области и доходя до 36 032 человек, живущих в поселке Горячеводском в Ставропольского крае.

Как видно из рис. 2, отражающим статистику распределения населения по населенным пунктам различной людности, переходная зона между сельскими и городскими их разновидностями довольно размыта и лежит в диапазоне людности от 1 до 50 тыс. чел.

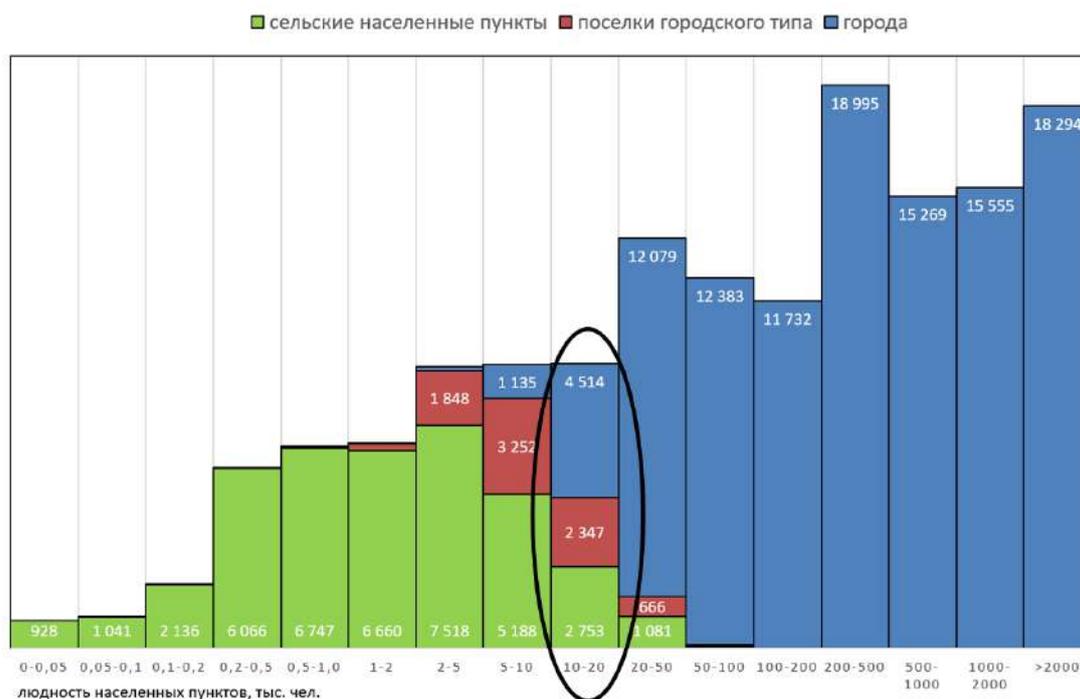


Рис. 2. Распределение населения России по населенным пунктам различной людности, тыс. чел., выполнено В.А. Григорьевым

Fig. 2. Distribution of the Russian population by localities of various populations, thousand people, performed by V.A. Grigoriev

В интервале людности 10–20 тыс. чел. численность населения городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов примерно сопоставима по своим значениям (на рис. 2 данный интервал обведен). И лишь на следующей ступени в интервале людности 20–50 тыс. чел. население городских населенных пунктов начинает заметно преобладать. По этой причине при составлении рассматриваемой карты населения уровень людности, равный 20 тыс. чел., был принят в качестве порогового значения при выборе способов отображения распределения населения. Расселение в населенных пунктах, имеющих размерность ниже указанного порога, отображается полем изолиний.

Представленная карта не лишена определенных недостатков. Основная проблема применения усреднения методом «скользящего окна» заключается в возникновении негативных краевых эффектов, когда результат усреднения расчетного показателя выходит, например, за границы суши или за пределы государственных границ, что для рассматриваемого вида показателя (плотности населения) может считаться ошибкой. Устранение подобного дефекта требует либо существенного усложнения программно-вычислительных операций, более точно учитывающих положение расчетных границ, либо корректировки полученных результатов в ручном режиме, что весьма трудоемко. Тем не

менее, совершенствование применения метода возможно. В случае построения детальных крупномасштабных карт, по-видимому, оно должно быть признано необходимым. Для используемого же в данном случае масштаба обзорной карты подобные возникающие локальные дефекты предлагается считать допустимыми.

Сравнение полученной карты с ранее известными вариантами карт населения страны позволяет сделать некоторые выводы. Наибольшие различия между ними, в частности, видны в пределах малонаселенной зоны Российского Севера. Начиная еще с ранних карт советского времени (Обзорная карта плотности населения СССР, М 1 : 10 000 000, под ред. В.А. Каменецкого, 1939) и до карт новейшего времени (например карты 1997 года, фрагмент которой приведен на рис. 3) распространенным приемом был показ расселения вдоль северных рек в виде полосовых линейных структур. Здесь изолинии, соответствующие плотности населения 1 чел./ км², строились скорее по замыслу составителя, чем отображали реальную плотность населения данных территорий. Использовался метод ареалов [Копылов, 2005], когда показывались границы, отражающие освоенность территорий вдоль указанных рек (например, расположенных в пределах 10 км от них), но не плотность населения, ограниченная выбранной изолинией. Таким образом смешивались два метода отображения – метод изолиний и метод ареалов хозяйственного использования территории.

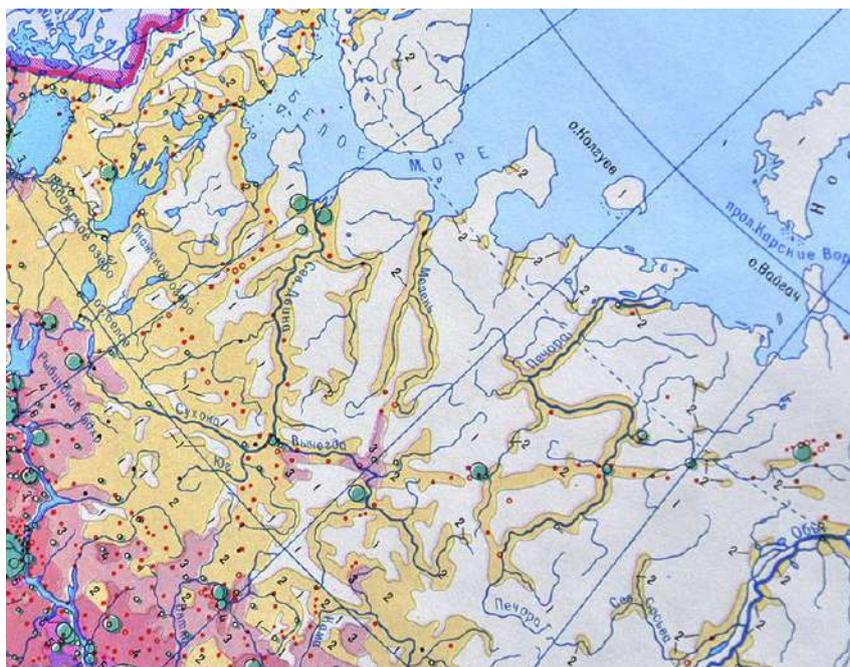


Рис. 3. Карта населения Российской Федерации (фрагмент): 2 – плотности населения 1–5 чел./ км² (пояснения см. в тексте) [Географический атлас..., 1997]

Fig. 3. Map of the population of the Russian Federation (fragment): 2 – population densities of 1–5 people/ км² (for explanations, see the text) [Geographical atlas ..., 1997]

Изолинии карты, выполненной по данным 2021 года, в частности построенные для плотности населения 1 чел./ км² и выше, демонстрирует отсутствие линейных структур расселения вдоль следующих рек: Мезень на всем ее протяжении, Печера и Обь в среднем и нижнем течении, Лена в верхнем и, частично, в среднем течении, и в случае ряда других северных рек. Здесь проявлены лишь очаговые формы расселения, не образующие непрерывных полос, как это традиционно было принято показывать на прежних картах. Сеть малых населенных мест на данных участках территории если и присутствует, но ее населенности не хватает для получения плотности 1 чел./ км², традиционно принятой для отображения границ освоенных территорий. Конечно, в фор-

мировании такой противоречивой ситуации сыграл свою роль и процесс депопуляции, характерный для демографии большинства северных территорий в постсоветский период. В любом случае необходимо учитывать сложившуюся реальность, говорящую о том, что представления о развитости линейных форм расселения в осваиваемой части Российского Севера были в определенной мере преувеличены. Данный вывод проведенного исследования будет важен для ведения дальнейших исследовательских и проектных работ, затрагивающих эти малонаселенные территории страны.

Заключение

Использование актуальных статистических данных по распределению населения на территории страны с учетом сведений о населении ее новых регионов позволило разработать актуальную Карту населения Российской Федерации. Карта выполнена в обзорном масштабе и предназначена для обеспечения исследовательских и проектных работ. Применение вычислительных средств для автоматизации расчетов и локального усреднения пространственно-статистической информации позволило построить непрерывное поле плотности расселения на территории страны и показать его на карте методом псевдоизолиний. Населенные места людностью, превышающей 20 000 жителей при этом показаны пунсонами. Использование метода изолиний позволило разработать карту, пригодную для выполнения по ней прямых проектных и исследовательских расчетов.

Сравнение полученной Карты населения РФ с ранее известными аналогичными картами показало, что изменившаяся демографическая ситуация и текущее распределение населения не позволяют более говорить о развитости линейных форм расселения, приуроченных к ряду крупных рек Российского Севера. Здесь было выявлено преобладание ограниченных – очаговых форм расселения, что целесообразно учитывать в исследовательской и проектной практике.

Список источников

- Географический атлас России. Федеральная служба геодезии и картографии России. 1997. М., Производственное картосоставительное объединение «Картография», 164 с.
- Грекусис Дж. 2021. Методы и практика пространственного анализа. Описание, исследование и объяснение с использованием ГИС. М., ДМК Пресс, 500 с.
- Карты населения. Демографический энциклопедический словарь. Электронный ресурс. URL: https://demography.academic.ru/1793/КАРТЫ_НАСЕЛЕНИЯ (дата обращения 05.05.2024).
- Копылов В.А. 2005. География населения. М., Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 164 с.
- Населенные пункты России: численность населения и географические координаты. 2021. Минздрав РФ, Инфраструктура научно-исследовательских данных, АНО «ЦПУР». Электронный ресурс. URL: <http://data.rcsi.science/data-catalog/datasets/160/> (дата обращения: 23.08.2025).
- Социально-экономическая география: понятия и термины. Словарь-справочник 2013. Отв. ред. А.П. Горкин. Смоленск, Ойкумена, 328 с.
- Шихов А.Н., Черепанова Е.С., Пьянков С.В. 2017. Геоинформационные системы: методы пространственного анализа. Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 88 с.
- World Population Density. Electronic resources. URL: <https://luminocity3d.org/WorldPopDen/> (date of request 23.08.2025).

Список литературы

- Антонов Е.В., Махрова А.Г. 2019. Крупнейшие городские агломерации и формы расселения надагломерационного уровня в России. Известия РАН. Серия географическая, 4: 31–45. <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019431-45>
- Баширов В.Р. 2017. Совершенствование методики картографирования системы расселения населения России. Дис. ... канд. техн. наук. М., 123 с.

- Демьянов В.В., Савельева Е.А. 2010. Геостатистика: теория и практика. М., Наука, 327 с.
- Кулаковский Е.С., Поросенков Ю.В. 2014. Экономическая картография и ее трансформация в современных условиях (на примере изучения населения и расселения). В кн.: Геоинформационное картографирование в регионах России. Материалы VI (заочной) Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2014. Воронеж, Научная книга: 68–72.
- Кушнырь О.В. 2015. Разработка методики картографирования ареалов концентрации расселения. Дис. ... канд. техн. наук. М., 117 с.
- Мельниченко Н.И., Мазурова Е.М., Руденя Н.Р. 2003. Изображение территориальных структур географических систем способом изолиний. Известия ВУЗов. Геодезия и Аэрофотосъемка, 1: 105–114.
- Червяков В.А. 2011. Результаты интеграции картографического и математико-статистического методов в исследованиях географов Сибири. География и природные ресурсы, 3: 166–170.
- Batista e Silva F., Gallego J., Lavallo C. 2013. A High-Resolution Population Grid Map for Europe. Journal of Maps, 9(1): 16–28. <https://doi.org/10.1080/17445647.2013.764830>.
- Duncan A.S. 2017. Visualising World Population Density as an Interactive Multi-Scale Map Using the Global Human Settlement Population Layer. Journal of Maps, 13(1): 117–123. <https://doi.org/10.1080/17445647.2017.1400476>.
- Freire S., Macmanus K., Pesaresi M., Doxsey-Whitfield E., Mills B. 2016. Development of New Open and Free Multi-Temporal Global Population Grids at 250 m Resolution. Population, 250: 6.
- Gaughan A.E., Stevens F.R., Linard C., Jia P., Tatem A.J. 2013. High Resolution Population Distribution Maps for Southeast Asia in 2010 and 2015. PLOS One, 8(2): e55882. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055882>
- Goerlich F.J., Cantarino I. 2013. A Population Density Grid for Spain. International Journal of Geographical Information Science, 27(12): 2247–2263. <https://doi.org/10.1080/13658816.2013.799283>.
- Litao W., Shixin W., Yi Z., Wenliang L., Yanfang H., Jinfeng Z., Futao W. 2018. Mapping Population Density in China Between 1990 and 2010 Using Remote Sensing. Remote Sensing of Environment, 210: 269–281. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.03.007>.
- Mitchell A. 1999. The ESRI Guide to GIS Analysis. Redlands, Calif, ESRI, 171 p.
- Pesaresi M., Ehrlich D., Ferri S., Florczyk A. Carneiro F.S., ... Syrris V. 2016. Operating Procedure for the Production of the Global Human Settlement Layer from Landsat Data of the Epochs 1975, 1990, 2000, and 2014. European Union., JRC Technical Report, 62 p.

References

- Antonov E.V., Makhrova A.G. 2019. Largest Urban Agglomerations and Forms of Settlement Pattern at the Supra-Agglomerational Level in Russia. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya, 4: 31–45 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019431-45>
- Bashirov V.R. 2017. Sovershenstvovanie metodiki kartografirovaniya sistemy rasseleniya naseleniya Rossii [Improving the methodology of mapping the Russian population settlement system]. Cand. ... tec. siens. Moscow, 123 p.
- Demyanov V.V., Savelieva E.A. 2010. Geostatistika: teoriya i praktika [Geostatistics: Theory and Practice]. Moscow, Publ. Nauka, 327 p.
- Kulakovskiy E.S., Porosenkov Yu.V. 2014. Ekonomicheskaya kartografiya i eye transformatsiya v sovremennykh usloviyakh (na primere izucheniya naseleniya i rasseleniya) [Economic Cartography and its Transformation in Modern Conditions (on the Example of Studying Population and Settlement)]. In: Geoinformatsionnoye kartografirovaniye v regionakh Rossii [Geoinformation Mapping in the Regions of Russia]. Materials of the VI (correspondence) All-Russian Scientific and practical conference, Voronezh, 25 November 2014. Voronezh, Publ. Nauchnaya kniga: 68–72.
- Kushnyr' O.V. 2015. Razrabotka metodiki kartografirovaniya arealov kontzentratsii rasseleniya [Development of a Methodology for Mapping Areas of Settlement Concentration]. Cand. ... tec. siens. Moscow, 117 p.



- Melnichenko N.I., Mazurova E.M., Rudenya N.R. 2003. Izobrazheniye territorialnykh struktur geograficheskikh sistem sposobom izolinii [The Image of Territorial Structures of Geographical Systems by the Method of Isolines]. *Izvestiya VUZov. Geodeziya i Aerofotosyemka*, 1: 105–114.
- Chervyakov V.A. 2011. Rezultaty integratsii kartograficheskogo i matematiko-statisticheskogo metodov v issledovaniyakh geografov Sibiri [The Results of the Integration Of Cartographic and Mathematical-Statistical Methods in the Studies of Geographers of Siberia]. *Geography and Natural Resources*, 3: 166–170.
- Batista e Silva F., Gallego J., Lavalle C. 2013. A High-Resolution Population Grid Map for Europe. *Journal of Maps*, 9(1): 16–28. <https://doi.org/10.1080/17445647.2013.764830>.
- Duncan A.S. 2017. Visualising World Population Density as an Interactive Multi-Scale Map Using the Global Human Settlement Population Layer. *Journal of Maps*, 13(1): 117–123. <https://doi.org/10.1080/17445647.2017.1400476>.
- Freire S., Macmanus K., Pesaresi M., Doxsey-Whitfield E., Mills B. 2016. Development of New Open and Free Multi-Temporal Global Population Grids at 250 m Resolution. *Population*, 250: 6.
- Gaughan A.E., Stevens F.R., Linard C., Jia P., Tatem A.J. 2013. High Resolution Population Distribution Maps for Southeast Asia in 2010 and 2015. *PLOS One*, 8(2): e55882. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055882>
- Goerlich F.J., Cantarino I. 2013. A Population Density Grid for Spain. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(12): 2247–2263. <https://doi.org/10.1080/13658816.2013.799283>
- Litao W., Shixin W., Yi Z., Wenliang L., Yanfang H., Jinfeng Z., Futao W. 2018. Mapping Population Density in China Between 1990 and 2010 Using Remote Sensing. *Remote Sensing of Environment*, 210: 269–281. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.03.007>.
- Mitchell A. 1999. *The ESRI guide to GIS analysis*. Redlands, Calif, ESRI, 171 p.
- Pesaresi M., Ehrlich D., Ferri S., Florczyk A., Carneiro F.S., ... Syrris V. 2016. Operating Procedure for the Production of the Global Human Settlement Layer from Landsat Data of the Epochs 1975, 1990, 2000, and 2014. European Union., JRC Technical Report, 62 p.

*Поступила в редакцию 23.07.2025;
поступила после рецензирования 23.08.2025;
принята к публикации 02.10.2025*

*Received July 23, 2025;
Revised August 23, 2025;
Accepted October 02, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Григорьев Владимир Алексеевич, кандидат архитектуры, доцент кафедры Градостроительства и ландшафтной архитектуры, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова, г. Новосибирск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Vladimir A. Grigoriev, Candidate of Architecture, Associate Professor of the Department of Urban Planning and Landscape Architecture, A.D. Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts, Novosibirsk, Russia



УДК 913: 314.9
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-5
EDN WUBBNG

Картографирование динамики этнического пространства Сербии с 1991 по 2022 гг.

Изотов Д.Д., Манаков А.Г.

Псковский государственный университет
Россия, 180000, Псков, пл. Ленина, 2
2ekseptional1@gmail.com, region-psk@yandex.ru

Аннотация. Изучение динамики этнического пространства Сербии после распада Югославии важно с позиции осмысления этнической трансформации России и стран ближнего зарубежья в постсоветский период. Проводившиеся ранее исследования по демографической и этнической динамике Сербии не акцентируют внимания на территориальном срезе происходящих изменений, для чего может быть использован картографический метод. Целью работы является выявление особенностей динамики территориальной структуры этнического пространства Сербии в периоды с 1991 по 2011 гг. и с 2011 по 2022 гг. Статистико-картографический анализ в исследовании строится на основе изменения индекса этнической однородности, рассчитанного на уровне общин Сербии. На протяжении двух обозначенных периодов наблюдалось нарастание однородности этнического пространства в пользу сербов на большей части территории страны. При этом в Косово и Метохии рост этнической однородности в пользу албанцев сильно замедлился во втором десятилетии XXI в. Этническое пространство рассматривается как один из важнейших слоев геокультурного пространства, и исследование вносит вклад в развитие соответствующей концепции российской культурной географии.

Ключевые слова: индекс этнической однородности, этническое ядро, сербы, венгры, албанцы, Югославия

Для цитирования: Изотов Д.Д., Манаков А.Г. 2026. Картографирование динамики этнического пространства Сербии с 1991 по 2022 гг. Региональные геосистемы, 50(1): 184–195. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-5 EDN: WUBBNG

Mapping the Dynamics of Ethnic Space in Serbia from 1991 to 2022

Dmitry D. Izotov, Andrei G. Manakov

Pskov State University
2, Lenin Square, Pskov 180000, Russia
2ekseptional1@gmail.com, region-psk@yandex.ru

Abstract. The study into the dynamics of Serbia's ethnic space after the collapse of Yugoslavia is important from the standpoint of understanding the ethnic transformation of Russia and the neighboring countries in the post-Soviet period. Previous studies on the demographic and ethnic dynamics of Serbia do not focus on the territorial aspect for which the cartographic method may be used. This work aims to identify the features of the dynamics of Serbia's ethnic space territorial structure in the periods from 1991 to 2011 and from 2011 to 2022. The statistical and cartographic analysis in the study is based on changes in the ethnic homogeneity index calculated at the level of Serbian communities. Over the two designated periods, there was an increase in the homogeneity of the ethnic space in favor of the Serbs in most of the country. At the same time, in Kosovo and Metohija, the growth of ethnic homogeneity in favor of Albanians has slowed down significantly in the second decade of the 21st century. Ethnic space is among the most important layers of geocultural space, and the study contributes to the development of the corresponding concept of Russian cultural geography.

© Изотов Д.Д., Манаков А.Г., 2026

Keywords: index of ethnic homogeneity, ethnic core, Serbs, Hungarians, Albanians, Yugoslavia

For citation: Izotov D.D., Manakov A.G. 2026. Mapping the Dynamics of Ethnic Space in Serbia from 1991 to 2022. *Regional Geosystems*, 50(1): 184–195 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-5 EDN: WUBBNG

Введение

Изучение этнических процессов в Сербии после распада Югославии предоставляет российским этногеографам и этнологам материалы для осмысления этнической трансформации России и всего постсоветского пространства. В настоящее время имеется не так много исследований отечественных ученых, посвященных анализу трансформации этнического пространства бывшей Югославии, вызванной распадом федеративного государства и волнами вынужденных этнических миграций. При этом нельзя не отметить очевидный интерес исследователей к изучению предпосылок и хода вооруженных конфликтов в Югославии в 1990-е гг. В этих работах дается, в частности, оценка вынужденных этнических миграций населения и прямых потерь в ходе вооруженных действий [Гуськова, 2001, 2015; Анникова, Радусинович, 2015; Соколов, 2024а, б]. Кроме того, российскими авторами рассматриваются вопросы демографической динамики Сербии в конце XX и начале XXI вв. [Ходунов, 2016], в т.ч. в контексте миграционного оттока населения [Богданова, Макарова, 2025].

Аналогичная демографическая проблематика присутствует и в работах сербских авторов [Nikitović, 2013; 2016], но в целом нужно отметить более широкий спектр вопросов, связанных с этнодемографической динамикой населения Сербии, который рассматривается в публикациях сербских ученых. Во-первых, ими уделяется большее внимание этническому измерению конфликтов в автономных краях Косово и Метохии [Дмитриев, Миливоевич, 2010; Demjaha, 2017; Sallova, 2017; Mekaj, Aliaj, 2019] и Воеводине [Petsinis, 2008]. Во-вторых, сербскими авторами изучаются теоретические аспекты этнической идентичности [Кнежевић, Radić, 2016], а также рассматривается влияние родного языка на этническую самоидентификацию населения [Кнежевић, 2019]. В-третьих, ими проанализированы итоги переписей населения Сербии, проведенных в XXI в. [Trnavčević, Кнежевић, 2023; Raduški, 2024], дана оценка изменения этнической неоднородности территории страны после 1991 г. [Raduški, 2011] и отдельно рассмотрена динамика этнического разнообразия автономного края Воеводины [Moró, Reményi, 2024].

Целью исследования является выявление особенностей динамики территориальной структуры этнического пространства Сербии в периоды с 1991 по 2011 гг. и с 2011 по 2022 гг.

Объекты и методы исследования

Этническое пространство в данном исследовании рассматривается как один из важнейших слоев геокультурного пространства. В соответствии с концепцией геокультурного пространства, этническое пространство обладает вертикальной и горизонтальной (территориальной) структурой [Манаков, 2018]. Вертикальная структура характеризуется соотношением удельного веса разных этнических групп. В качестве элементов территориальной структуры этнического пространства чаще всего рассматриваются этнические ядра (обычно являющиеся моноэтническими территориями) и этноконтактные зоны. Характеристикой, позволяющей разделить этнические ядра и этноконтактные зоны, является степень однородности/неоднородности территориальных ячеек, составляющих этническое пространство.

В качестве показателя, оценивающего степень однородности/неоднородности территориальных ячеек этнического пространства, в данном исследовании принят индекс этнической однородности (ИЭО). ИЭО является показателем, обратным широко используемому в этнической географии и этнодемографии индексу этнической мозаичности (ИЭМ). Формула для расчета индекса этнической однородности следующая:

$$ИЭО = \sum(P_i)^2,$$

где P_i – удельный вес представителей i -го этноса ($i = 1, 2, \dots$) в структуре населения определенной территориальной ячейки. Шкала значений ИЭО является обратной наиболее часто используемой шкале ИЭМ. Этническое пространство считается однородным, если ИЭО превышает 0,8 (максимальное значение ИЭО, равное единице, принимается в случае наличия на территории представителей только одного этноса). Этническое пространство рассматривается как относительно однородное при ИЭО от 0,6 до 0,8, относительно неоднородное – при ИЭО от 0,4 до 0,6, неоднородное – при ИЭО менее 0,4.

Информационной базой исследования является этническая статистика на уровне общин Сербии по итогам переписей населения 1991, 2011 и 2022 гг. (2024 г. в Косово и Метохии), размещенная на сайте Population statistics of Eastern Europe & former USSR².

Официальные итоги переписи населения 1991 г. представлены по 190 общинам, включая 114 общин в Центральной Сербии, 45 – в Воеводине, 31 – в Косово и Метохии. С 2009 г. в Сербии на более высоком уровне административного деления выделяется 29 округов. При этом, результаты переписи 2022 г. представлены как по административным округам, так и по 123 общинам в центральной части Сербии и 45 общинам в Воеводине. В Косово и Метохии перепись населения была проведена в 2024 г., в это время там выделялось 38 общин. Таким образом, всего в 2022/2024 гг. данные переписи населения имеются по 206 общинам Сербии (на 16 больше, чем в 1991 г.). Однако, для удобства сравнения карт, созданных по итогам переписей населения 1991, 2011 и 2022/2024 гг., а также для расчета динамики ИЭО за этот период, этническая статистка была привязана к границам общин на 1991 г.

Необходимо отметить, что переписи населения 1991, 2011 и 2024 гг. на территории Косово и Метохии бойкотировались значительной частью населения, оказавшейся неучтенной в официальной этнической статистике. Так, перепись населения 1991 г. бойкотировали албанцы Косово и Метохии, а также Прешевской долины (муниципалитеты Буяновац и Прешево) в Центральной Сербии. Перепись 2011 г. не проводилась в Северном Косово (муниципалитеты Лепосавик, Звечан, Зубин-Поток и северная часть города Митровица). Перепись 2024 г. была проведена лишь частично в этих муниципалитетах, охватив преимущественно несербское население. Эти переписи бойкотировала и часть сербского населения в других муниципалитетах. В этих случаях нами была дана оценка численности неучтенных в 1991, 2011 и 2024 гг. этнических групп, опираясь на имеющиеся данные по общей численности населения общин, а также на статистику предшествующих переписей населения. Например, в дополнение к итогам переписи населения 2011 г. используется статистика по этнической структуре населения общин Северного Косово на 2009 г.

К настоящему времени уже накопился значительный опыт картографирования динамики территориальной структуры этнического пространства постсоветских стран, как в России [Манаков, 2018; Terenina, Krotok, 2024], так и в государствах ближнего зарубежья: в Прибалтике [Манаков и др., 2024], Республике Беларусь [Соколов, Иванов,

²Population statistics of Eastern Europe & former USSR. URL: <http://pop-stat.mashke.org> (дата обращения: 20.07.2025).

2024; Соколов, 2025] и Центральной Азии [Николаева, 2024, 2025]. Причем в целом ряде регионов России картографический анализ динамики такого структурного элемента этнического пространства, как этноконтактные зоны, проводился также и на уровне административных единиц низового уровня (муниципальных образований) [Ivanov et al., 2024; Теренина и др., 2024; Теренина, 2025].

Во всех обозначенных выше работах для оценки степени выраженности этноконтактных зон используется ИЭМ, или же модифицированные варианты данного индекса. Новизна данного исследования заключается в оценке степени однородности этнического пространства с помощью ИЭО.

Вместе с тем, следует отметить картографические приемы, которые позволяют минимизировать количество используемых для анализа и демонстрации карт (или же других источников информации, без которых анализ карт будет неполноценным). Так, на карте с величиной ИЭО одновременно отображается лидирующая по удельному весу этническая группа в населении общин. К трем основным этническим группам в Сербии относятся сербы, албанцы и венгры. К четвертой категории (других этнических групп) отнесены болгары (проживают в общинах на границе с Болгарией), словаки (проживают в Воеводине), муслимане (боснийцы), влахи, цыгане и др.

По картам с динамикой ИЭО между 1991, 2011 и 2022/2024 гг. можно проследить, в пользу каких этнических групп произошел рост однородности этнического пространства (в случае, если этнические группы уже стали лидирующими). Если же за определенный период повысилась неоднородность этнического пространства, то на карте можно увидеть, рост удельного веса каких этнических групп привел к такой динамике, ослабив позиции доминирующего этноса.

Результаты и их обсуждение

В период с 1991 г. по начало 2020-х гг. численность населения Сербии, главным образом, вследствие миграционного оттока, а также естественной убыли, сократилась с 9,78 до 8,25 млн чел., т.е. более чем на 1,5 млн, или на 15,6 %. При этом наиболее значительным было уменьшение населения Косово и Метохии (на 18,2 %, с 1,96 до 1,6 млн чел.), наименее значительным – Воеводины (на 13 %, с 2,01 до 1,74 млн чел.). Население Центральной Сербии сократилось на 15,5 % (с 5,8 до 4,9 млн чел.).

Этническая структура населения за этот период претерпела заметные изменения. В это время шел отмеченный сербскими авторами [Raduški, 2011; Moró, Reményi, 2024] процесс этнической гомогенизации населения Сербии, который происходил в пользу сербского населения в Центральной Сербии и Воеводине (рис. 1). Однако, численность сербов за этот период также сократилась (с 6,45 до 5,42 млн), но это уменьшение происходило менее быстрыми темпами, чем других народов. Также нужно отметить, что сербское население пополнилось за счет достаточно многочисленной в 1991 г. категории лиц, обозначавших себя как югословены (их доля за это время уменьшилась с 3,33 до 0,35 %).

Территория Косово и Метохии, которую в ходе вооруженного конфликта и после него покинула значительная часть сербов, характеризовалась этнической гомогенизацией в пользу албанского населения. И это произошло даже несмотря на то, что численность албанцев здесь с 1991 по 2024 гг. также испытала сокращение – с 1,6 млн (оценка) до 1 млн 485 тыс. чел.

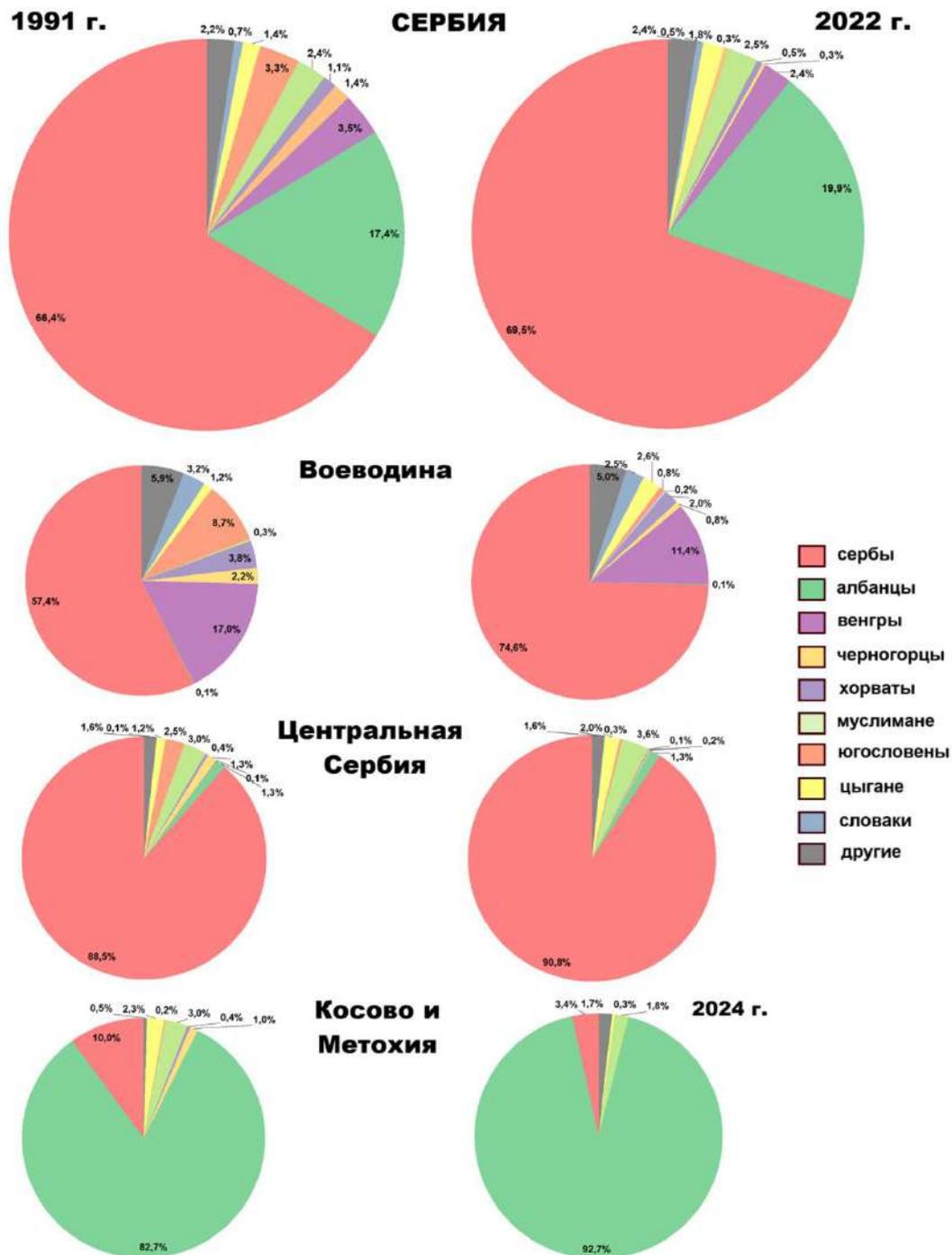


Рис. 1. Этническая структура населения Сербии и ее основных частей в 1991 и 2022 гг. (по Косово и Метохии оценка авторов на 1991 и 2024 гг.)
 Fig. 1. Ethnic structure of the population of Serbia and its main parts in 1991 and 2022 (for Kosovo and Metohija, authors' estimates for 1991 and 2024)

Обозначенные тенденции в динамике этнической структуры населения подтверждаются картами, где на уровне общин представлена величина индекса этнической однородности (с обозначением лидерства этнических групп) за 1991 и 2022/24 гг. (рис. 2). Если этническое пространство Центральной Сербии характеризуется лишь небольшими изменениями, то в Воеводине в большинстве общин наблюдается рост этнической однородности в пользу сербского населения, а в Косово и Метохии – в пользу албанцев.

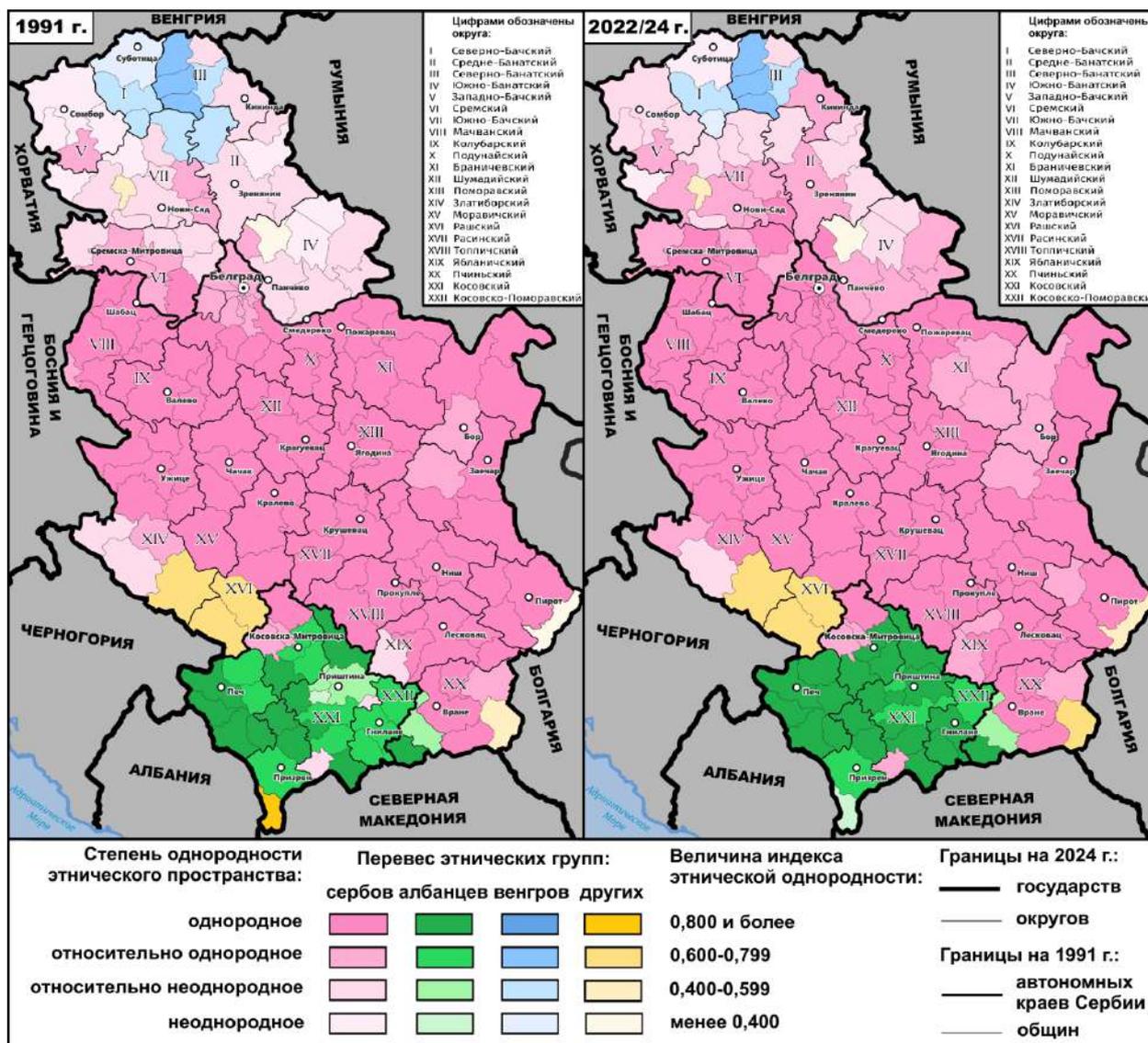


Рис. 2. Оценка степени однородности этнического пространства Сербии в 1991 и 2022 гг.
Fig. 2. Assessment of Serbia's ethnic space homogeneity degree in 1991 and 2022

По этим картосхемам можно проследить, с одной стороны, процесс расширения этнического ядра сербов (ИЭО более 0,8) на территорию Воеводины, с другой стороны, его неустойчивость на некоторых участках в восточной части Центральной Сербии. Произошло сужение этнического ядра венгров в Воеводине (общины с перевесом венгерского населения), но повысилась этническая однородность общин болгар в Центральной Сербии (на границе с Болгарией). Этническое ядро албанцев стало охватывать почти всю территорию Косово и Метохии. Хотя нужно отметить, что островки сербского населения, кроме Северного Косово, сохранились и в его центральной части, где общины в границах 1991 г. (по которым был рассчитан ИЭО) были разделены на собственно албанские и сербские.

Однако выявленные изменения в территориальной структуре этнического пространства Сербии характеризуют интервал между 1991 и 2022/24 гг. целиком, хотя он был внутренне неоднородным с точки зрения направленности этнодемографических процессов, которые лучше проследить по картосхемам, представляющим два периода с различающейся динамикой – с 1991 по 2011 гг. и с 2011 по 2022/24 гг. (рис. 3).

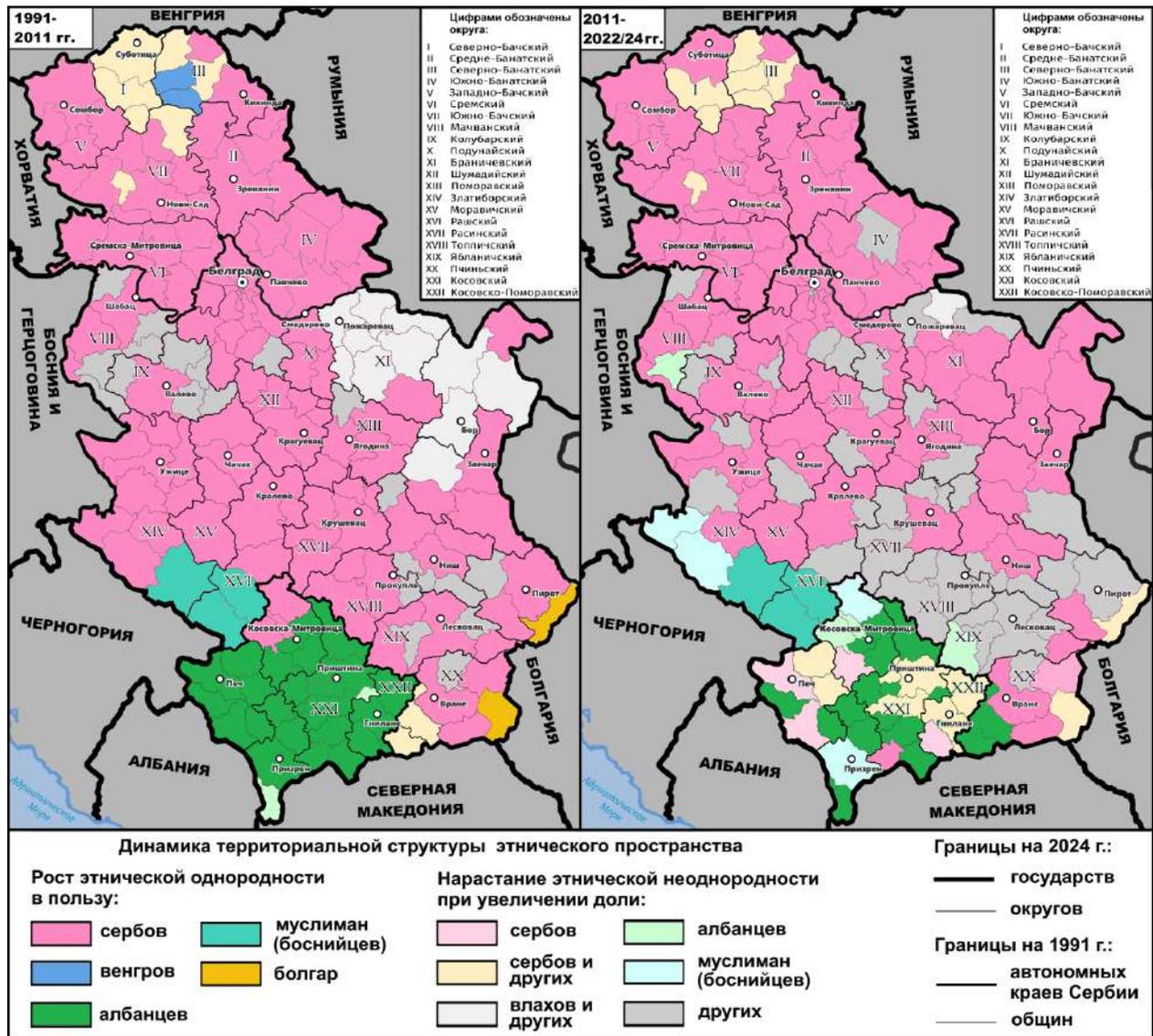


Рис. 3. Динамика территориальной структуры этнического пространства Сербии с 1991 по 2011 гг. и с 2011 по 2022/24 гг.

Fig. 3. Dynamics of the territorial structure of Serbia's ethnic space from 1991 to 2011 and from 2011 to 2022/24

На период с 1991 по 2011 гг. пришелся распад Югославии, сопровождаемый серией вооруженных конфликтов, войной в Косово и агрессией НАТО против Сербии, которые спровоцировали волны вынужденных миграций, в частности, сербского населения из Косово и Метохии и бывших югославских республик. В пределах бывшей Югославии основной поток сербов и югословен (лиц с общегославской идентичностью) был направлен в Центральную Сербию и Воеводину, что способствовало укреплению там позиций этнического ядра сербов. В этот период численность населения Воеводины сократилась значительно меньше, чем Центральной Сербии (соответственно, с 2,01 до 1,93 млн чел. и с 5,81 до 5,25 млн). При этом в автономном крае четко обозначился процесс растворения венгерского этнического ядра, хотя еще сохранились две общины в Северном Банате с ростом доли венгерского населения. Также сократилась численность населения Косово и Метохии (с 1,96 до 1,78 млн), но вынужденные миграции сербского населения почти на всей территории автономного края (кроме Северного Косово) привели к росту этнической однородности в пользу албанцев.

Нужно отметить еще два этнических ареала в Центральной Сербии, находящихся за пределами этнического ядра сербов, где в период с 1991 по 2011 гг. наблюдался рост однородности этнического пространства. Это территория двух общин с перевесом болгарского населения (на границе с Болгарией) и трех общин со значительным перевесом мусульманского населения (муслиман-боснийцев), расположенных близ границ с Черногорией. Еще в целом ряде общин в Центральной Сербии происходило уменьшение доли сербов по причине более высокой рождаемости других народов (особенно цыган). Но необычный ареал с нарастающей этнической неоднородностью проявился на восточной периферии сербского этнического ядра, близ стыка границ с Румынией и Болгарией. Здесь с 1991 по 2002 гг. был зафиксирован более чем двукратный рост численности вlahов, доля которых даже превысила удельный вес румын. Правда, к 2022 г. вlahов вновь стало меньше румын, что позволяет говорить лишь о кратковременном «всплеске» этнического самосознания этого малочисленного народа.

Период между переписями населения 2011 и 2022 гг. (2024 г. в Косово и Метохии) характеризуется еще большим ухудшением демографической обстановки в Сербии, когда ведущими факторами динамики численности населения страны стали значительная естественная убыль и миграционный отток за пределы государства. В более выигрышной ситуации оказались народы с относительно высокой рождаемостью (муслимане-боснийцы, албанцы, цыгане), подтянувшие свой удельный вес в населении, но и они испытывали сокращение численности. Единственными, кто увеличил в этот период не только свою долю, но и численность, стали югословены.

И все же темпы сокращения численности сербов были ниже, чем других народов, поэтому продолжалось укрепление этнического ядра сербов, особенно в северной части Центральной Сербии и Воеводине. Тем не менее, в достаточно большом количестве общин наблюдалось падение доли сербов, хотя последнее происходило чаще всего благодаря росту удельного веса лиц, вернувшихся к общегославской идентичности и называющих себя югословенами. В Воеводине продолжалось растворение венгерского этнического ядра. С другой стороны, в Центральной Сербии повысилась этническая однородность территорий с перевесом мусульманского населения (муслиман-боснийцев и албанцев).

Однако на территории Косово и Метохии из-за значительного оттока албанцев (их численность сократилась почти на 10 %) в ряде муниципалитетов начался обратный процесс – уменьшение этнической однородности при увеличении доли сербов и других народов. И только в Северном Косово нарастание этнической неоднородности стало следствием роста доли албанцев. Хотя в данном случае нужно учесть, что часть сербов в Северном Косово бойкотировала переписи населения 2011 и 2024 гг., и при этом нет надежных данных, позволяющих достаточно точно оценить их численность в эти годы. Согласно нашим оценкам, численность сербов в Косово и Метохии в период с 1991 по 2011 гг. сократилась примерно на две трети, а с 2011 по 2024 гг. – только на 15 %.

Заключение

Этническое пространство в работе рассматривается как один из важнейших слоев геокультурного пространства, и исследование вносит вклад в развитие соответствующей концепции, разработанной в отечественной культурной географии. Новизна исследования связана с использованием в ходе статистико-картографического анализа индекса этнической однородности, одновременно с величиной которого на картах отображается, какая из этнических групп лидирует в населении территориальных единиц.

На протяжении всего периода исследования (с 1991 по 2022/24 гг.) наблюдалось нарастание однородности этнического пространства в пользу сербов на большей части территории страны (кроме автономного края Косово и Метохия). В 1990-е гг. этому

способствовали вынужденные миграции сербов из республик бывшей Югославии. Данная тенденция продолжилась и в двух первых десятилетиях XXI в., хотя заметную роль здесь сыграл переход к сербской идентичности части населения, ранее принявшего общегославскую идентичность (югословены).

В Центральной Сербии, на периферии этнического ядра сербов до 2011 г. отмечался рост этнической однородности общин болгар (на границе с Болгарией), а также на протяжении всего периода росла этническая однородность общин с перевесом мусульман (на границе с Черногорией). В Воеводине в течение всего периода происходило растворение венгерского этнического ядра, хотя между переписями 1991 и 2011 гг. еще сохранялись две общины с ростом доли венгерского населения. Автономный край Косово и Метохия на протяжении всего периода исследования испытывал рост однородности этнического пространства в пользу албанцев, который, однако, сильно замедлился в период между переписями 2011 и 2024 гг.

Список литературы

- Анникова В.А., Радусинович М. 2015. Этнические конфликты на территории бывшей Югославии. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Социология, 15(4): 94–102.
- Богданова А.В., Макарова Д.А. 2025. Особенности миграционных процессов в Сербии в контексте иммиграции сербов в Германию. Вопросы национальных и федеративных отношений, 15(1): 169–176.
- Гуськова Е.Ю. 2001. История югославского кризиса (1990–2000). М., Русское право, 720 с.
- Гуськова Е.Ю. 2015. Сербь в необъявленной войне конца XX века. Славянский мир в третьем тысячелетии, 10: 136–137.
- Дмитриев А.В., Миливоевич С. 2010. Этническая чистка в Косово и риски ее повторов в России. Социальная политика и социология, 3 (57): 50–67.
- Манаков А.Г., Сидорович А.А., Иванов И.А. 2024. Территориальные различия в изменении этнической структуры населения стран Прибалтики в постсоветский период. Псковский регионологический журнал, 20(4): 46–67. <https://doi.org/10.37490/S221979310032023-8>
- Манаков А.Г. 2018. Этнокультурное пространство России: структура и геодинамика с XVIII века. Псков, Псковский государственный университет, 207 с.
- Николаева Е.Д. 2024. Изменение этнической структуры населения стран Центральной Азии в постсоветский период. Псковский регионологический журнал, 20(1): 77–90. <https://doi.org/10.37490/S221979310029485-6>
- Николаева Е.Д. 2025. Изменения в этническом пространстве Туркменистана в постсоветский период (по итогам переписей населения 1989 и 2022 гг.). Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки, 18(1): 41–52.
- Соколов А.С. 2024а. Очаги напряженности и вооруженные конфликты в мире в XXI веке. Бывшая Югославия. Часть 1. География, 3: 3–14.
- Соколов А.С. 2024б. Очаги напряженности и вооруженные конфликты в мире в XXI веке. Бывшая Югославия. Часть 2. География, 5: 23–37.
- Соколов А.С. 2025. Математико-картографические методы оценки этнической неоднородности (на примере Белоруссии). Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки, 18(1): 53–75.
- Соколов А.С., Иванов И.А. 2024. Пространственный анализ и картографирование этнической неоднородности Белоруссии. Псковский регионологический журнал, 20(3): 40–68. <https://doi.org/10.37490/S221979310031446-3>
- Теренина Н.К., Иванов И.А., Владыкин Б.А., Алексеева О.С. 2024. Динамика контактной зоны между славянскими и финно-угорскими народами на северо-востоке Европейской России в 2010-е годы. Псковский регионологический журнал, 20(4): 68–83. <https://doi.org/10.37490/S221979310032224-9>
- Теренина Н.К. 2025. Пространственные особенности динамики славяно-тюркских контактных зон в Поволжско-Уральском регионе в 2010–2021 годах. Вестник Балтийского федерального

- университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки, 1: 5–17. <https://doi.org/10.5922/vestniknat-2025-1-1>
- Ходунов А.С. 2016. Демографическая динамика Сербии, Черногории и Республики Сербской в конце XX – начале XXI в. Есть ли возможность остановить катастрофу? В кн. Системный мониторинг глобальных и региональных рисков. Отв. ред. Л.Е. Гринин, А.В. Коротаев, Л.М. Исаев, К.В. Мещерина. Волгоград, Учитель: 326–403.
- Demjaha A. 2017. Inter-Ethnic Relations in Kosovo. *Seeu Review*, 12(1): 181–196. <https://doi.org/10.1515/seeur-2017-0013>
- Ivanov I.A., Manakov A.G., Terenina N.K. 2024. Spatial Aspects of Development of the Ethno-Contact Zone in Karelia. *Arctic and North*, 55: 116–129. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2024.55.116>
- Knežević A. 2019. Mother Tongue as a Determinant of Ethnic Identity in Population Censuses of Serbia. *Annales-Anali za Istrske in Mediteranske Studije-Series Historia et Sociologia*, 29(3): 455–472. <https://doi.org/10.19233/ASHS.2019.30>
- Knežević A., Radić N. 2016. The Census Categorization of Ethnic Identity: Between Theoretical Comprehensions and Statistical Practice. *Stanovništvo*, 54(2): 59–81. <https://doi.org/10.2298/STNV161122010K>
- Mekaj G., Aliaj K. 2019. Ethnic Dimension in Kosovo, Security and Its Consequences in Transition. *ILIRIA International Review*, 9(1): 160–177.
- Moró D., Reményi P. 2024. Ethnic Diversity Changes of Vojvodina between 1990 and 2020. *Deturope – The Central European Journal of Tourism and Regional Development*, 16(3): 57–81. <http://dx.doi.org/10.32725/det.2024.011>
- Nikitović V. 2013. Migration Transition in Serbia: Demographic Perspective. *Sociologija*, 55(2): 187–208. <https://doi.org/10.2298/SOC1302187N>
- Nikitović V. 2016. Long-Term Effects of Low Fertility in the Region of Former Yugoslavia. *Stanovništvo*, 54(2): 27–58. <https://doi.org/10.2298/STNV161115009N>
- Petsinis V. 2008. Serbs and Ethnic Hungarians in Vojvodina: Ethnic Conflict Placed within a Framework Beyond Groupism. *Sociológia*, 40(3): 258–277.
- Raduški N. 2011. Ethnic homogenization of Serbia in the period 1991–2002. *Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic SASA*, 61(2): 37–51. <https://doi.org/10.2298/IJGI1102037R>
- Raduški N. 2024. Census 2022: Population of Serbia According to Nationality. *Srpska politička misao*, 83(1): 7–27.
- Sallova D. 2017. Ethnic Decentralization in Kosovo. *THESIS*, 6(2): 97–111.
- Terenina N.K., Krotok R.N. 2024. Changes in the Ethnic Heterogeneity of Russian Regions over the 2010s–2020s in the Light of Ethnic Contact Zones. *Geography and Natural Resources*, 45: 337–345. <https://doi.org/10.1134/S1875372824700653>
- Trnavčević N., Knežević A. 2023. The Demographic Approach to the Quality of Official Ethnicity Data in Serbia – a Research Proposal. *Stanovništvo*, 61(1): 17–33. <https://doi.org/10.2298/STNV220416004T>

References

- Annikova V.A., Radusinovich M. 2015. Ethnic conflicts in the territory of the former Yugoslavia. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Sociology*, 15 (4): 94–102. (in Russian).
- Bogdanova A.V., Makarova D.A. 2025. Osobennosti migratsionnykh protsessov v Serbii v kontekste immigratsii serbov v Germaniyu [Peculiarities of Migration Processes in Serbia in the Context of Serbian Immigration to Germany]. *Voprosy natsional'nykh i federativnykh otnosheniy*, 15(1): 169–176.
- Guskova E.Yu. 2001. *Istoriya yugoslavskogo krizisa (1990–2000)* [History of the Yugoslav crisis (1990–2000)]. Moscow, Publ. Russkoe pravo, 720 p.
- Guskova E.Yu. 2015. Serbs in the Undeclared War of the Late 20th Century. *Slavic world in the third millennium*, 10: 136–137 (in Russian).

- Dmitriev A.V., Milivoevich S. 2010. Etnicheskaya chistka v Kosovo i riski ee povtorov v Rossii [Ethnic cleansing in Kosovo and the risks of its repetition in Russia]. *Sotsial'naya politika i sotsiologiya*, 3 (57): 50–67.
- Manakov A.G., Sidorovich A.A., Ivanov I. A. 2024. Territorial Differences in the Changes in the Ethnic Structure of the Population of the Baltic States in the Post-Soviet Period. *Pskov Journal of Regional Studies*, 20(4): 46–67 (in Russian). <https://doi.org/10.37490/S221979310032023-8>
- Manakov A.G. 2018. Etnokul'turnoe prostranstvo Rossii: struktura i geodinamika s XVIII veka [Ethnocultural Space of Russia: Structure and Geodynamics Since the 18th Century]. Pskov, Publ. Pskov State University, 207 p.
- Nikolaeva E.D. 2024. Changes in the Ethnic Structure of the Population of Central Asia Countries in the Post-Soviet Period. *Pskov Journal of Regional Studies*, 20(1): 77–90 (in Russian). <https://doi.org/10.37490/S221979310029485-6>
- Nikolaeva E.D. 2025. Changes in the Ethnic Space of Turkmenistan in the Post-Soviet Period (Based on the Results of the Population Censuses of 1989 and 2022). *Bulletin of the Pskov State University. Series "Natural and physical and mathematical sciences"*, 18(1): 41–52 (in Russian).
- Sokolov A.S. 2024a. Separatist Movements, Trouble Spots and Armed Conflicts in the World in the XXI Century. Former Yugoslavia. Part 1. *Geography*, 3: 3–14. (in Russian).
- Sokolov A.S. 2024b. Ochagi napryazhennosti i vooruzhennyye konflikty v mire v XXI veke. Byvshaya Yugoslaviya. Chast' 2 [Hotbeds of Tension and Armed Conflicts in the World in the 21st Century. Former Yugoslavia. Part 2]. *Geografiya*, 5: 23–37.
- Sokolov A.S. 2025. Mathematic and Cartographic Methods of Ethnic Heterogeneity Assessment (on the Example of Belarus). *Bulletin of the Pskov State University. Series "Natural and physical and mathematical sciences"*, 18(1): 53–75 (in Russian).
- Sokolov A.S., Ivanov I.A. 2024. Spatial analysis and mapping the ethnic heterogeneity of Belarus. *Pskov Journal of Regional Studies*, 20 (3): 40–68. (in Russian). <https://doi.org/10.37490/S221979310031446-3>
- Terenina N.K., Ivanov I.A., Vladykin B.A., Alekseeva O.S. 2024. Dynamics of the Contact Zone Between Slavic and Finno-Ugric Peoples in the North-East of European Russia in the 2010s. *Pskov Journal of Regional Studies*, 20(4): 68–83 (in Russian). <https://doi.org/10.37490/S221979310032224-9>
- Terenina N.K. 2025. Spatial features of the dynamics of Slavic-Turkic contact zones in the Volga-Ural region in 2010–2021, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, 1: 5–17. (in Russian). <https://doi.org/10.5922/vestniknat-2025-1-1>
- Khodunov A.S. 2016. Demograficheskaya dinamika Serbii, Chernogorii i Respubliki Serbskoy v kontse KhKh – nachale KhKhI v. Est' li vozmozhnost' ostanovit' katastrofu? [Demographic Dynamics of Serbia, Montenegro and the Republic of Srpska in the Late 20th – Early 21st Century. Is It Possible to Stop the Catastrophe?]. In: *Sistemnyy monitoring global'nykh i regional'nykh riskov [Systematic Monitoring of Global and Regional Risks]*. Ed. by L.E. Grinin, A.V. Korotaev, L.M. Isaev, K.V. Meshcherina. Volgograd, Publ. Uchitel': 326–403.
- Demjaha A. 2017. Inter-ethnic relations in Kosovo. *Seeu Review*, 12 (1): 181–196. <https://doi.org/10.1515/seeur-2017-0013>
- Ivanov I.A., Manakov A.G., Terenina N.K. 2024. Spatial Aspects of Development of the Ethno-Contact Zone in Karelia. *Arktika i Sever [Arctic and North]*, 55: 116–129. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2024.55.116>
- Knežević A. 2019. Mother Tongue as a Determinant of Ethnic Identity in Population Censuses of Serbia. *Annales-Anali za Istrske in Mediteranske Studije-Series Historia et Sociologia*, 29(3): 455–472. <https://doi.org/10.19233/ASHS.2019.30>
- Knežević A., Radić N. 2016. The census categorization of ethnic identity: Between theoretical comprehensions and statistical practice. *Stanovništvo*, 54 (2): 59–81. <https://doi.org/10.2298/STNV161122010K>
- Mekaj G., Aliaj K. 2019. Ethnic dimension in Kosovo, security and its consequences in transition. *ILIRIA International Review*, 9 (1): 160–177. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=805130>



- Moró D., Reményi P. 2024. Ethnic diversity changes of Vojvodina between 1990 and 2020. *Deturope – The Central European Journal of Regional Development and Tourism*, 16(3): 57–81. <http://dx.doi.org/10.32725/det.2024.011>
- Nikitović V. 2013. Migration transition in Serbia: demographic perspective. *Sociologija*, 55 (2): 187–208. <https://doi.org/10.2298/SOC1302187N>
- Nikitović V. 2016. Long-term Effects of Low Fertility in the Region of Former Yugoslavia. *Stanovništvo*, 54 (2): 27–58. <https://doi.org/10.2298/STNV161115009N>
- Petsinis V. 2008. Serbs and ethnic Hungarians in Vojvodina: Ethnic conflict placed within a framework beyond groupism. *Sociológia*, 40 (3): 258–277. https://www.researchgate.net/publication/267805470_Serbs_and_Ethnic_Hungarians_in_Vojvodina_Ethnic_Conflict_Placed_within_a_Framework_beyond_Groupism
- Raduški N. 2011. Ethnic homogenization of Serbia in the period 1991–2002. *Зборник радова Географског института Јован Цвијић САНУ*, 61 (2), 37–51. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=578026>
- Raduški N. 2024. Census 2022: Population of Serbia According to Nationality. *Srpska politička misao*, 83(1): 7–27.
- Sallova D. 2017. Ethnic Decentralization in Kosovo. *THESIS*, 6(2): 97–111.
- Terenina N.K., Krotok R.N. 2024. Changes in the Ethnic Heterogeneity of Russian Regions over the 2010s–2020s in the Light of Ethnic Contact Zones. *Geography and Natural Resources*, 45: 337–345. <https://doi.org/10.1134/S1875372824700653>
- Trnavčević N., Knežević A. 2023. The demographic approach to the quality of official ethnicity data in Serbia – a research proposal. *Stanovništvo*, 61 (1): 17–33. <http://dx.doi.org/10.2298/STNV220416004T>

*Поступила в редакцию 03.08.2025;
поступила после рецензирования 02.09.2025;
принята к публикации 21.09.2025*

*Received August 03, 2025;
Revised September 02, 2025;
Accepted September 21, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Изотов Дмитрий Дмитриевич, аспирант кафедры географии, Псковский государственный университет, г. Псков, Россия

Манаков Андрей Геннадьевич, доктор географических наук, профессор, профессор кафедры географии, Псковский государственный университет, г. Псков, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dmitry D. Izotov, Postgraduate student, Department of Geography, Pskov State University, Pskov, Russia

Andrei G. Manakov, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Professor of the Department of Geography, Pskov State University, Pskov, Russia



УДК 911+631+633+636
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-6
EDN XQXWDX

Региональные внутренние различия растениеводства в Нахчыванском экономическом районе Республики Азербайджан

Гасанов И.Г.

Нахчыванский Государственный Университет
Азербайджан, AZ7000, г. Нахчыван, ул. Истиглал, 85
ismethesenov@ndu.edu.az

Аннотация. Цель данного исследования – выявить региональные внутренние различия в сельском хозяйстве Нахчыванского экономического района и оценить их влияние на продовольственное обеспечение. Для достижения цели поставлены следующие задачи: (1) проанализировать распределение посевных площадей по административным районам; (2) оценить динамику изменения сельскохозяйственного производства за период 2000–2023 гг.; (3) определить влияние рельефа, природно-климатических условий и ирригационных возможностей на размещение сельскохозяйственных культур; (4) оценить состояние животноводства и роль кормовых культур. Исследование проведено с использованием дескриптивного статистического метода, сравнительного анализа, картографирования и обработки статистических данных Государственного комитета статистики Азербайджана. Основные результаты показывают, что в 2000–2022 гг. рост посевных площадей происходил преимущественно в равнинных районах, а в 2023 г. наблюдалось значительное сокращение посевов на 39,1 %, что негативно повлияло на производство продукции и продовольственное обеспечение. Наибольшая площадь кормовых культур зафиксирована в Шарурском районе, что создает основу для развития животноводства. В целом, различия в рельефе, водных ресурсах и климатических условиях обуславливают неравномерное распределение сельскохозяйственного производства в регионе.

Ключевые слова: Нахчыванский экономический район Азербайджана, региональные различия, факторы развития сельского хозяйства, продуктивность, орошение, распределение посевных площадей, сельскохозяйственное производство

Для цитирования: Гасанов И.Г. 2026. Региональные внутренние различия растениеводства в Нахчыванском экономическом районе Республики Азербайджан. Региональные геосистемы, 50(1): 196–206. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-6 EDN: XQXWDX

Regional Internal Differences in Crop Production in the Nakhchivan Economic Region of the Republic of Azerbaijan

Ismat G. Hasanov

Nakhchivan State University
85 Istiglal St., Nakhchivan, AZ7000, Azerbaijan,
ismethesenov@ndu.edu.az

Abstract. The paper presents the results of the study aimed at identifying regional internal differences in the agriculture of the Nakhchivan economic region and assessing their impact on food security. To achieve the aim, the following objectives were set: (1) to analyze the distribution of cultivated areas by administrative districts; (2) to assess the dynamics of changes in agricultural production for the period 2000–2023; (3) to determine the influence of relief, natural and climatic conditions and irrigation capabilities on the placement of agricultural crops; (4) to assess the state of livestock farming and the role of forage crops. The study was conducted using the descriptive statistical method, comparative analysis,

© Гасанов И.Г., 2026

mapping and processing of statistical data of the State Statistical Committee of Azerbaijan. The main results show that in 2000–2022, the increase in sown areas occurred mainly in lowland areas, while in 2023 there was a significant decrease in crops by 39.1%, which negatively affected production and food security. The largest area of forage crops is found in the Sharur district, creating the basis for the development of livestock farming. Overall, differences in topography, water resources, and climate conditions result in an uneven distribution of agricultural production in the region.

Keywords: Nakhchivan economic region of Azerbaijan, regional differences, agricultural development factors, crop productivity, irrigation, distribution of cultivated areas, agricultural production

For citation: Hasanov I.G. 2026. Regional Internal Differences in Crop Production in the Nakhchivan Economic Region of the Republic of Azerbaijan. *Regional Geosystems*, 50(1): 196–206 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-6 EDN: XQXWDX

Введение

При выращивании сельскохозяйственных культур природно-географические условия учитываются как ведущие факторы [Воронов, 2016; Huang et al., 2025]. Они значительно влияют на формирование специализации в области возделывания сельскохозяйственных продуктов [Сапоненко, Тетёркина, 2010; Wu et al., 2023]. Даже на небольших территориях, например, там, где горы и равнины располагаются рядом, направления выращивания сельскохозяйственных культур изменяются [Максименко, Юрченко, 2025], поскольку с увеличением абсолютной высоты меняются показатели температуры [Кочуров и др., 2025], осадков и агроклиматических ресурсов [Кислицкий, Логачев, 2019; Чугунова, Полякова, 2025]. Соответственно, изменяются их урожайность, условия возделывания и качество получаемой продукции [Силаева, 2019; Gu et al., 2024].

Такие изменения наблюдаются и в административных районах, входящих в состав Нахчыванского экономического района. По мере продвижения от равнины Шарур–Ордубад к хребтам Даралаяз и Зангезур абсолютная высота увеличивается. Поэтому можно утверждать, что между административными районами существуют значительные различия, как в распределении сельскохозяйственных культур, так и в объёмах получаемой продукции [Ismayilov et al., 2019; Hajiyeva, Jafarova, 2024].

Общие посевные площади, на которых возделываются сельскохозяйственные культуры, зависят от рельефа, природно-климатических (включая агроклиматические) ресурсов и уровня обеспеченности водными ресурсами [Hajiyeva, Ibrahimova, 2024; Najafov et al., 2025]. В таких территориях, как Нахчыванский экономический район, отличающихся тёплым и засушливым климатом, создание оросительной сети и коллекторно-дренажной системы также оказывает влияние на расширение посевных площадей. Вместе с тем особое значение имеют строительство водохранилищ и оросительных каналов [Hajiyeva et al., 2023; Guerriero et al., 2024].

Второй важной отраслью сельского хозяйства является животноводство, которое играет значительную роль в удовлетворении потребности населения в продовольственных товарах [Liu et al., 2021; Wang et al., 2024]. В этой сфере производится такая продукция питания, как мясо, молоко, молочные продукты и яйца [Yan et al., 2023; Аманова, 2024]. Эти продукты занимают важное место в рационе населения. Наряду с продовольственными товарами, продукция животноводства – кожа, шерсть, кокон шелкопряда и другие виды сырья служит базой для создания предприятий пищевой и лёгкой промышленности. Поэтому устойчивое развитие животноводческой отрасли является важным условием обеспечения продовольственной безопасности в регионах.

Несмотря на значительное влияние природно-географических и водохозяйственных факторов на развитие сельского хозяйства, в научных исследованиях недостаточно полно отражены территориальные различия сельскохозяйственного производства в разрезе административных районов Нахчыванского экономического

района, а также их динамика по годам. Это затрудняет выявление современных тенденций развития отрасли и обоснование приоритетных направлений её дальнейшего развития.

В связи с этим целью настоящего исследования является анализ пространственных различий и динамики развития растениеводства и животноводства в административных районах Нахчыванского экономического района с учётом природно-географических, агроклиматических и водохозяйственных факторов.

Объектом исследования является сельское хозяйство Нахчыванского экономического района Азербайджана, предметом исследования – территориальные особенности, факторы развития и динамика посевных площадей, урожайности сельскохозяйственных культур и животноводства в разрезе его административных районов.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются административные районы Нахчыванского экономического района (Шарур, Бабек, Кенгерли, Джульфа, Ордубад, Шахбуз, Садарак и город Нахчыван) и показатели их сельскохозяйственного производства. Материальную базу исследования составляют официальные статистические данные по посевным площадям и объёмам продукции за период 2000–2023 гг., собранные из ежегодных изданий Государственного комитета статистики Азербайджана («Сельское хозяйство Азербайджана»).

Методика исследования включала несколько этапов:

- сбор и систематизация статистических данных по административным районам;
- анализ распределения посевных площадей и объёмов сельскохозяйственной продукции с использованием дескриптивного статистического метода и сравнительного анализа;
- оценка влияния рельефа, природно-климатических условий, возможностей орошения и работы коллекторно-дренажных систем на размещение сельскохозяйственных культур;
- анализ урожайности основных сельскохозяйственных культур (пшеница, ячмень, кукуруза, бобовые, кормовые культуры и др.) и динамика их изменения по годам;
- визуализация результатов с помощью карт, диаграмм и графиков для наглядного представления региональных различий.

Практическая значимость исследования заключается в том, что полученные результаты позволяют:

- выявить внутренние региональные различия в сельском хозяйстве Нахчыванского экономического района;
- определить факторы, влияющие на размещение и продуктивность сельскохозяйственных культур;
- обосновать рекомендации по рациональному использованию земельных и водных ресурсов и развитию орошаемой инфраструктуры.

Новизна исследования состоит в комплексной оценке взаимосвязи рельефа, климатических условий и ирригационных возможностей с распределением посевных площадей и продуктивностью сельскохозяйственных культур на уровне всех административных районов Нахчыванского экономического района за многолетний период.

Результаты и их обсуждение

В 2022 году, который принимается как стабильный период для анализа, в экономическом районе насчитывалось 61,3 тыс. га посевных площадей. Это составляло 4,0 % всех посевных площадей страны. Распределение посевных площадей между административными районами является неравномерным. На это влияют такие факторы,

как общая территория районов, их расположение в горных или равнинных зонах, количество сельских населённых пунктов, наличие пригодных для сельского хозяйства земель и другие особенности.

С учётом этих факторов можно отметить, что в 2022 году общие посевные площади были распределены между административными районами следующим образом: в Шарурском и Бабекском районах – 16,2 тыс. га (25,2 %), в Кенгерлинском районе – 10,2 тыс. га (15,8 %), в Джульфинском районе – 8,2 тыс. га (12,8 %).

В других административных районах посевные площади сравнительно небольшие. В частности, в Садаракском районе – 4,5 тыс. га (7,1 %), в Ордубадском районе – 3,9 тыс. га (6,1 %), в Шахбузском районе – 2,8 тыс. га (4,3 %), а на территории Нахчыванской городской администрации – 2,3 тыс. га (3,5 %).

Хотя в административных районах существуют возможности для расширения посевных площадей, в этой сфере также сохраняется ряд серьёзных проблем. В первую очередь возникают трудности с обеспечением оросительной водой. В первые годы XXI века увеличение посевных площадей осуществлялось более интенсивно, однако впоследствии эта работа ослабла. Так, в 2000–2010 годах общие посевные площади в экономическом районе увеличились на 22,1 тыс. га (59,5 %). В 2010–2022 годах этот показатель составил соответственно 5,1 тыс. га (8,6 %).

В Шарурском районе, где посевные площади изначально были относительно большими, в 2000–2022 годах они увеличились на 113 га, а в Бабекском районе – на 3,1 тыс. га (23,5 %). То есть эти административные районы и ранее отличались высокими показателями посевных площадей сельскохозяйственных культур, поэтому темпы роста были низкими (рис. 1).

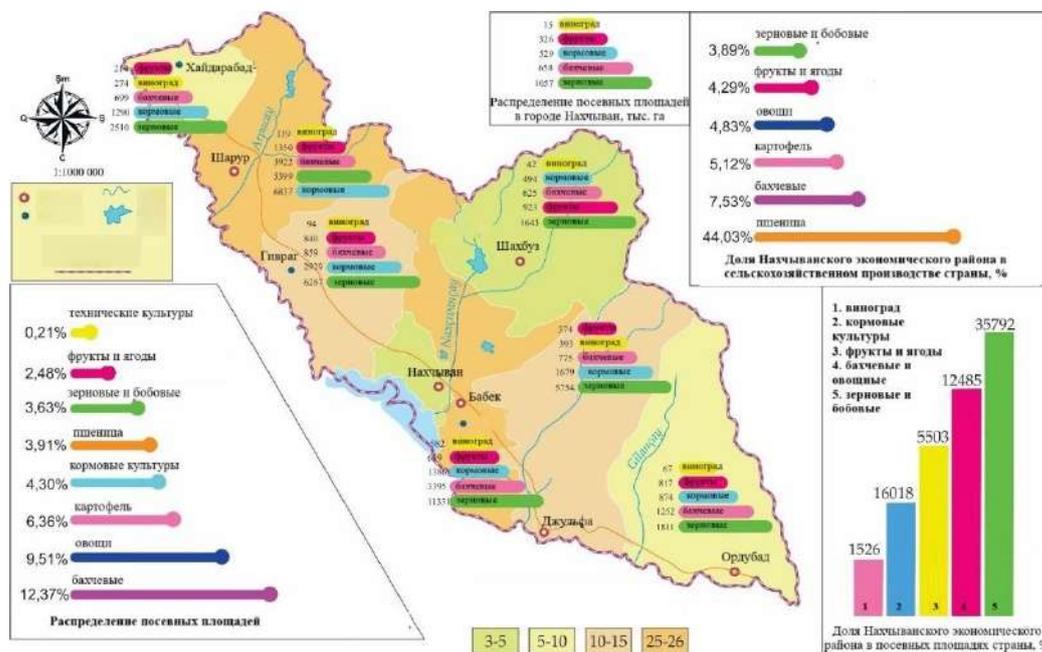


Рис. 1. Картосхема растениеводства Нахчыванского экономического района (2000–2022)
Fig. 1. Crop production map of the Nakhchivan economic region (2000–2022)

В Нахчыванской городской администрации в 2010–2022 годах увеличение посевных площадей составило около 200 га. В Джульфинском районе посевные площади после 2000 года увеличились в 2,2 раза, в Ордубадском районе – на 1642 га, в Шахбузском районе – на 1277 га. Наибольший прирост посевных площадей зафиксирован в Садаракском районе.

После 2000 года посевные площади в районе выросли с 379 га до 4528 га.

Однако в последние годы в экономическом районе наблюдается резкое сокращение посевных площадей. В 2023 году по сравнению с предыдущим годом было засеяно на 25,1 тыс. га меньше (снижение на 39,1 %). Сокращение сельскохозяйственных посевов в административных районах, входящих в экономический район, характеризуется различными показателями.

В Бабекском районе, где посевные площади изначально были большими, их объём за один год уменьшился в 1,98 раза (до 8,0 тыс. га), в Джульфинском районе – в 2,2 раза (до 4,5 тыс. га), в Кенгерлинском районе – на 3,2 тыс. га, а в Шарурском районе – на 3,7 тыс. га.

Сокращение посевных площадей в Нахчыванском экономическом районе привело к значительному снижению объёмов сельскохозяйственного производства. Уменьшение производства отдельных видов сельскохозяйственной продукции негативно сказалось на обеспечении потребностей населения за счёт внутреннего производства. В первую очередь это чётко проявилось в трудностях снабжения продовольственными товарами.

Развитие животноводства напрямую зависит от площади посевов кормовых культур. Их выращивание обеспечивает отрасль как сочными кормами в тёплый период года, так и сухими кормами и другими концентрированными кормовыми продуктами в холодный период. Посевы кормовых культур размещаются как в горных, так и в предгорных и равнинных зонах. Однако административные районы значительно различаются по их распределению. В 2022 году в экономическом районе насчитывалось более 16,0 тыс. га посевов кормовых культур, что составляло 24,9 % всех посевных площадей (рис. 2).

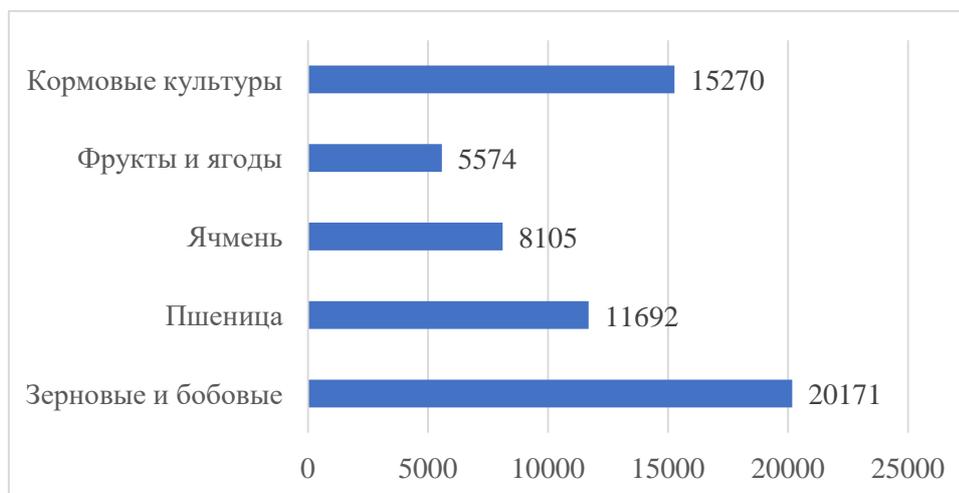


Рис. 2. Посевные площади сельскохозяйственных культур по административным районам Нахчыванского экономического района в 2022 г., га

Fig. 2. Cultivated areas of agricultural crops by administrative districts of the Nakhchivan economic region in 2022, hectares

По площади посевов кормовых культур впереди находится Шарурский район. На территории района кормовые культуры занимали 6,8 тыс. га. Удельный вес района составляет 42,7 %. Второе место занимает Кенгерлинский район, где этот показатель составляет соответственно 2,9 тыс. га (18,3 %) (рис. 3).

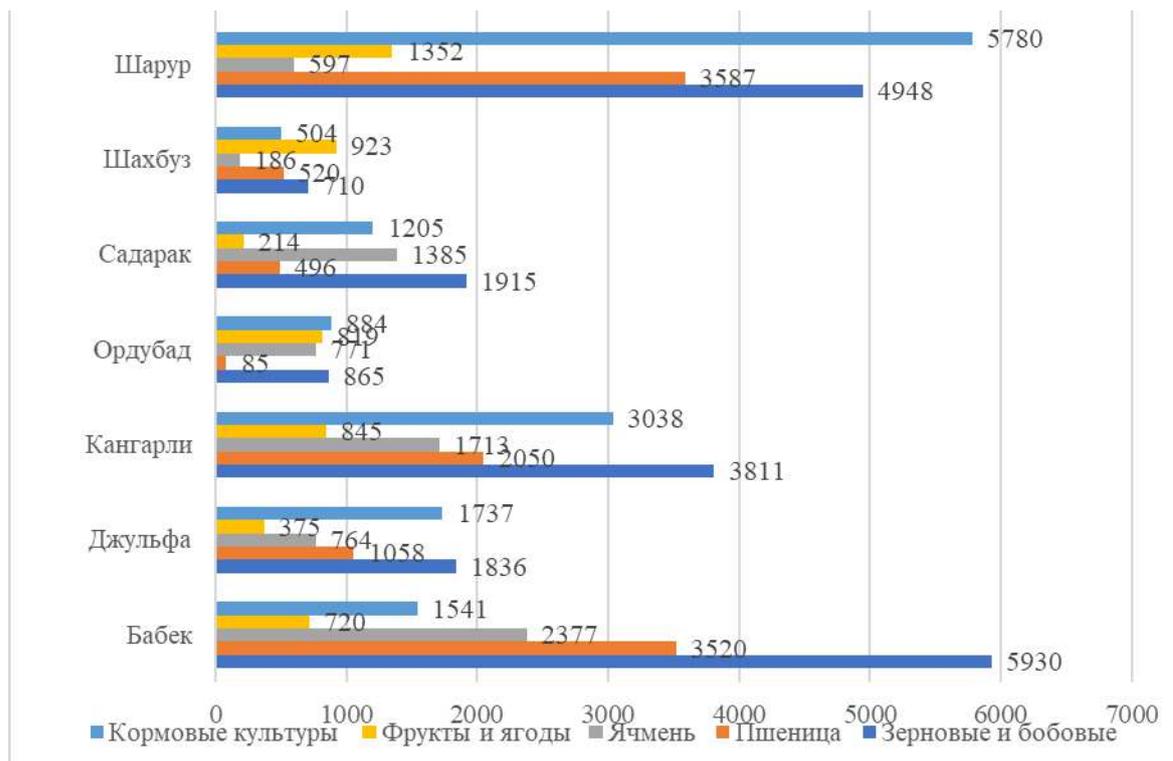


Рис. 3. Посевные площади по административным районам, га
Fig. 3. Cultivated areas by administrative districts, hectares

В Садаракском районе располагается более 1,3 тыс. га (8,1 %) посевов кормовых культур, в Джульфинском – 1,7 тыс. га (10,5 %), а в Бабекском районе – более 1,4 тыс. га (8,7 %). В Ордунадском районе из-за трудностей с орошением площадь посевов кормовых культур составляет около 900 га, а в Нахчыванском городском административном округе и Шахбузском районе – более 500 га в каждом.

В XXI веке посевы кормовых культур в Нахчыванском экономическом районе значительно увеличились. Развитие животноводства, основанного на личных земельных участках и действующих хозяйствах, повысило спрос на продукцию кормовых культур. В 2010–2022 годах площадь посевов кормовых культур по экономическому району выросла более чем на 7,0 тыс. га.

В 2023 году за счёт сокращения площадей под другими культурами, посевы кормовых культур значительно увеличились по сравнению с предыдущим годом. В целом площадь посевов кормовых культур в Нахчыванском экономическом районе частично сократилась, однако в большинстве административных районов она выросла. Сокращение наблюдалось лишь в Шарурском и Садаракском районах.

Как и на всей территории страны, в Нахчыванском экономическом районе животноводческие отрасли основываются преимущественно на личных подсобных хозяйствах. Однако обеспечение их материально-технической базой, приобретение новых пород животных, обеспечение кормовой базы, особенно производство концентрированных и сочных кормов, по-прежнему остаются проблемными. Для их решения необходимо расширение проводимых мероприятий. Как и в растениеводстве, здесь также можно принять 2022 год в качестве базового периода. Это обусловлено тем, что в 2023 году в животноводческих отраслях произошло серьёзное сокращение по сравнению с предыдущим годом.

В 2022 году в экономическом районе насчитывалось 121,9 тыс. голов крупного рогатого скота (КРС). После начала аграрных реформ численность КРС здесь стабильно

увеличивалась. Так, в 2022 году по сравнению с 2000 годом численность увеличилась на 47,9 тыс. голов (64,7 %), а по сравнению с 2010 годом – на 20,7 тыс. голов (20,5 %).

Однако в 2023 году в области скотоводства, являющейся важной отраслью животноводства, произошло очень серьёзное и беспрецедентное падение. В этом году по сравнению с предыдущим численность крупно-рогатого скота сократилась в 2,0 раза и снизилась до 60,3 тыс. голов. Эта численность даже на 13,7 тыс. голов (18,5 %) меньше уровня 2000 года. Сокращение поголовья крупного рогатого скота связано с возникшими трудностями в обеспечении кормовой базы, уменьшением пастбищ и площадей под кормовые культуры, а также со снижением или полным отсутствием промышленного производства концентрированных и сочных кормов. Такая ситуация создаёт серьёзные трудности и в обеспечении населения продукцией животноводства, и проблемы в этой сфере с каждым годом приобретают всё более острый характер (рис. 4).

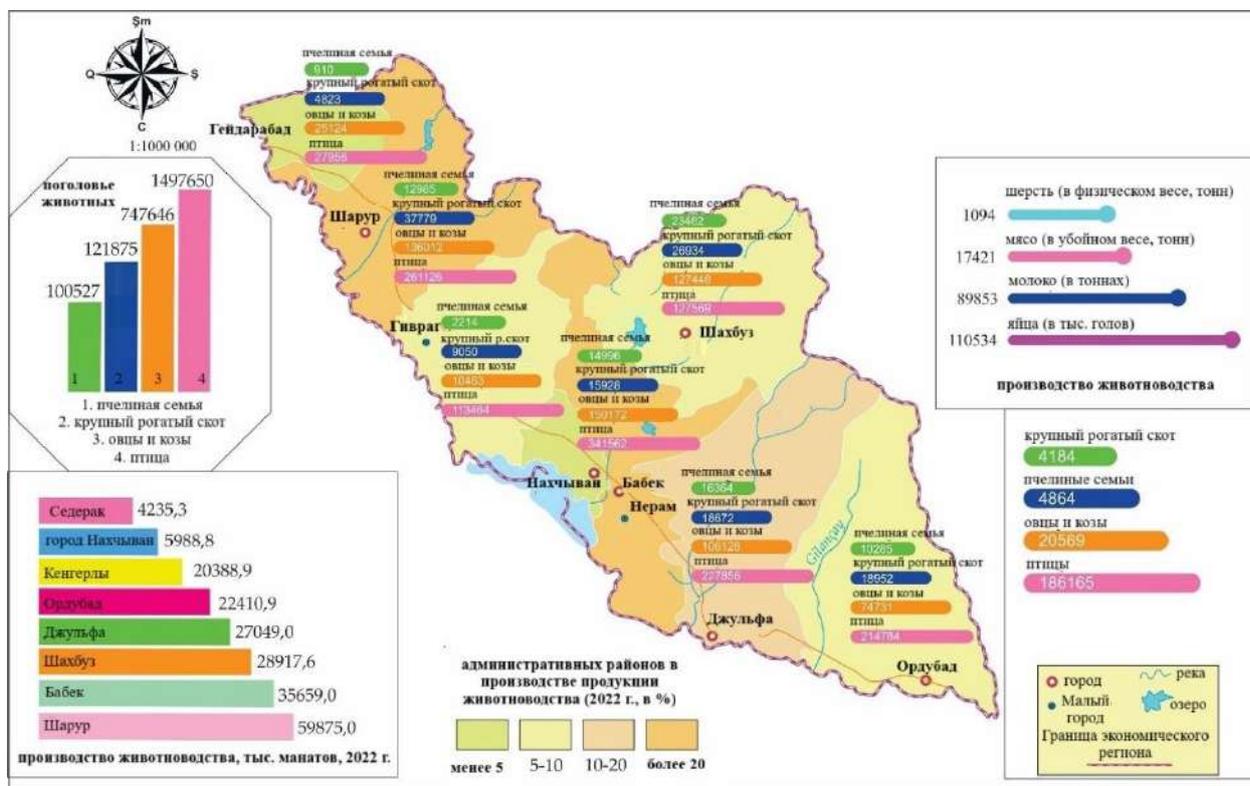


Рис. 4. Карта животноводства Нахчыванского экономического района (2000–2023)

Fig. 4. Livestock map of the Nakhchivan economic region (2000–2023)

В экономическом районе наблюдаются значительные различия в распределении крупного рогатого скота (КРС) между административными районами. Их численность в первую очередь зависит от площади административных территорий, наличия пастбищ, обеспеченности кормовой базой, количества сельских населённых пунктов и числа населения, занимающегося животноводством в этих районах.

В 2022 году по числу голов КРС ведущие позиции занимали Шарурский район – 37,8 тыс. голов (31,0 %) и Шахбузский район – 23,5 тыс. голов (19,3 %). В других районах численность и доля КРС распределялась следующим образом: Джюльфинский – 16,4 тыс. голов (13,4 %), Бабекский – 15,9 тыс. голов (13,1 %), Ордубадский – 10,3 тыс. голов (8,4 %). В районах с относительно небольшой площадью, таких как Кенгерлинский (9,1 тыс. голов) и Садаракский (4,8 тыс. голов), а также в Нахчыванской городской администрации, численность КРС сравнительно низкая и составляет менее 10,0 тыс. голов.

Аграрные реформы XXI века позволили обеспечить устойчивый рост численности КРС в административных районах. Этот рост наблюдался во всех административных районах. Так, в период 2000–2022 годов в Шарурском районе, где численность КРС была высокой, её увеличение составило 7,5 тыс. голов (24,9 %), в Шахбузском районе – 11,5 тыс. голов (96,1 %), в Джульфинском районе – 5,4 тыс. голов (49,7 %), а в Бабекском районе – 2,1 тыс. голов (15,2 %).

В 2025 году общие посевные площади в Нахчыванском экономическом районе составили 41,0 тыс. га, что на 0,5 тыс. га больше, чем в 2024 году, демонстрируя постепенное восстановление после сокращения 2023 года. Наибольшие площади занимают Шарурский район – 12,0 тыс. га (29,3 %) и Бабекский район – 7,9 тыс. га (19,3 %). Кенгерлинский район располагает 6,9 тыс. га (16,8 %), Джульфинский – 4,7 тыс. га (11,5 %), Ордубадский – 3,0 тыс. га (7,3 %), Шахбузский – 2,4 тыс. га (5,9 %), Садаракский – 2,0 тыс. га (4,9 %), Нахчыванская городская администрация – 1,7 тыс. га (4,1 %).

По основным сельскохозяйственным культурам: пшеница занимает 18,4 тыс. га, ячмень – 9,6 тыс. га, кукуруза – 6,4 тыс. га, бобовые и кормовые культуры – 6,6 тыс. га. Наибольший прирост посевов по сравнению с предыдущим годом отмечен в Джульфинском (+0,3 тыс. га) и Кенгерлинском (+0,1 тыс. га) районах. В Шарурском и Бабекском районах произошли небольшие сокращения посевных площадей на 0,2 и 0,1 тыс. га соответственно.

Таким образом, анализ 2025 года демонстрирует постепенное выравнивание распределения посевных площадей между административными районами при сохранении региональных внутренних различий в урожайности и объёмах производства основных сельскохозяйственных культур.

Заключение

Проведённое исследование позволило достичь поставленной цели – выявить региональные внутренние различия сельского хозяйства Нахчыванского экономического района и определить факторы, формирующие их пространственное распределение. В ходе исследования были последовательно решены поставленные задачи, что обеспечило комплексную оценку развития сельского хозяйства в разрезе административных районов.

Установлено, что размещение и масштабы сельскохозяйственного производства в экономическом районе существенно зависят от рельефа, природно-климатических условий и возможностей орошения. Равнинные и хорошо орошаемые районы, прежде всего Шарурский и Бабекский, характеризуются наибольшими посевными площадями, более высокой продуктивностью сельскохозяйственных культур и устойчивым развитием животноводства. В горных и предгорных районах (Ордубадский, Шахбузский) ограниченность пригодных земель и водных ресурсов сдерживает рост производства.

Анализ динамики за 2000–2022 гг. показал расширение посевных площадей преимущественно в равнинных районах, тогда как в 2023 году зафиксировано резкое сокращение общей площади посевов, что негативно отразилось на объёмах сельскохозяйственного производства и продовольственном обеспечении региона. Площади кормовых культур в 2022 году создали важную основу для развития животноводства, однако их последующее сокращение в отдельных районах усугубило проблемы кормовой базы.

Исследование распределения поголовья крупного рогатого скота выявило значительные межрайонные различия, обусловленные площадью пастбищ, уровнем обеспеченности кормами и специализацией хозяйств. Несмотря на устойчивый рост поголовья в 2000–2022 гг., резкое снижение показателей в 2023 году указывает на уязвимость животноводческой отрасли и необходимость системных мер поддержки.

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что устойчивое развитие сельского хозяйства Нахчыванского экономического района возможно при условии учёта региональных внутренних различий, расширения и модернизации оросительной инфраструктуры, рационального использования земельных ресурсов и оптимизации отраслевой специализации в соответствии с природно-географическими условиями. Полученные выводы могут быть использованы при разработке программ территориального развития сельского хозяйства и повышении его эффективности на уровне административных районов.

Список литературы

- Аманова Ш.С. 2024. Проблемы управления городскими ландшафтами (на примере города Ширвана). Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология, 3: 119–125. <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/3/119-125>
- Воронов А.С. 2016. Обоснование приоритетов и механизмов обеспечения инновационно ориентированных структурных сдвигов. Экономика: вчера, сегодня, завтра, 8: 55–65.
- Кислицкий М.М., Логачева О.В. 2019. Трансформация социально-экономических практик сельского населения под воздействием цифровых структурно-технологических изменений в сельскохозяйственных организациях. ЭТАП: Экономическая теория, анализ, практика, 3: 119–129.
- Кочуров Б.И., Чёрная В.В., Блинова Э.А., Бирюкова Е.В. 2025. Зелёная инфраструктура города в развитии инклюзивного экотуризма. Региональные геосистемы, 49(2): 220–230. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-2-220-230>
- Максименко Е.В., Юрченко К.А. 2025. Повышение эффективности использования земель фонда перераспределения в Абинском районе Краснодарского края. Региональные геосистемы, 49(4): 830–839. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-4-1-3>.
- Сапоненко Т.Д., Тетёркина А.М. 2010. Мировой опыт государственной поддержки аграрного сектора экономики. Экономические вопросы развития сельского хозяйства Беларуси, 38: 218–223.
- Силаева Л.П. 2019. Концептуальные основы развития и размещения производства продукции сельскохозяйственных культур и подотраслей АПК. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 3: 106–110
- Чугунова Н.В., Полякова Т.А. 2025. Демографический тренд сломан. Белгородская область. Исход населения. Региональные геосистемы, 49(4): 864–876. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-4-1-6>
- Ismayilov M., Amanova S., Guliyeva I. 2019. Investigation of The Dynamics of Landscapes on The Basis of Vegetation Indication (Sample Area along Kura River). Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 7(2): 14–25.
- Hajiyeva A., Jafarova F. 2024. Analysis of the Regularity of Distribution of Natural Landscapes in the Greater Caucasus Depending on Physical-Geographical Characteristics Using GIS Technology. Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences, 77(2): 221–229. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2024.02.07>
- Hajiyeva G.N., Ibrahimova L.P. 2024. Ecological Problems of Technogenically Disturbed Lands on the Absheron Peninsula. Journal of Geology, Geography and Geoecology, 33(1): 70–76. <https://doi.org/10.15421/112408>
- Hajiyeva G.N., Hajiyeva A.Z., Jafarova F.M. 2023. Ecological problems associated with land cover in the Great Caucasus and important aspects for efficient use. Universidad y Sociedad, 15(1): 277–284. <https://rus.ucf.edu/cu/index.php/rus/article/view/3540>
- Huang J., Lu H., Du M. 2025. Regional Differences in Agricultural Carbon Emissions in China: Measurement, Decomposition, and Influencing Factors. Land, 14(4): 682. <https://doi.org/10.3390/land14040682>
- Gu Y., Qi C., Liu F., Dong Y., Zhang H. 2024. Study on Regional Differences, Dynamic Evolution and Convergence of Nutrition-Sensitive Agricultural Development in China. Agriculture, 14(11): 2034. <https://doi.org/10.3390/agriculture14112034>

- Guerriero V., Scorzini A.R., Di Lena B., Di Bacco M., Tallini M. 2024. Measuring Variation of Crop Production Vulnerability to Climate Fluctuations over Time, Illustrated by the Case Study of Wheat from the Abruzzo Region (Italy). *Sustainability*, 16(15): 6462. <https://doi.org/10.3390/su16156462>
- Liu W., Xu R., Deng Y., Lu W., Zhou B., Zhao M. 2021. Dynamic Relationships, Regional Differences, and Driving Mechanisms between Economic Development and Carbon Emissions from the Farming Industry: Empirical Evidence from Rural China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5): 2257. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052257>
- Najafov J.S., Ibrahimova L.P., Hasanov I.G., Maharromova K.H., Salimov V.S. 2025. Technological Characteristics of Some Aborigin Grape Varieties Specific to Nakhchivan Region of Azerbaijan. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 8(2): 197–205.
- Wang T., Wu J., Liu J. 2024. Regional Differences, Dynamic Evolution, and Convergence of Global Agricultural Energy Efficiency. *Agriculture*, 14(8): 1429. <https://doi.org/10.3390/agriculture14081429>
- Wu Z.J., Wu D.F., Zhu M.J., Ma P.F., Li Z.C., Liang Y.X. 2023. Regional Differences in the Quality of Rural Development in Guangdong Province and Influencing Factors. *Sustainability*, 15(3):1855. <https://doi.org/10.3390/su15031855>
- Yan J., Tang Z., Guan Y., Xie M., Huang Y. 2023. Analysis of Measurement, Regional Differences, Convergence and Dynamic Evolutionary Trends of the Green Production Level in Chinese Agriculture. *Agriculture*, 13(10): 2016. <https://doi.org/10.3390/agriculture13102016>

References

- Amanova Sh.S. 2024. Problemy upravleniya gorodskimi landshaftami (na primere goroda Shirvana) [Problems of Urban Landscape Management (on the example of Shirvan City)]. *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 3: 119–125. <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/3/119-125>
- Voronov A.S. 2016. Justification of Priorities and Mechanisms of Providing Innovation-Driven Structural Changes. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra*, 8: 55–65.
- Kislitskiy M.M., Logacheva O.V. 2019. Transformatsiya sotsial'no-ekonomicheskikh praktik sel'skogo naseleniya pod vozdeystviem tsifrovyykh strukturno-tekhnologicheskikh izmeneniy v sel'skokhozyaystvennykh organizatsiyakh [Transformation of Socio-Economic Practices of the Rural Population Under the Influence of Digital Structural and Technological Changes in Agricultural Organizations]. *ETAP: Ekonomicheskaya teoriya, analiz, praktika*, 3: 119–129.
- Kochurov B.I., Chernaya V.V., Blinova E.A., Biryukova E.V. 2025. Green Infrastructure of the City in the Development of Inclusive Ecotourism. *Regional Geosystems*, 49(2): 220–230 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-2-220-230>
- Maksimenko E.V., Yurchenko K.A. 2025. Enhancing the Efficiency of Using the Redistribution Fund Lands in the Abinsky District of the Krasnodar Territory. *Regional Geosystems*, 49(4): 830–839 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-4-1-3>
- Saponenko T.D., Tet'rkina A.M. 2010. Mirovoy opyt gosudarstvennoy podderzhki agrarnogo sektora ekonomiki [Global Experience of State Support for the Agricultural Sector of the Economy]. *Ekonomicheskie voprosy razvitiya sel'skogo khozyaystva Belarusi*, 38: 218–223.
- Silaeva L.P. 2019. Conceptual Framework for the Development and Location of Crop Production and Agricultural Sectors. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*, 3: 106–110.
- Chugunova N.V., Polyakova T.A. 2025. The Demographic Trend is Broken. Belgorod Region. Population Exodus. *Regional Geosystems*, 49(4): 864–876 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-4-1-6>
- Ismayilov M., Amanova S., Guliyeva I. 2019. Investigation of The Dynamics of Landscapes on The Basis of Vegetation Indication (Sample Area along Kura River). *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 7(2): 14–25.
- Hajiyeva A., Jafarova F. 2024. Analysis of the Regularity of Distribution of Natural Landscapes in the Greater Caucasus Depending on Physical-Geographical Characteristics Using GIS Technology. *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences*, 77(2): 221–229. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2024.02.07>



- Hajiyeva G.N., Ibrahimova L.P. 2024. Ecological Problems of Technogenically Disturbed Lands on the Absheron Peninsula. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 33(1): 70–76. <https://doi.org/10.15421/112408>
- Hajiyeva G.N., Hajiyeva A.Z., Jafarova F.M. 2023. Ecological problems associated with land cover in the Great Caucasus and important aspects for efficient use. *Universidad y Sociedad*, 15(1): 277–284. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3540>
- Huang J., Lu H., Du M. 2025. Regional Differences in Agricultural Carbon Emissions in China: Measurement, Decomposition, and Influencing Factors. *Land*, 14(4): 682. <https://doi.org/10.3390/land14040682>
- Gu Y., Qi C., Liu F., Dong Y., Zhang H. 2024. Study on Regional Differences, Dynamic Evolution and Convergence of Nutrition-Sensitive Agricultural Development in China. *Agriculture*, 14(11): 2034. <https://doi.org/10.3390/agriculture14112034>
- Guerriero V., Scorzini A.R., Di Lena B., Di Bacco M., Tallini M. 2024. Measuring Variation of Crop Production Vulnerability to Climate Fluctuations over Time, Illustrated by the Case Study of Wheat from the Abruzzo Region (Italy). *Sustainability*, 16(15): 6462. <https://doi.org/10.3390/su16156462>
- Liu W., Xu R., Deng Y., Lu W., Zhou B., Zhao M. 2021. Dynamic Relationships, Regional Differences, and Driving Mechanisms between Economic Development and Carbon Emissions from the Farming Industry: Empirical Evidence from Rural China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5): 2257. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052257>
- Najafov J.S., Ibrahimova L.P., Hasanov I.G., Maharromova K.H., Salimov V.S. 2025. Technological Characteristics of Some Aborigin Grape Varieties Specific to Nakhchivan Region of Azerbaijan. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 8(2): 197–205.
- Wang T., Wu J., Liu J. 2024. Regional Differences, Dynamic Evolution, and Convergence of Global Agricultural Energy Efficiency. *Agriculture*, 14(8): 1429. <https://doi.org/10.3390/agriculture14081429>
- Wu Z.J., Wu D.F., Zhu M.J., Ma P.F., Li Z.C., Liang Y.X. 2023. Regional Differences in the Quality of Rural Development in Guangdong Province and Influencing Factors. *Sustainability*, 15(3):1855. <https://doi.org/10.3390/su15031855>
- Yan J., Tang Z., Guan Y., Xie M., Huang Y. 2023. Analysis of Measurement, Regional Differences, Convergence and Dynamic Evolutionary Trends of the Green Production Level in Chinese Agriculture. *Agriculture*, 13(10): 2016. <https://doi.org/10.3390/agriculture13102016>

*Поступила в редакцию 07.12.2025;
поступила после рецензирования 22.01.2026;
принята к публикации 18.02.2026*

*Received December 07, 2025;
Revised January 22, 2026;
Accepted February 18, 2026*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Гасанов Исмат Гачай, преподаватель кафедры Мелиорации и экологической инженерии, Нахчыванский государственный университет, Нахичевань, Азербайджан

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ismat G. Hasanov, Lecturer, Department of Land Reclamation and Environmental Engineering, Nakhchivan State University, Nakhchivan, Azerbaijan



УДК 913(4)
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-7
EDN YFBJZH

Повышение рекреационных возможностей комплекса «Большая Белокуриха» на основе типологии пространственных сценариев развития туризма

¹Дунец А.Н., ¹Акимов О.С., ²Пашков С.В.

¹Алтайский государственный университет
Россия, 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61

²Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева
Казахстан, 150000, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86
dunets@mail.ru; akimovo@mail.ru; sergp2001@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы планировочной организации формирующегося территориального туристского комплекса «Большая Белокуриха», расположенного в предгорьях Алтая на стыке равнинных и горных ландшафтов. Предложена разработка планировочной организации территории комплекса на основе типологии пространственных сценариев туризма, сформированной в рамках концепции «Спектра рекреационных возможностей» (ROS). В качестве ключевых критериев дифференциации пространства выбраны управляемые факторы: степень урбанизированности, уровень комфортности средств размещения, интенсивность благоустройства и транспортной доступности, плотность контактов между посетителями. В результате исследования выделено двенадцать типов пространственных сценариев туризма, которые представлены на разработанной карте. Для каждого типа дана характеристика функциональных зон, определены рекомендуемые виды туристской деятельности и предложены рекомендации по проектированию инфраструктуры.

Ключевые слова: спектр рекреационных возможностей, территориальное планирование, типология пространственных сценариев, туристско-рекреационный комплекс «Большая Белокуриха», функциональное зонирование

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-27-00701, <https://rscf.ru/project/25-27-00701/>

Для цитирования: Дунец А.Н., Акимов О.С., Пашков С.В. 2026. Повышение рекреационных возможностей комплекса «Большая Белокуриха» на основе типологии пространственных сценариев развития туризма. Региональные геосистемы, 50(1): 207–222. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-7 EDN: YFBJZH

Improving the Recreational Opportunities of the Bolshaya Belokurikha Complex Based on the Typology of Spatial Scenarios for Tourism Development

¹Alexander N. Dunets, ¹Oleg S. Akimov, ²Sergey V. Pashkov

¹Altai State University

61 Lenin Ave., Barnaul 656049, Russia

²M. Kozybayev North Kazakhstan University

86 Pushkin St., Petropavlovsk 150000, Kazakhstan

dunets@mail.ru; akimovo@mail.ru; sergp2001@mail.ru

Abstract. The article is focused on the planning organization of the Bolshaya Belokurikha, an emerging territorial tourist complex located in the foothills of the Altai mountains at the junction of lowland and mountainous landscapes. The authors propose that the planning organization of the complex territory should be based on the typology of spatial scenarios of tourism, which has been formed within the framework of the "Recreational Opportunities Spectrum" (ROS) concept. Controllable factors have been selected as key criteria for space differentiation: the degree of urbanization, the accommodation facilities comfort level, the intensity of landscaping and transport accessibility, and the density of contacts between visitors. As a result of the study, twelve types of spatial tourism scenarios have been identified, which are shown on the map compiled by the authors. The papers provides a characteristic for each type of the functional zones, identifies recommended types of tourist activities, and provides recommendations for infrastructure design.

Keywords: functional zoning, range of recreational opportunities, territorial planning, Bolshaya Belokurikha tourist and recreation complex, typology of spatial scenarios

Acknowledgements: The study was funded by a grant from the Russian Science Foundation, project No. 25-27-00701, <https://rscf.ru/project/25-27-00701/>

For citation: Dunets A.N., Akimov O.S., Pashkov S.V. 2026. Improving the Recreational Opportunities of the Bolshaya Belokurikha Complex Based on the Typology of Spatial Scenarios for Tourism Development. Regional Geosystems, 50(1): 207–222 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-7 EDN: YFBJZH

Введение

Планирование устойчивого туристского потока является ведущей задачей для развития любого туристского комплекса. Важным принципом туристского проектирования является акцент на потребностях целевых групп туристов и соответствие функциональному назначению территории, используемой для рекреационной деятельности [Мартышенко, 2011]. Для проектирования туристских территорий на уровне локальных дестинаций и мест важно выработать согласованную концепцию развития с учетом интересов разных заинтересованных сторон [Hall, 2008; Кружалин и др., 2014]. Потребности целевых групп туристов должны соответствовать имеющимся ресурсам, инфраструктуре и создаваемым программам отдыха. Однако на территориях туристских комплексов могут возникать противоречия в связи с разнообразием интересов разных туристских сегментов, поэтому необходимо более детальное планирование территории для рекреационного использования.

Территориальный туристский комплекс – понятие, традиционно используемое в проблематике туризма и отражает возможные формы пространственной и архитектурной организации туризма [Латышева и др., 2023]. Планировочная структура территории, понимаемая как системное представление о пространственной организации ее обустройства, в контексте данного исследования выступает инструментом упорядочения и оптимизации сложных взаимосвязей между различными рекреационными секторами, селитебными зонами и природными пространствами [Груздев, 2014]. Для территориального планирования особое значение имеет зонирование по специальным признакам. Функциональное зонирование территории может основываться на дифференциации пространства по ведущему функциональному направлению и предусматривает внутреннюю дифференциацию туристских зон по видам туристской деятельности.

Для целей пространственного планирования, разработки генеральных планов городов и районов применяется туристское зонирование. Оно понимается как выделение однородных территорий по условиям ведения туристской деятельности и уровню развития туризма и рекреации. С целью зонирования регионального туристского кластера Кропинова Е.Г. и Митрофанова А.В. [2022] предлагают выделять

зоны: активные, роста, развития, пассивные. Функциональное зонирование представляет собой пространственное обособление (выделение) зон (укрупненных участков территории), однородных по природным характеристикам, функциональному назначению и режиму использования. В современных условиях важно обеспечивать многообразие зон рекреации, что может стать одним из факторов их более устойчивого развития [Забураева и др., 2024]. Особенно актуально в условиях горных территорий ландшафтное зонирование для туризма. Его итогом являются количественные и качественные показатели рекреационных ресурсов и инфраструктуры, характеризующих рекреационные зоны [Свиридова, Гуня, 2022].

При разработке сценариев туристской деятельности для территорий, прежде всего, анализируется пространственная неоднородность распределения туристских ресурсов и аттракторов, а также разнообразие ожидаемых посетителями рекреационных возможностей. В качестве основного инструмента разработки сценариев развития территорий используется зонирование. К функциональным зонам относятся зона размещения предприятий гостеприимства, торговая, транспортная, деловой активности, природно-познавательная, культурно-познавательная, развлечений, спортивная, лечебная [Жукова, 2013].

В рамках проведения функционального зонирования рекреационных территорий на примере переходной зоны Алтай, где находится курорт Белокуриха, Н.Г. Прудникова и О.Н. Барышникова предложили выделять особенности организации рекреационной деятельности в зонах: особой охраны, регулируемого рекреационного использования, обслуживания посетителей, коммунально-хозяйственной и традиционного землепользования [Прудникова, Барышникова, 2009]. Однако для территориального туристского комплекса такого зонирования недостаточно, потому что оно не в полной мере отражает разнообразие туристской деятельности. Проекты территориального развития нацелены на создания новых рекреационных зон (Белокуриха 2 и Белокуриха 3) [Латышева и др., 2023], а также рекреационного использования природного парка «Предгорье Алтай» с выделением зон: особой охраны, регулируемого рекреационного использования и традиционного природопользования [Baryshnikova et al., 2017]. С позиций урбанистики, курорт Белокуриха представляет собой развитую сеть архитектурных комплексов и объектов со своими достопримечательностями; главные из них – санатории. В зоне влияния санаториев формируется курортная архитектурная среда, которая постепенно приобретает целостное пространственное воплощение [Поморов, 2019].

Формирование территориального туристского комплекса «Большая Белокуриха» охватывает территорию четырех административных образований Алтайского края: курортный город Белокуриха и сопредельные территории трех муниципальных районов (Смоленский, Алтайский и Солонешенский). В текущем десятилетии данная территория переживает фазу интенсивного роста, что выражается в возведении новых объектов гостеприимства, модернизации дорожной сети и запуске перспективных инвестиционных инициатив. Подобная динамика обуславливает необходимость разработки комплексной планировочной концепции, обеспечивающей сбалансированное пространственное развитие.

Уникальность географического положения «Большой Белокурихи» заключается в ее нахождении на границе двух контрастных морфоструктур: равнинных ландшафтов Западной Сибири и горных массивов Алтай. Предгорные пространства Предалтайской равнины широко задействованы в сельском хозяйстве, а низкогорные лесные массивы рядом с Белокурихой имеют статус охраняемой природной территории [Белокурихинская лечебно-оздоровительная ..., 1997]. Город-курорт Белокуриха относится к категории малых городов России с населением порядка 15 тыс. чел. Населенный пункт расположен в юго-восточной части края, в долине р. Белокуриха, на

высоте 240–250 м над уровнем моря, в живописной предгорной местности. Экономика города практически полностью ориентирована на санаторно-курортную и туристско-рекреационную деятельность, а также на функционирование предприятий, предоставляющих сопутствующие услуги и товары. Курортная зона, являясь обособленным районом Белокурихи, линейно простирается вдоль русла одноименной реки [Курортные и лечебно-оздоровительные ..., 2009]. По состоянию на начало 2026 г. в городе функционирует 42 коллективных средства размещения, из которых 16 представляют собой санаторно-курортные учреждения. Индустрию общественного питания формируют более 20 ресторанов, а также множество кафе и баров. В санаториях курорта занято свыше 4,5 тыс. чел. Совокупная емкость единовременного размещения гостей превышает 5,6 тыс. мест. Ежегодный туристско-экскурсионный поток стабильно держится на уровне около 300 тыс. чел. [Отдел развития ..., 2026].

Современная пространственная структура комплекса «Большая Белокуриха» помимо самого города включает такие перспективные площадки, как «Белокуриха-2» и «Белокуриха-3». Кроме того, в орбиту территориального туристского комплекса вовлечены объекты предгорной зоны: «Сибирское подворье», села Сычевка, Черновая и другие. Важным шагом в направлении охраны окружающей среды стало учреждение в 2017 г. природного парка краевого значения «Предгорье Алтай», который был организован в непосредственной близости от курорта и участков, предназначенных под дальнейшее расширение санаторно-курортной застройки. Здесь перспективы связаны с развитием терренкуров и обустройством туристских маршрутов [Табакаева и др., 2023].

Современная динамика развития туристских территорий, характерная и для формирующегося кластера «Большая Белокуриха», выдвигает новые требования к системам территориального планирования. Интенсивный рост числа объектов инфраструктуры, увеличение туристского потока и расширение границ курорта обуславливают необходимость поиска инструментов, позволяющих гармонично вписывать новые элементы в сложившуюся структуру расселения и природный каркас. Мировая практика демонстрирует перспективность применения пространственного подхода, базирующегося на изучении туристских ресурсов и поведенческих паттернов различных групп посетителей. В частности, концепция «Спектра рекреационных возможностей» зарекомендовала себя как действенный механизм управления территориями [Clark, Stankey, 1979].

Целью данного исследования является разработка планировочной организации территории туристского комплекса «Большая Белокуриха» на основе типологии пространственных сценариев туризма, сформированной в рамках концепции спектра рекреационных возможностей.

Объекты и методы исследования

Пространственный подход используется для выполнения работ по планировочной организации территориальных туристских комплексов и направлен на то, чтобы рационально вписать его объекты инфраструктуры в общую структуру населенного пункта. Для этого проводится изучение туристских ресурсов, учитывается потребность в объектах профильной инфраструктуры. Важно также для проектирования выявлять отдельные аспекты поведения потребителей услуг и учитывать в планировочной организации [Hall, 2008; Колбовский, Морозова, 2010].

Учет потребностей и пространственного поведения различных целевых групп туристов предполагает подход к территориальному планированию на основе соотношения возможностей территории для определенных видов туризма. Исследования в области регулирования туристских потоков и управления туризмом позволили Р. Кларку и Дж. Стэнки рассмотреть понятие ценности разнообразия для посетителей,

что стало основой планировочной модели «Спектр рекреационных возможностей» (*ROS*) [Clark, Stankey, 1979]. Эта концепция была включена в основу управления системой ООПТ ряда зарубежных стран [VERP..., 1997]. В соответствии с данным подходом, качество туристских услуг достигается не за счет унификации, а путем предоставления посетителям многообразия условий, соответствующих запросам различных целевых групп - от приверженцев городского комфорта до любителей нетронутой природы [Завадская, Непомнящий, 2024]. *ROS*-подход базируется на идее, что планировочная организация должна учитывать весь спектр ожиданий рекреантов, что делает его релевантным инструментом для территорий со сложной ландшафтной и градостроительной структурой, к числу которых относится «Большая Белокуриха».

В ходе исследования на основе анализа природных и антропогенных условий региона нами были выделены базовые типы сред. К ним относятся: дикая природа, полудикая местность (как с исключением автотранспорта, так и доступная для него), природные территории, обеспеченные дорожной сетью, сельские ландшафты и урбанизированные пространства. Важно отметить, что представленный перечень не является жестко детерминированным: в соответствии с позицией ряда авторов, номенклатура типов рекреационных возможностей варьируется в зависимости от специфики землепользования, целей зонирования, уникальности природных ресурсов и уровня рекреационной значимости территории [Табакаева и др., 2023]. Это позволило нам адаптировать таксономию *ROS* к локальным условиям предгорий Алтая.

В последние годы находят все новые аспекты применения этого подхода в планировочной организации. Колбовский Е.Ю. и Морозова В.В. [2010] отмечают недостаток существующих подходов для комплексного решения задач по управлению территориями в сфере туризма и рассматривают перспективность «*ROS*» как инструмента (стандарта), позволяющего определить варианты рекреационного обустройства для разных типов местностей.

Основой идеи различий территорий по рекреационным возможностям являются различные характеристики освоенности территорий. Под рекреационной освоенностью территории понимают результат процесса рекреационного освоения территории, который характеризует уровень насыщения данного региона видами и объектами туристско-рекреационной деятельности [Менеджмент туризма..., 2001]. В географии сложились традиции выделения типов освоения территорий по таким критериям, как степень интенсивности, уровень организованности и стадийность развития. Классические работы В. С. Преображенского заложили основу понимания эволюции рекреационного пространства – от формирования точечных объектов отдыха до становления целостных территориальных рекреационных систем [Преображенский, Квартальнов, 1989]. Однако данные модели, описывающие преимущественно последовательные стадии, не в полной мере отражают потребность в синхронном сосуществовании различных типов сред, необходимом для удовлетворения разнородных запросов туристов. В этой связи теоретическим фундаментом настоящего исследования выступает концепция «Спектра рекреационных возможностей», которая, в отличие от стадийного подхода, предполагает целенаправленное формирование и поддержание набора территорий с различной степенью антропогенной преобразованности, существующих одновременно. Наибольшее концептуальное сближение с идеологией *ROS* демонстрирует «концепция поляризованной биосферы» Б. Б. Родомана [2002]. Ее модель сбалансированного развития предполагает пространственное размежевание полюсов урбанизации и заповедных ядер при сохранении природного каркаса, что создает предпосылки для органичного встраивания рекреационных зон и туристских маршрутов в структуру ландшафта. Таким образом, синтез классических представлений о рекреационном освоении и современных подходах к поляризации пространства позволяет обоснованно применить *ROS*-методологию для планировочной организации «Большой Белокурихи», где градостроительные, сельские и

природные ландшафты сосуществуют в тесном соседстве. Функциональное зонирование позволяет выделять территории, обладающие соответствующими возможностями для развития различных видов туризма. Для проведения зонирования необходимо провести анализ распределения ресурсов и выявить условия для различных видов туристской деятельности. Потому такое зонирование является инструментом планировочной организации туристской деятельности [Богданова, Тихонова, 2011].

Результаты и их обсуждение

Территория Большой Белокурихи динамично развивается и рассматривается как перспективный район для туристского проектирования. Здесь можно выявить управляемые факторы, что важно для пространственной организации туризма на основе спектра рекреационных возможностей [Табакаева и др., 2023]. Сценарий пространственного проектирования туристкой деятельности связан с посещением конкретных мест в пространстве, которые должны обладать оптимальной связанностью между собой и подходящими условиями для осуществления туристской активности конкретных целевых групп.

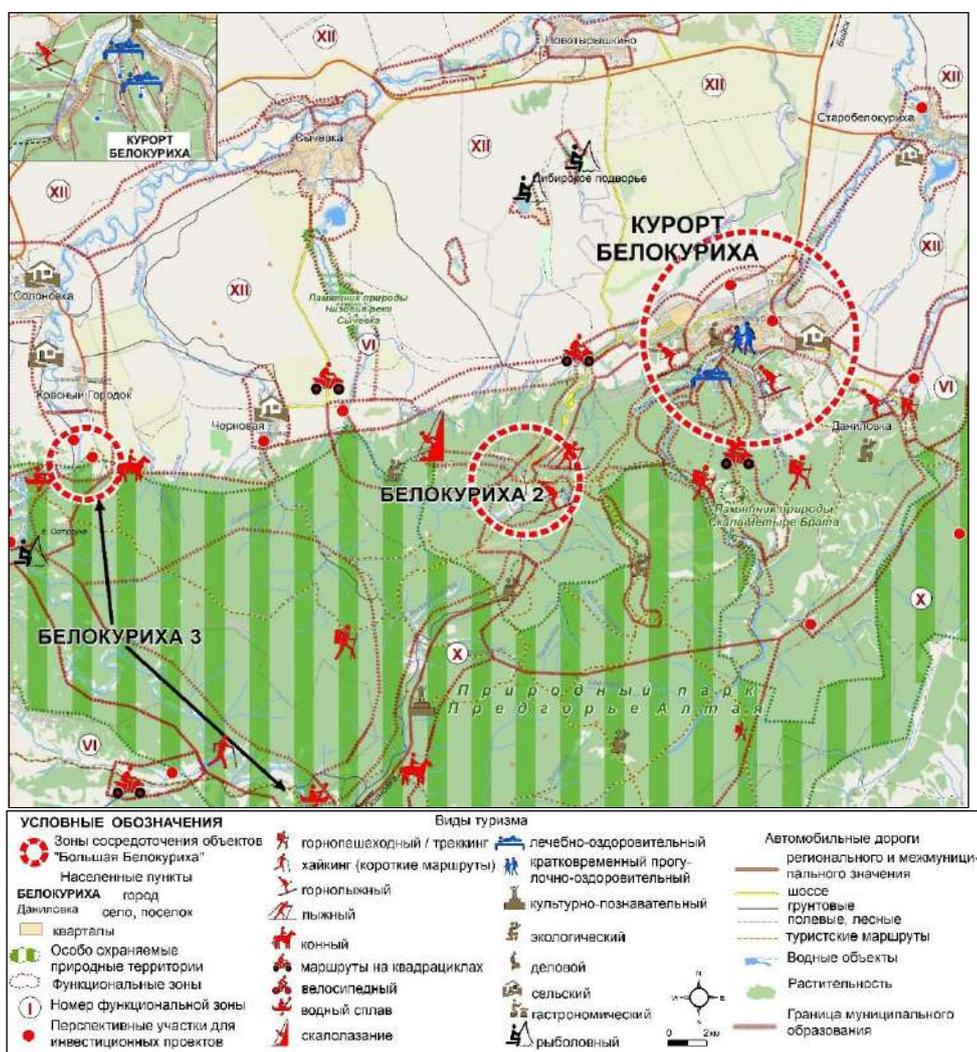
В результате проведенного анализа в пределах туристского комплекса «Большая Белокуриха» были выделены типы пространственных сценариев туризма, формирующие целостный спектр рекреационных возможностей территории. Процедура идентификации данных сценариев базировалась на комплексном функциональном зонировании, критериальная основа которого выстраивалась с учетом требований проектирования и возможностей управления развитием территории [Кружалин и др., 2014].

В качестве ключевых (управляемых) факторов, определяющих характер туристского использования, нами были избраны следующие параметры: степень урбанизированности пространства, уровень комфортности средств размещения, интенсивность благоустройства и насыщенность дорожной сетью, плотность контактов с другими посетителями, а также доминирующие виды элементарных рекреационных занятий. Комбинация данных критериев позволила дифференцировать исследуемую территорию не по стадиям освоения, а по синхронно существующим типам среды, ориентированным на различные целевые группы туристов. Ниже представлена характеристика выделенных типов пространственных сценариев и соответствующих им зон. «Рекреационная возможность» включает факторы, обеспечиваемые природной (рельеф, растительность, ландшафт, эстетическая ценность и др.) социально-культурной средой; параметры рекреационного использования; характеристики, обеспечиваемые управленческими действиями (инфраструктура, транспортная доступность и др.). Это позволило нам выделить типы пространственных сценариев туризма на основе ключевых факторов, представленных в таблице.

Анализ существующего использования территорий «Большой Белокурихи» позволил сделать характеристику функциональных зон, где рекомендуется развивать те или иные типы пространственных сценариев. Это позволило сгруппировать рекреационные возможности Большой Белокурихи разных территорий в зоны пространственных сценариев туризма (см. рисунок), а также разработать рекомендации по проектированию туристской инфраструктуры в рамках этих зон.

Факторы, определяющие типы пространственных сценариев туризма в «Большой Белокурихе»
Factors determining the types of spatial tourism scenarios in Bolshaya Belokurikha

Типы пространственных сценариев туризма	Факторы, влияющие на рекреационные возможности			
	Уровень урбанизации пространства	Степень комфортности средств размещения	Степень благоустройства и обеспеченность дорогами	Уровень контактов с другими рекреантами
I. Туризм в урбанизированном пространстве	Высокий	Высокая Средняя Низкая	Высокая	Высокий
II. Туризм в пространствах с комфортным размещением в туристских комплексах	Средний	Высокая	Высокая, дороги с качественным покрытием	Высокий
III. Санаторно-курортный туризм	Средний	Высокая	Высокая, дороги с качественным покрытием	Высокий
IV. Туризм в сельской местности	Низкий	Средняя Размещение в гостевых домах или коттеджах, реже в гостиницах	Средняя	Средний и высокий
V. Кратковременный отдых в общественных рекреационных пространствах	Средний	–	Средняя	Средний
VI. Туризм в природных территориях с быстрым доступом к населенным пунктам	Низкий	Средняя	Средняя	Средний
VII. Пешеходные прогулки в пространствах с развитой инфраструктурой	Средний	–	Средняя	Высокий
VIII. Кратковременный отдых вблизи водоемов	Низкий, средний	Средняя, можно разместиться в палатках, ограниченные гостевые дома	Средняя, подъездные пути частично грунтовые	Низкий, место посещают любители природы, но поток туристов небольшой
IX. Уединенный комфортный отдых в природной среде	Низкий	Дорогами обеспечивают быстрый и кратковременный доступ к природе в комфортных условиях	Средняя	Низкий
X. Кратковременные маршруты в природной среде	Низкий	Низкая	Низкая	Низкий
XI. Длительные маршруты в природной среде	Низкий, не урбанизированные	Низкая	Низкая	Низкий
XII. Кратковременные экскурсионные поездки в сельскохозяйственные пространства	Низкий	Низкая	Средняя: грунтовые и гравийные дороги	Низкий: ограниченное количество туристов



Функциональное зонирование территориального туристского комплекса «Большая Белокуриха» на основе типов пространственных сценариев туризма
Functional zoning of the Bolshaya Belokurikha territorial tourist complex based on the types of spatial tourism scenarios

I. Зона туризма в урбанизированном пространстве, соответствует городскому типу местности. Данная зона характеризуется максимальной концентрацией туристской инфраструктуры и высоким уровнем социальных контактов между посетителями. Ключевой особенностью территории является преобладание комфортабельных стационарных средств размещения гостиничного типа, обеспечивающих широкий спектр сопутствующих услуг. Функциональный профиль зоны формируется за счет многообразия туристских активностей: от познавательного (пешие экскурсии, музеи) и событийного туризма (посещение концертов, фестивалей, шоу-программ) до лечебно-оздоровительной и деловой деятельности (медицинские и косметологические процедуры, образовательные программы, презентации). Значительное место в структуре занятий занимает рекреационно-развлекательная составляющая, включая посещение предприятий общественного питания (рестораны, кафе, бары), торговых объектов и ночных клубов.

В существующей планировочной структуре ядром данной зоны выступает урбанизированная территория города-курорта Белокуриха [Поморов, 2008]. Кроме того, в соответствии с утвержденным генеральным планом, зона интенсивного туристского освоения получит свое дальнейшее развитие в локации «Белокуриха-2 Горная», где

проектируется размещение значительного числа новых туристских объектов. Планировочная организация этой части предполагает сохранение высоких стандартов комфортности и благоустройства, характерных для городской среды, что обеспечит преемственность рекреационных возможностей в масштабах всего территориального туристского комплекса.

II. Зона туризма комфортного размещения в туристских комплексах. Размещение и отдых туристов реализуется в коллективных средствах размещения (КСР) с высоким уровнем благоустройства, уровень встреч с посетителями – от высокого до среднего. КСР могут располагаться в межселенных или природных зонах в относительной близости к городской (урбанизированной) местности. Виды туристских активностей: оздоровительные процедуры, плавание в крытом бассейне, посещение ресторанов, кафе, анимация, спортивные игры, творческие занятия

III. Зона санаторная-курортная. Использование территории санатория для лечения и отдыха, высокий уровень встреч с посетителями. Особая значимость в здравоохранении и проектировании урболандшафтов принадлежит городским зеленым зонам, лесопарковым зеленым поясам [Кочуров и др., 2025]. Примеры: курортная зона Белокурихи. Виды туристских активностей: климатолечение, бальнеолечение, грязелечение, физиолечение, плавание в крытом бассейне, прогулки, терренкур, посещение постановок, концертов, посещение ресторанов, национальная кухня, спортивные игры, посещение магазинов [Кузьмин, Москаленко, 2024].

IV. Зона туризма в сельской местности занимает промежуточное положение между урбанизированными и природными территориями, предлагая туристам качественно иной уровень рекреационных возможностей. Отличительной чертой сценария является средний уровень инфраструктурного благоустройства при сохранении достаточно высокой степени социального взаимодействия между посетителями. Средства размещения здесь представлены преимущественно объектами малой вместимости – гостевые дома и коттеджи, интегрированные в сложившуюся сельскую среду или ландшафт. Структура туристских активностей в данной зоне ориентирована на аутентичный опыт и погружение в локальную культуру. Базовым видом деятельности выступает проживание в гостевых домах, дополняемое разнообразными рекреационными занятиями: пешие экскурсии по окрестностям, посещение сельских музеев, конные прогулки. Важную роль играет гастрономическая составляющая – знакомство с местной и национальной кухней, что становится все более значимым фактором развития дестинаций. В событийный ряд интегрировано участие в традиционных местных праздниках. Специфику зоны формируют также творческие и ремесленные активности: обучение народным ремеслам, различные формы любительского труда, творческие занятия. В структуре кратковременного отдыха востребованы пикники на лоне природы.

V. Зона кратковременного отдыха в общественных рекреационных пространствах. Это зона с высоким уровнем контактов с посетителями, а также зоны размещения объектов туристского, социального, управленческого и иного назначения. Разнообразные объекты обслуживания, без средств размещения. Виды туристских активностей: прогулки, занятия физкультурой, массовые игры, танцы, спортивные мероприятия, горнолыжный спуск, сноуборд, катание на лыжах, посещение фестивалей. Примеры: прогулочные и экскурсионные пространства в Белокурихе 2 Горная, горнолыжные комплексы.

VI. Зона туризма в природных территориях с хорошим доступом от населенных пунктов выполняет важную буферную функцию, обеспечивая кратковременную рекреацию на природе при сохранении транспортной доступности и среднем уровне инфраструктурного комфорта. Ключевой характеристикой сценария выступает наличие асфальтированных дорог, позволяющих посетителям оперативно добираться до мест отдыха и совершать короткие прогулки в точках остановок, что способствует высокому уровню контактов между туристами. Их размещение здесь предусмотрено

преимущественно в стационарных турбазах, расположенных в окрестностях населенных пунктов, а также в нестационарных средствах размещения – кемпингах и глэмпингах, развитие которых представляется наиболее перспективным в данной зоне. Территория зоны охватывает низкогорные лесные массивы, относящиеся к категории комплексного лесопользования. Структура туристских активностей в данной зоне ориентирована на сочетание природно-познавательных и рекреационно-бытовых занятий. Основу составляют природные экскурсии, сезонный сбор дикоросов, пикники и принятие солнечных ванн. Дополнительными видами активности выступают конные прогулки, знакомство с местной и национальной кухней, а также творческие занятия на лоне природы.

VII. Зоны пешеходные с развитой инфраструктурой. Это территории со специально оборудованными прогулочными рекреационными маршрутами (прогулочные тропы, беговые дорожки, фитнес-зоны), расположенные вблизи высоко-освоенных территорий с высоким уровнем контактов с посетителями.

Организацию пространства пешеходных улиц следует пересмотреть в целях обеспечения реального комфорта и безопасности горожан. Для этого важно расширение тротуаров, создание зон отдыха и общественного пространства, обновление инфраструктуры и организация зеленых насаждений. При организации пешеходного движения в городской среде следует учитывать виды восприятий человеком улицы: панорамное, объемно-пространственное, локальное [Кругляк и др., 2024].

Виды туристских активностей: ходьба в щадящем режиме, лыжные прогулки. Примеры: терренкуры Белокурихи «К Старой мельнице». Малые архитектурные формы, высокая степень благоустройства и скопления людей.

VIII. Зоны общественного отдыха вблизи водоемов. Здесь формируется особый тип рекреационной среды, ориентированный на кратковременные посещения и сезонные водные активности. Данные зоны тяготеют к акваториям рек предгорной зоны, выступая в качестве локальных центров притяжения, как для организованных туристов, так и для неорганизованных рекреантов из числа местного населения. Пространственная организация этих территорий предполагает сочетание элементов пляжной инфраструктуры с сохранением природного характера ландшафтов. Структура туристских активностей в зонах у воды отличается выраженной сезонностью и разнообразием водно-рекреационных занятий. В теплый период года здесь реализуются такие виды деятельности, как катание на лодках и сап-бордах, плавание в открытых водоемах, принятие солнечных ванн на оборудованных или диких пляжах [Дунец и др., 2023]. Значительную долю в структуре посещений занимает любительское рыболовство. Важной составляющей рекреационного использования выступает пикниковый отдых на прилегающих к водоемам территориях.

IX. Зона для уединенного комфортного отдыха в природной среде, представляющая собой переходный тип между интенсивно осваиваемыми территориями и участками дикой природы. Отличительной особенностью данного пространственного сценария является сочетание относительно высокого уровня комфорта с погружением в естественную среду и возможностью уединения при сохранении транспортной доступности. Средства размещения здесь представлены широким спектром объектов: от глэмпингов, обеспечивающих комфортабельный отдых в природном окружении, до отдаленных турбаз с различным уровнем сервиса. Структура туристских активностей ориентирована на сочетание пассивных и активных форм отдыха с акцентом на природные составляющие. Базовым видом деятельности выступает комфортное размещение в изолированных от городской среды условиях. Активная составляющая включает природные экскурсии различной продолжительности, пешие прогулки по живописным маршрутам, конные прогулки и велосипедные поездки по пересеченной местности.

Х. Зона кратковременных маршрутов. Это зона хайкинга (протяженность маршрута до 10 км). Походная зона – укромные участки турмаршрутов для прогулок без ночевки. Примеры: тропа к водопадам на реке Шинок (пешая часть), маршруты на Сухую гриву, терренкур Бреславского в Белокурихе 2 Горная. Пешие или конные походы, сплавы. Уединенный отдых в тренирующих условиях. Ночевка в домике и радиальные выходы налегке, поездки без ночевки. Виды туристских активностей: скалолазание, сбор ягод, грибов, конная прогулка, природные экскурсии, фотографирование.

XI. Зона длительных маршрутов. Данный пространственный сценарий ориентирован на наиболее подготовленных посетителей, стремящихся к полному погружению в природную среду и автономному режиму рекреации. Территории этого типа характеризуются максимальной степенью уединенности, минимальным уровнем антропогенной преобразованности и отсутствием стационарной инфраструктуры, за исключением специально оборудованных троп и ограниченного числа мест для ночлега.

С незаселенными территориями особенно связана самая разнообразная туристская деятельность: спортивный, приключенческий, экологический, археологический и другие виды туризма. Маршрутные виды туризма ориентированы в значительной степени на незаселенные территории [Зырянов, Королев, 2025].

Пространственная организация зоны базируется на системе пеших маршрутов протяженностью от 10 до 20 км, рассчитанных на многодневное прохождение. Размещение туристов предусмотрено преимущественно в палатках на установленных стоянках либо в туристских приютах и некапитальных кемпингах, обеспечивающих минимально необходимые условия для ночлега и отдыха. Структура туристских активностей в данной зоне отличается наибольшим разнообразием спортивно-туристских элементов и высокой степенью физической нагрузки. Базовые виды деятельности включают передвижение по траверсу, преодоление естественных препятствий, восхождения на вершины. Специализированные направления рекреации представлены спелеотуризмом и экспедиционными маршрутами различной категории сложности.

XII. Зона коротких экскурсионных поездок в сельскохозяйственные пространства охватывающая агроландшафты и отдельные производственные объекты аграрного сектора. Данная зона формирует перспективное направление развития сельского туризма, базирующееся на использовании ресурсов экологизированного сельского хозяйства и вовлечении местных сообществ в туристское обслуживание. Территории этого типа характеризуются открытыми пространствами сельскохозяйственных угодий, чередующимися с производственными объектами агропромышленного комплекса. Инфраструктурное обеспечение зоны предполагает создание небольших экскурсионных объектов на базе действующих фермерских хозяйств и пасек, что позволяет минимизировать капитальные затраты при одновременном расширении туристского предложения. Ключевыми элементами туристского показа выступают места розничной продажи фермерской продукции, а также контактные зоопарки, обеспечивающие интерактивное взаимодействие посетителей с животными. Показательным примером реализации данного сценария в исследуемом регионе служит туристский комплекс «Сибирское подворье» в с. Новотырышкино, демонстрирующий успешную интеграцию аграрного производства и экскурсионного обслуживания. Структура туристских активностей в данной зоне ориентирована на ознакомление с сельским укладом и аграрным производством. Основу составляют агроэкскурсии различной тематической направленности, включающие посещение животноводческих ферм и пасек. Гастрономическая составляющая реализуется через дегустации местной продукции. Досуговый компонент представлен катанием на лошадях или сельскохозяйственной технике. Для посетителей, стремящихся к более глубокому погружению в сельскую жизнь, предусмотрена возможность участия в сезонных сельскохозяйственных работах [Соломина, Шастина, 2016; Пашков, Мажитова, 2021].

Комплексное зонирование в Большой Белокурихе позволит обеспечить более гармоничное соотношение освоенности территории, ее соответствие определенным сценариям туристской деятельности, а также набору функциональных зон с учетом градостроительных особенностей территории. В зависимости от типа развития территории может быть представлен определенный набор пространственных зон, их разнообразие и количественное соотношение.

Функциональное зонирование разработано в практике архитектурно-планировочных исследований и может применяться на разных иерархических уровнях. Исследуемая территория делится на участки со сложившимися и рекомендуемыми для них видами использования. Это позволяет наиболее рационально использовать туристские ресурсы и заинтересованных сторон (туристов, местных жителей, организаторов туризма и инвесторов инфраструктуры).

Таким образом, функциональное зонирование позволило выделить территории с разными пространственными сценариями туризма, а также определить зоны для планировочной организации объектов туристской инфраструктуры разных типов. Проведение подробного зонирования в генплане с учетом курортно-туристского профиля г. Белокуриха подразумевает более детальное подразделение рекреационных зон и проведение зонирования территорий, прилегающих к городской черте.

Подход к планированию на основе спектра рекреационных возможностей позволил определить типы пространственных сценариев туризма. Этот подход к планированию отличается системностью и обладает гибкостью. Однако он зависит от субъективного мнения проектировщиков. Возможности концепции *ROS* позволяют обеспечить разнообразия впечатлений туристов, удовлетворить требования различных целевых категорий и способствовать сохранению ценных природных территорий. Этот подход целесообразно использовать для комплексного планирования с учетом разнообразия территорий, что характерно для «Большой Белокурихи».

Заключение

Территория «Большой Белокурихи» представляет собой сложное пространственное образование, характеризующееся сочетанием урбанизированных курортных зон, сельских поселений, охраняемых природных территорий и низкогорных лесных массивов. Интенсивное развитие туристской инфраструктуры и рост рекреационной нагрузки обуславливают необходимость применения инструментов планирования, обеспечивающих сбалансированное сосуществование различных типов среды.

Концепция «Спектра рекреационных возможностей» (*ROS*) выступает эффективным методологическим инструментом для планировочной организации территорий со сложной ландшафтной структурой. В отличие от традиционных стадийных моделей рекреационного освоения, *ROS*-подход позволяет целенаправленно формировать и поддерживать набор синхронно существующих типов территорий с различной степенью антропогенной преобразованности, ориентированных на разные целевые группы посетителей.

В основу выделения пространственных сценариев туризма положены управляемые факторы, включающие степень урбанизированности пространства, уровень комфортности средств размещения, интенсивность благоустройства и транспортной доступности, плотность контактов с другими посетителями. Комбинация данных критериев позволила дифференцировать территорию комплекса на двенадцать типов сценариев, каждый из которых характеризуется специфическим набором рекреационных возможностей и видов туристской активности. В структуре «Большой Белокурихи» выделены следующие типы пространственных сценариев: туризм в урбанизированном пространстве; санаторно-курортный туризм; комфортное размещение в туристских комплексах; туризм в сельской

местности; кратковременный отдых в общественных рекреационных пространствах; туризм в природных территориях с быстрым доступом; пешеходные прогулки с развитой инфраструктурой; отдых вблизи водоемов; уединенный комфортный отдых в природной среде; кратковременные и длительные маршруты; экскурсионные поездки в сельскохозяйственные пространства. Для каждого типа определены рекомендуемые функциональные зоны и виды туристской деятельности.

Проведенное функциональное зонирование позволяет обеспечить гармоничное соотношение рекреационной освоенности территории и сохранения природного каркаса, а также создать условия для удовлетворения запросов различных категорий туристов – от приверженцев городского комфорта до любителей автономного отдыха в дикой природе. Предложенный подход к планировочной организации обладает системностью и гибкостью, что делает его применимым для разработки градостроительной документации на территориях со сложной ландшафтной и градостроительной структурой.

Список источников

- Белокурихинская лечебно-оздоровительная местность. 1997. Барнаул, Изд-во НИИГП, 154 с.
- Груздев В.М. 2014. Территориальное планирование. Теоретические аспекты и методология пространственной организации территории. Н. Новгород, ННГАСУ, 146 с.
- Курортные и лечебно-оздоровительные местности Сибири. 2009. Под ред. Е.Ф. Левицкого. Томск, Томский научно-исследовательский институт курортологии и физиотерапии, 206 с.
- Менеджмент туризма. Туризм и отраслевые системы. 2001. Под ред. В.А. Квартальнова. М., Финансы и статистика, 270 с.
- Отдел развития санаторно-курортного комплекса. Электронный ресурс. Режим доступа: URL: <https://tourism.alregn.ru/upravlenie/struktura-upravleniya/otdel-razvitiya-sanatorno-kurortnogo-kompleksa/> (дата обращения: 15 февраля 2026)
- VERP: The Visitor Experience and Resource Protection (VERP) Framework. A Handbook for Planners and Managers. 1997. U.S. Department of the Interior; National Park Service; Denver Service Center, 103 p.

Список литературы

- Богданова Л.П., Тихонова А.Н. 2011. Зонирование низовых территорий для целей развития туризма. Вестник Тверского государственного университета. Серия География и геоэкология, 1: 90–98.
- Дунец А.Н., Крупочкин Е.П., Табакаева Е.М., Котельникова А.В. 2023. Анализ поведения туристов в условиях развития комплекса «Бирюзовая Катунь»: использование беспилотных аппаратов. Региональные геосистемы, 47(1): 88–100. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-202347-1-88-100>
- Жукова М.А. 2013. Подходы к формированию туристской инфраструктуры региона на основе потребительских предпочтений. Вестник университета, 5: 34–40.
- Забураева, Х.Ш., Забураев Ч.Ш., Седиева М.Б., Шаипова А.А. 2024. Функциональное зонирование урбанизированных территорий Северо-Восточного Кавказа для рекреационных целей. Russian Journal of Earth Sciences, 24(3): 1–14. <https://doi.org/10.2205/2024es000931>
- Завадская А.В., Непомнящий В.В. 2024. Рекреационная емкость особо охраняемых природных территорий – от нормирования к управлению. Новосибирск, Сибирское отделение РАН, 144 с.
- Зырянов А.И., Королев А.Ю. 2025. Незаселенные и труднодоступные территории в системе пространственной организации общества. Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле, 70(2): 366–381. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2025.208>
- Колбовский Е.Ю., Морозова В.В. 2010. Рекреационная география и территориальные аспекты формирования туристского продукта в России. Ярославский педагогический вестник, 3: 100–105.

- Кочуров Б.И., Чёрная В.В., Блинова Э.А., Бирюкова Е.В. 2025. Зелёная инфраструктура города в развитии инклюзивного экотуризма. Региональные геосистемы, 49(2): 220–230. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-2-220-230>
- Кропинова Е.Г., Митрофанова А.В. 2022. Актуализация подходов к районированию и зонированию туристских территорий для целей пространственного планирования и проектирования туристской деятельности. Географический вестник, 4(63): 135–148. <https://doi.org/10.17072/20797877-2022-4-135-148>.
- Кругляк В.В., Гурьева Е.И., Горожанкина А.А. 2024. Архитектурно-ландшафтная среда пешеходной улицы как форма существования ландшафта в условиях города. Лесной вестник, 28(2): 81–92. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2024-2-81-92>
- Кружалин В.И., Шабалина Н.В., Кружалин К.В. 2014. Теоретико-методологические подходы к туристско-рекреационному проектированию. В кн.: Вопросы географии. Теория и практика туризма. М., Кодекс, Сб. 139: 100–122.
- Кузьмин В.О., Москаленко О.П. 2024. Развитие лечебно-оздоровительного туризма в Брянской области. Региональные геосистемы, 48(4): 494–502. <https://doi.org/10.52575/2712-74432024-48-4-494-502>
- Латышева О.А., Котельникова А.В., Куликова А.А. 2023. Подходы к проектированию туристских территорий: опыт Алтайского края. Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия: Химия. География. Экология, 2(143): 60–70. <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-143-2-60-70>
- Мартышенко Н.С. 2011. Оценка пространственного распределения туристов в Приморском крае в высокий сезон. Практический маркетинг, 8(174): 17–25.
- Пашков С. В., Мажитова Г.З. 2021. Агротуризм как альтернативная форма развития сельских территорий. Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле, 36: 75–87. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.36.75>.
- Преображенский В.С., Квартальнов В.А. 1989. Основные концепции и модели рекреологии. В кн.: Теоретические проблемы рекреационной географии. М., ИГАН: 6–24.
- Прудникова Н.Г., Барышникова О.Н. 2009. Функциональное зонирование рекреационных территорий на примере переходной зоны Алтая. Вестник Томского государственного университета, 323: 379–382.
- Поморов С.Б. 2008. Отдых и туризм в горах и предгорьях Алтая. Архитектурно-градостроительная организация объектов рекреации. Барнаул, Изд-во АлтГТУ, 167 с.
- Поморов С.Б. 2019. Курорт Белокуриха – архитектура места и тренды территориального планирования. Проект Байкал, 16(60): 142–147. <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.60.1488>
- Родоман Б.Б. 2002. Поляризованная биосфера. Смоленск, Ойкумена, 336 с.
- Свиридова Е.П., Гуня А.Н. 2022. Туристско-рекреационное районирование территории Республики Адыгея на геоинформационной основе. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 28(2): 499–509. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-499-509>
- Соломина Ж.Б., Шастина Г.Н. 2016. Рекреационное пространство сельских поселений. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География, 2: 85–97. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2016.208>
- Табакаева Е.М., Дунец А.Н., Акимов О.С. 2023. Низкогорные территории Большой Белокурихи: туристское проектирование на основе спектра рекреационных возможностей. Устойчивое развитие горных территорий, 1(15): 182–196.
- Baryshnikova O.N., Rotanova I.N., Silantyeva M.M., Kharlamova N.F. 2017. Factors of the Formation of Landscape Diversity of the Natural Park "Foothills of the Altai" and Ways to Preserve It. Acta Biologica Sibirica, 3(3): 23–31. <https://doi.org/10.14258/abs.v3i3.3612>
- Clark R., Stankey G. 1979. The Recreation Opportunity Spectrum: A Framework for Planning, Management, and Research. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 32 p.
- Hall C.M. 2008. Tourism Planning: Policies, Process and Relationships. Great Britain by Henry Ling Ltd., Prentice Hall, 302 p.

References

- Bogdanova L.P., Tikhonova A.N. 2011. Zoning of Local Areas for Tourism Development. *Vestnik of Tver State Technical University. Series: Geography and Geoecology*, 1: 90–98 (in Russian).
- Dunets A.N., Krupochkin E.P., Tabakaeva E.M., Kotelnikova A.V. 2023. Unmanned Aerial Vehicles for Analyzing the Behavior of Tourists on the "Biruzovaya Katun". *Regional Geosystems*, 47(1): 88–100 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-1-88-100>.
- Zhukova M.A. 2013. Podkhody k formirovaniyu turistskoy infrastruktury regiona na osnove potrebitelskikh predpochteniy [Approaches to the Formation of the Tourist Infrastructure of the Region Based on Consumer Preferences]. *Vestnik Universiteta*, 5: 34–40 (in Russian).
- Zaburaeva H.S., Zaburaev C.S., Sedieva M.B., Shaipova A.A. 2024. Functional Zoning of Urbanized Territories of the North-Eastern Caucasus for Recreational Purposes. *Russian Journal of Earth Sciences*, 24(3): 1–14 (in Russian). <https://doi.org/10.2205/2024es000931>.
- Zavadskaya A.V., Nepomnyashchy V.V. 2024. Rekreatsionnaya emkost osobo okhranyayemykh prirodnykh territoriy – ot normirovaniya k upravleniyu [Recreational Capacity of Specially Protected Natural Areas – from Rationing to Management]. Novosibirsk, Publ. Sibirskoe otdelenie RAS, 144 p.
- Zyrianov A.I., Korolev A.Yu. 2025. Unpopulated and Hard-to-Rich Territories in the System of Spatial Organization of Society. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 70(2): 366–381 (in Russian). <https://doi.org/10.21638/spbu07.2025.208>.
- Kolbovsky E.Ju., Morozova V.V. 2010. Recreational Geography and Territorial Aspects of Formating a Tourist Product in Russia. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*, 3: 100–105 (in Russian).
- Kochurov B.I., Chernaya V.V., Blinova E.A., Biryukova E.V. 2025. Green Infrastructure of the City in the Development of Inclusive Ecotourism. *Regional Geosystems*, 49(2): 220–230 (in Russian) <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-2-220-230>.
- Kropinova E.G., Mitrofanova A.V. 2022. Updated Approaches to Zoning and Division into Tourist Districts for the Purposes of Spatial Planning and Design of Tourist Activities. *Geographical Bulletin*, 4(63): 135–148 (in Russian). <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2022-4-135-148>.
- Kruglyak V.V., Gur'eva E.I., Gorozhankina A.A. 2024. Architectural and Landscape Environment of Pedestrian Street as a Form of Landscape Existence in Urban Environment. *Forestry Bulletin*, 28(2): 81–92 (in Russian). <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2024-2-81-92>.
- Kruzhalin V.I., Shabalina N.V., Kruzhalin K.V. 2014. Theoretical and Methodological Approaches to Tourist and Recreational Design. In: *Problems of Geography. Tourism Theory and Practice*. Moscow, Publ. Kodeks, Vol. 139: 100–122 (in Russian).
- Kuzmin V.O., Moskalenko O.P. 2024. Development of Health and Wellness Tourism in the Bryansk Region. *Regional Geosystems*, 48(4): 494–502 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-4-494-502>.
- Latysheva O.A., Kotelnikova A.V., Kulikova A.A. Approaches to the design of tourist areas: experience of Altai territory. *Bulletin of L.N. Gumilyov ENU. Chemistry. Geography. Ecology Series*, 2(143): 60–70 (in Russian). <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-143-2-60-70>.
- Martishenko N.S. 2011. Estimation of Spatial Tourist Allocation in Primorye in High Season. *Practical marketing*, 8(174): 17–25 (in Russian).
- Pashkov S.V., Mazhitova G.Z. 2021. Agritourism as an Alternative Form of Development of Rural Area. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 36: 75–87 (in Russian). <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.36.75>.
- Preobrazhensky B.C., Kvartalnov V.A. 1989. Osnovnyye kontseptsii i modeli rekreatologii [Basic Concepts and Models of Recreation]. In: *Teoreticheskiye problemy rekreatsiionnoy geografii [Theoretical Problems of Recreational Geography]*. Moscow, Publ. IGAN: 6–24.
- Prudnikova N.G., Baryshnikova O.N. 2009. Funktsionalnoye zonirovaniye rekreatsiionnykh territoriy na primere perekhodnoy zony Altaya [Functional zoning of recreational areas on the example of the transition zone of Altai]. *Bulletin of Tomsk State University*, 323: 379–382.
- Pomorov S.B. 2008. Otdykh i turizm v gorakh i predgoriyakh Altaya. *Arkhitekturno-gradostroitel'naya organizatsiya ob'yektov rekreatsii [Recreation and Tourism in the Mountains and Foothills of Altai. Architectural and Urban Planning Organization of Recreational Facilities]*. Barnaul, Publ. AltGTU, 167 p.

- Pomorov S.B. 2019. The Resort Belokurikha – the Architectonics of Place and Trends of Territorial Planning. *Baikal Project*, 16(60): 142–147 (in Russian). <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.60.1488>
- Rodoman B.B. 2002. The polarized biosphere. Smolensk, Publ. Oecumene, 336 p. (in Russian).
- Sviridova E.P., Gunya A.N. 2022. Tourist and Recreational Zoning of the Territory of the Adyghea Republic on a Geoinformation Basis. *InterCarto. InterGIS*, 28(2): 499–509 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-499-509>.
- Solomina Zh.B., Shastina G.N. 2016. Rural Settlements Recreational Space. *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 7. Geology. Geography*, 2: 85–97 (in Russian). <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2016.208>.
- Tabakaeva E.M., Dunets A.N., Akimov O.S. 2023. Low-Mountain Territories of Bolshaya Belokurikha: Tourist Design Based on the Recreation Opportunity Spectrum. *Sustainable development of mountain territories*, 1(15): 182–196 (in Russian). <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2023-15-1-182-196>.
- Baryshnikova O.N., Rotanova I.N., Silantyeva M.M., Kharlamova N.F. 2017. Factors of the Formation of Landscape Diversity of the Natural Park "Foothills of the Altai" and Ways to Preserve It. *Acta Biologica Sibirica*, 3(3): 23–31. <https://doi.org/10.14258/abs.v3i3.3612>
- Clark R., Stankey G. 1979. *The Recreation Opportunity Spectrum: A Framework for Planning, Management, and Research*. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 32 p.
- Hall C.M. 2008. *Tourism Planning: Policies, Process and Relationships*. Great Britain by Henry Ling Ltd., Prentice Hall, 302 p.

*Поступила в редакцию 17.01.2026;
поступила после рецензирования 20.02.2026;
принята к публикации 10.03.2026*

*Received January 17, 2026;
Revised February 20, 2026;
Accepted March 10, 2026*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Дунец Александр Николаевич, доктор географических наук, профессор кафедры экономической географии и картографии, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

Alexander N. Dunets, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Economic Geography and Cartography of the Altai State University, Barnaul, Russia

Акимов Олег Сергеевич, соискатель, научный сотрудник кафедры экономической географии и картографии, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

Oleg S. Akimov, External PhD student, Researcher at the Department of Economic Geography and Cartography of the Altai State University, Barnaul, Russia

Пашков Сергей Владимирович, кандидат географических наук, профессор кафедры географии и экологии, Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан

Sergey V. Pashkov, Candidate of Geographical Sciences, Professor of the Department of Geography and Ecology, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan